

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE RECURSOS HÍDRICOS E ESTUDOS AMBIENTAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA ENGENHARIA AMBIENTAL

ANGÉLICA ARDENGUE DE ARAÚJO

Aplicação de técnicas para proposição de indicadores de sustentabilidade para área de  
manancial: estudo de caso na bacia hidrográfica  
do rio Pirapó em Apucarana – PR.

São Carlos

2020



ANGÉLICA ARDENGUE DE ARAÚJO

Aplicação de técnicas para proposição de indicadores de sustentabilidade para área de  
manancial: estudo de caso na bacia hidrográfica  
do rio Pirapó em Apucarana – PR.

Dissertação apresentada à Escola de  
Engenharia de São Carlos, da Universidade de  
São Paulo, como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Mestre em Ciências –  
Programa em Ciências da Engenharia  
Ambiental

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cristhiane Michiko  
Passos Okawa.

VERSÃO CORRIGIDA

São Carlos

2020

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

AA658a  
a  
Ardengue de Araújo, Angélica  
Aplicação de técnicas para proposição de indicadores de sustentabilidade para área de manancial: estudo de caso na bacia hidrográfica do rio Pirapó / Angélica Ardengue de Araújo; orientadora Cristhiane Michiko Passos Okawa. São Carlos, 2020.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Ciências da Engenharia Ambiental -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2020.

1. MCDA. 2. Gestão de recurso hídrico. 3. MACBETH. I. Título.

## FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Engenheira **ANGELICA ARDENGUE DE ARAUJO**.

Titulo da dissertação: "Proposição de indicadores de sustentabilidade para área de manancial de captação para abastecimento público de água potável: estudo de caso na bacia hidrográfica do rio Pirapó em Apucarana - PR".

Data da defesa: 28/02/2020

| <b>Comissão Julgadora</b>   | <b>Resultado</b> |
|---|------------------|
| Profª. Dra. <b>Cristhiane Michiko Passos Okawa (Orientadora)</b><br>(Universidade Estadual de Maringá/UEM-PR) | <u>APROVADA</u>  |
| Prof. Associado <b>Juliano José Corbi</b><br>(Escola de Engenharia de São Carlos - EEESC/USP)                 | <u>Aprovada</u>  |
| Prof. Dr. <b>Fernando Perotto</b><br>(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)                              | <u>Aprovada</u>  |
| Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental:                                 |                  |
| Prof. Associado <b>Frederico Fábio Mauad</b>  |                  |
| Presidente da Comissão de Pós-Graduação:  |                  |
| Prof. Titular <b>Murilo Araujo Romero</b>   |                  |



*À minha família.*





## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, à Maria, para quem tem fé sabe que entregar seus caminhos, seus sonhos, alegrias, tristezas, frustrações a Eles faz com que a vida se torne mais leve e compreensível.

À minha família, minha base, mesmo diante de muitas provações e dificuldades estão de pé, lutam, não desistem de mim, acreditam e apoiam mesmo quando eu não sei o que fazer, meus exemplos. Em especial minha irmã Martina, minha mãe Neusa, minha madrinha Roseli, minha avó Aparecida e meu pai de coração, meu conselheiro espiritual Pe. Paulo.

Ao meu namorado Gerson pelo carinho e amor, por compreender minhas faltas, por viver o meu sonho junto comigo.

À minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cristhiane Michiko Passos Okawa por ter me incentivado, pela orientação, pelas palavras ditas e que de alguma forma me fez amadurecer. Ao Prof. Dr. Frederico Fábio Mauad, pela oportunidade e apoio.

No mestrado tive a oportunidade de conhecer muitas pessoas, algumas passaram e deixaram suas marcas, outras convivi e marcaram a caminhada, mas tem umas que encheram minha vida de luz e me fizeram acreditar em o que eu não acreditava, me ajudaram a evoluir e principalmente me deram o suporte para chegar ao fim.

À Camila que entrou no mesmo período que eu, que viveu e compartilhou de muitos momentos no ano que morei em São Carlos e mesmo quando voltei para casa, uma guerreira, que saiu de muito longe, abdica-se de muita coisa para conquistar seus sonhos.

Ao Carlos que em pouco tempo tornou-se tão próximo, pude e posso contar com ele, dividir minhas angústias, preocupações, frustrações e alegrias, aqui já estendo meu carinho e gratidão a sua namorada Verônica de astral e personalidade fora do comum.

À Denise que, além de sempre me receber muito bem em sua casa, é luz, é tranquilidade, há tempos não conhecia alguém de coração tão lindo e amável.

Mesmo com pouca convivência agradeço imensamente ao Núcleo de Hidrometria, meus colegas de pesquisa, que estão ali bravamente buscando concretizar seus objetivos Allita, Gabi, Mari e Anjinho.

À Ana Carla que entrou na minha vida na graduação, por um momento lá atrás eu ajudei ela no início da vida acadêmica, hoje ela é exemplo para mim de garra, persistência e coragem.

Ao Cassiano, hoje mestre, futuro doutor, que me auxiliou, contribuiu com minha pesquisa e por muitas vezes dedicou seu tempo a me ouvir.

Aos meus amigos de anos que entre minhas idas e vindas, a distância estão presentes, são essenciais na minha jornada. Aline e Hudson, obrigada pelos finais de semana, por serem companheiros, por ajudarem aliviar o fardo da caminhada. À Érika que acompanhou todo a trajetória antes mesmo da aprovação no processo seletivo, minhas angústias e alegrias e teve paciência em conciliar meus treinos em meio as viagens à São Carlos.

Ao Prof. Antônio Carlos Zuffo e a Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP pelo auxílio no desenvolvimento do estudo.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental pela oportunidade, aos professores pelos ensinamentos e conhecimentos transmitidos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela concessão da bolsa que possibilitou a pesquisa.

“A base de toda sustentabilidade é o desenvolvimento humano  
que deve contemplar um melhor relacionamento do  
homem com os semelhantes e a natureza”

Nagib Anderáos Neto



## RESUMO

ARAÚJO, A. A. **Aplicação de técnicas para proposição de indicadores de sustentabilidade para área de manancial: estudo de caso na bacia hidrográfica do rio Pirapó em Apucarana – PR.** 2020.85f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

O planejamento do uso da terra segundo os princípios de sustentabilidade deve considerar os ecossistemas temporal e espacialmente, de modo a assegurar a perpetuação dos seus serviços ambientais, sociais e econômicos. As bacias hidrográficas tornaram-se estrategicamente importantes para a sobrevivência das cidades devido ao aumento acelerado tanto na demanda quanto da deterioração rápida da água destinada a abastecer as populações urbanas. Proteger áreas de mananciais de água resulta na manutenção da capacidade dos ecossistemas de regular a qualidade e a disponibilidade hídrica ao longo do tempo. Dentro deste contexto, o objetivo desse trabalho é garantir a segurança hídrica do manancial de captação de água do município de Apucarana – PR, a partir da definição de indicadores de sustentabilidade para a bacia hidrográfica do Rio Pirapó. Para isso, utilizou-se de uma abordagem participativa dos atores interessados associada à metodologia Multicritério de Apoio à Tomada de Decisão - MCDA, ferramenta decorrente da mudança de paradigma no processo decisório de planejamento dos recursos hídricos, que auxilia decisores e demais atores a entender as questões da gestão de recursos hídricos. Nesse método, os decisores devem construir o modelo que conduz à alternativa de maior comprometimento, refletindo e definindo quais os critérios que serão usados como indicadores de sustentabilidade para garantir a qualidade e a disponibilidade de água no Rio Pirapó. Foi aplicado o método de elaboração de mapa cognitivo durante uma Conferência de Decisão especificamente convocada para este fim, com o intuito de obter a estruturação do problema e estabelecimentos dos critérios e foi utilizada a abordagem MACBETH para hierarquização dos critérios e ponderação dos pesos. Foram definidos quais são os indicadores de sustentabilidade para o manancial, buscando favorecer a implantação de ações no gerenciamento dos recursos hídricos. Pode-se destacar os indicadores Políticas públicas, Fortalecer a comunicação municípios/empresas em caso de acidente e Adequação das empresas na bacia, por serem aspectos primordiais para garantir a sustentabilidade da bacia, resultados de um processo decisório participativo transparente e eficaz que apresentou diversos interesses e posicionamentos.

Palavras-chave: MCDA 1. Gestão de recursos hídricos 2. MACBETH 3.



## ABSTRACT

ARAÚJO, A. A. **Application of techniques for proposing sustainability indicators for the spring area: a case study in the hydrographic basin of the Pirapó River in Apucarana - PR.** 2020.85f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

The planning of land use according to the principles of sustainability must consider ecosystems temporally and spatially, in order to ensure the perpetuation of its environmental, social and economic services. River basins have become strategically important for the survival of cities due to the accelerated increase in both demand and the rapid deterioration of water destined to supply urban populations. Protecting areas of water sources results in maintaining the capacity of ecosystems to regulate water quality and availability over time. In this context, the objective of this study is to guarantee the water security of the water source in the municipality of Apucarana - PR, based on the definition of sustainability indicators for the Pirapó River basin. For this, a participatory approach of the interested actors associated to the Multicriteria Decision Support Support methodology - MCDA was used, a tool resulting from the paradigm shift in the water resources planning decision process, which helps decision makers and other actors to understand the water resource management issues. In this method, decision-makers must build the model that leads to the alternative of greatest commitment, reflecting and defining which criteria will be used as sustainability indicators to guarantee the quality and availability of water in the Pirapó River. The cognitive map elaboration method was applied during a Decision Conference specifically convened for this purpose, in order to obtain the structuring of the problem and establishment of the criteria and the MACBETH approach was used to hierarchize the criteria and weight the weights. The sustainability indicators for the spring were defined, seeking to favor the implementation of actions in the management of water resources. It is possible to highlight the indicators Public policies, Strengthen municipalities/ business communication in the event of an accident and Adequacy of companies in the basin, as they are essential aspects to ensure the sustainability of the basin, results of a transparent and effective participatory decision-making process that presented several interests and placements.

Keywords: MCDA 1. Water resource management 2. MACBETH 3.





## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Elementos do processo decisório. ....   | 36 |
| Figura 2 - Localização do município de Apucarana no Estado do Paraná.....  | 44 |
| Figura 3 - Localização do manancial de captação de água na área da bacia alta do Rio Pirapó.<br>.....  | 45 |
| Figura 4 - Modelo do mapa cognitivo aplicado no estudo.....  | 47 |
| Figura 5 - Mapa Cognitivo Completo, contemplando todos os Elementos Primários de Avaliação dos aspectos Social, Econômico e Ambiental, resultante do primeiro dia de conferência. ....           | 51 |
| Figura 6 - Mapa Cognitivo Consolidado, contemplando os Elementos Primários de Avaliação pré-definidos dos aspectos Social, Econômico e Ambiental, resultante do segundo dia de conferência. .... | 55 |
| Figura 7 – Parâmetros e função do critério Políticas públicas. ....  | 59 |
| Figura 8 - Parâmetros e função do critério Fortalecer a comunicação municípios/empresas em caso de acidentes.....  | 60 |
| Figura 9 - Parâmetros e função do critério Adequação da empresa na bacia.....  | 61 |
| Figura 10 - Parâmetros e função do critério Realocação do empreendimento.....  | 62 |
| Figura 11 - Parâmetros e função do critério Educação ambiental. ....   | 63 |
| Figura 12 - Parâmetros e função do critério Incômodo à população pelo impacto ambiental. ....  | 64 |
| Figura 13 - Parâmetros e função do critério Desvalorização do imóvel. ....   | 65 |
| Figura 14 - Parâmetros e função do critério Agricultura familiar. ....   | 66 |
| Figura 15 - Parâmetros e função do critério Turismo para geração de empregos na bacia. ....  | 67 |
| Figura 16 - Hierarquização dos critérios definidos.....  | 68 |
| Figura 17 - Matriz de julgamento de valor dos critérios definidos de acordo com suas atratividade e relevância, usando a escala semântica, no terceiro dia de conferência. ....                  | 69 |
| Figura 18 - Gráfico com a ponderação de pesos de cada critério.....  | 70 |



## LISTA DE QUADROS

|  |    |
|--|----|
| Quadro 1 – Requisitos importantes para a produção de indicadores.....  | 33 |
| Quadro 2 - Descrição do mapa cognitivo referente a vertente Social decorrente de discussão em grupos realizada no primeiro dia.....    | 52 |
| Quadro 3 - Descrição do mapa cognitivo referente a vertente Econômica decorrente de discussão em grupos realizada no primeiro dia..... | 52 |
| Quadro 4 - Descrição do mapa cognitivo referente a vertente Ambiental decorrente de discussão em grupos realizada no primeiro dia..... | 53 |
| Quadro 5 - Descrição do mapa cognitivo referente à vertente Social decorrente de discussão em grupos realizada no segundo dia.....     | 56 |
| Quadro 6 - Descrição do mapa cognitivo referente à vertente Econômica decorrente de discussão em grupos realizada no segundo dia.....  | 56 |
| Quadro 7 - Descrição do mapa cognitivo referente à vertente Ambiental decorrente de discussão em grupos realizada no primeiro dia..... | 56 |
| Quadro 8 - Indicadores de sustentabilidade da Bacia do Pirapó com seus respectivos pesos.  | 71 |



## SUMÁRIO

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO.....</b>   | <b>23</b> |
| <b>2</b> | <b>OBJETIVOS .....</b>   | <b>25</b> |
| <b>3</b> | <b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>   | <b>27</b> |
|          | 3.1 Água, desenvolvimento e gestão .....   | 27        |
|          | 3.2 Aspectos da gestão dos recursos hídricos no Brasil .....   | 29        |
|          | 3.2.1 Bacias hidrográficas e gestão participativa .....  | 30        |
|          | 3.3. Indicadores de sustentabilidade em recursos hídricos .....  | 32        |
|          | 3.4. Conceito de tomada de decisão .....   | 34        |
|          | 3.5. Métodos de análise multicritério .....  | 37        |
|          | 3.6. Mapeamento cognitivo .....  | 39        |
|          | 3.7. Abordagem MACBETH .....   | 40        |
| <b>4</b> | <b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>  | <b>44</b> |
|          | 4.1. Caracterização da área de estudo.....   | 44        |
|          | 4.2. Procedimentos metodológicos.....  | 46        |
| <b>5</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>   | <b>50</b> |
|          | 5.1 Elaboração do mapa cognitivo e definição dos candidatos a critérios no primeiro dia de conferência ..... | 50        |
|          | 5.2 Consolidação do mapa cognitivo e definição dos critérios no segundo dia de Conferência .....             | 54        |
|          | 5.3. Aplicação do Método MACBETH e determinação dos pesos de cada critério .....                             | 58        |
| <b>6</b> | <b>CONCLUSÕES.....</b>   | <b>74</b> |
|          | <b>REFERÊNCIAS.....</b>  | <b>76</b> |
|          | <b>ANEXO A – Fotos da Conferência de Gestão Participativa .....</b>  | <b>84</b> |



## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a União e os Estados são responsáveis pela gestão dos recursos hídricos, enquanto a Constituição Federal de 1988 determina aos municípios a competência para atender as determinações e legislar sobre o uso e ocupação do solo a partir do Plano Diretor. Assim, cabe a cada município elaborar o seu plano compatível com as disposições do Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), Lei nº 9.433/97 para que o planejamento de uso e ocupação do solo não seja tratado de forma isolada à gestão dos recursos hídricos (BRASIL, 1988; BRASIL, 1997; FABBRO NETO et al.; 2017).

A pressão sobre os recursos hídricos, a redução da cobertura florestal, a deterioração da qualidade da água e as incertezas associadas às mudanças climáticas criam um ambiente de conflito no sistema fluvial, bacias hidrológicas sofrem com a insustentabilidade ecológica e gerenciamento inadequado de recursos, levando a problemas ambientais, sociais e econômicos (ROUHOLAHNEJAD et al., 2014).

Áreas de fonte de água geralmente ocupam uma pequena fração de superfície da terra, no entanto, fornecem uma quantidade relativamente alta de água para a região circundante. Proteger áreas de manancial de água decorre da manutenção da capacidade dos ecossistemas de regular a qualidade e disponibilidade de água ao longo do tempo, que por sua vez fornece serviços ecossistêmicos (água para uso doméstico e industrial, serviços reguladores, como diluição de resíduos e serviços culturais, como estética, recreativa, senso de lugar e identidade) aos usuários (NEL et al., 2017).

No município de Apucarana, na região noroeste do estado do Paraná, o manancial de captação de água para abastecimento da cidade está localizado na bacia hidrográfica do Rio Pirapó, suas características fisiológicas, associada à sua localização geográfica, contribuíram para o processo de ocupação no entorno da bacia. O constante crescimento e desenvolvimento urbano e industrial do município na bacia aumenta a preocupação com o manancial de captação porque esse crescimento pode causar prejuízos aos serviços ecossistêmicos, provenientes da bacia hidrográfica principalmente na produção de água em qualidade e disponibilidade (SCHNEIDER et al.; 2011; HARFUCH et al., 2019).

Garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos em áreas de mananciais a partir de um plano fundamentado em ferramentas de avaliação ambiental muitas vezes resulta em uma estratégia inadequada, provocando vulnerabilidade social e ambiental, uma vez que os aspectos econômicos dominam os processos de crescimento urbano e as ações políticas tendem a serem

insatisfatórias para o bem-estar da população (SELLER, 2014). Por isso uma gestão dos recursos hídricos descentralizada e representada pelos setores público, privado e a comunidade pode ser mais eficiente e benéfica para a sociedade (BOULOMYTIS; ZUFFO; IMTEAZ, 2017).

Em situações onde as avaliações lidam com critérios estabelecidos que são subjetivos, a aplicação de um modelo conhecido como *Multi Criteria Decision Analysis* (MCDA), ou, em português, Análise Multicritério de Apoio à Decisão torna-se necessário, visto que a metodologia é apropriada para manipular informações qualitativas (não quantificáveis ou linguísticas) ou incompletas (OPRICOVIV, 2011) e também pode ser aplicada em diversas situações, ambiental ou de gestão, por ser adequada quando se tem que selecionar uma alternativa que busca solução entre critérios e indicadores conflitantes entre as partes interessadas, independentemente do setor (DIAZ-BALTEIRO et al, 2016). Ainda, de acordo com Nouri, Maghsoudlou e Aboushabab (2013), MCDA apresenta-se como melhor opção para resolução de problemas complexos, como é o caso da gestão dos recursos hídricos.

Por meio da abordagem construtivista multicritério com participação de atores representantes no processo do uso de um manancial para captação de água é possível identificar e adotar, com maior comprometimento, indicadores efetivos e viáveis de serem implementados na gestão do manancial (IVEY et al, 2006).

A partir do pressuposto, o objetivo do trabalho é garantir a segurança hídrica do manancial de captação de água do município de Apucarana – PR, a partir da identificação de indicadores de sustentabilidade para a bacia hidrográfica do Rio Pirapó, utilizando uma abordagem participativa dos atores interessados por meio da metodologia MCDA de maneira a oferecer suporte ao planejamento com vistas ao desenvolvimento sustentável.

O método de análise multicritério apresenta diferentes modelos que podem ser aplicados em diversas linhas de pesquisa; para atingir o objetivo desse estudo será aplicada a metodologia MACBETH associada à elaboração de mapa cognitivo, recurso eficaz na estruturação de problemas complexos de decisão em razão de permitir a visualização das ideias, facilitando a organização e a colaboração dos participantes, promovendo diálogo e discussão.



## 2 OBJETIVOS

A pesquisa tem como objetivo geral garantir a segurança hídrica do manancial de captação de água no Rio Pirapó, localizado no município de Apucarana - PR.

Para que o objetivo geral seja alcançado, pressupõe-se que sejam, simultaneamente, atingidos os seguintes objetivos específicos.

- Elaborar mapa cognitivo com os atores que participarem da Conferência de Decisão;
- Aplicar o método MACBETH para hierarquização dos critérios e ponderação dos pesos;
- Analisar e discutir os pesos estabelecidos, identificando os indicadores de sustentabilidade de maior atratividade;
- Estabelecer indicadores de sustentabilidade para a bacia hidrográfica do Rio Pirapó;
- Fazer propostas de ações ambientais que possam ser agregadas aos indicadores e que venham a garantir a segurança do manancial de captação.



### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

A gestão dos recursos hídricos é uma questão que envolve impactos socioeconômicos e ambientais, fatores naturais e perturbadores do ser humano como: condição hidrológica e hidráulica e atividades humanas. Além disso as bacias hidrológicas são geralmente caracterizadas por incertezas associadas a fluxo externos hidrológicos e padrões de demanda humana (WENG; HUANG; LI, 2010).

A água por ser um elemento essencial para a vida e estar sofrendo pressão ambiental e humana, instrumentos de gestão estão sendo cada vez mais utilizados e aplicados nos planos de gerenciamento de recursos hídricos, com o intuito de auxiliar no planejamento e buscar soluções que venham garantir a disponibilidade e qualidade hídrica (ZUFFO; ZUFFO, 2016).

#### 3.1 Água, desenvolvimento e gestão

A água tem orientado o desenvolvimento, o progresso e a prosperidade das civilizações e culturas ao longo dos séculos. No contexto histórico constata-se que as sociedades se desenvolveram em regiões de grande abundância hídrica, em vales às margens de rios que, além de fornecer água para o consumo, fertilizavam os solos. Civilizações que cresceram nas proximidades de rios com pouca água se desenvolveram a partir de grandes esforços com a construção de poços e galerias para captação de água (FLORES, 2011).

Além de ser um constituinte fundamental exercendo notável influência sobre todas as formas de vida em todos os ecossistemas, a água realiza também uma importante função como regulador climático, sendo vital para toda civilização e para o processo de desenvolvimento. A água é um recurso de interesse direto para a sociedade como um todo, o equilíbrio entre o desenvolvimento e a proteção do recurso hídrico garante sua sustentabilidade, assegurando assim o seu uso a longo prazo (WENG; HUANG; LI, 2010).

O Brasil é um país privilegiado em recursos hídricos, dispondo de uma das mais amplas, diversificadas e extensas redes fluviais de todo o mundo, apesar de toda essa disponibilidade a água é um recurso natural renovável, mas não inesgotável, pelo contrário, os recursos de água doce estão se tornando escassos, tanto em qualidade como em quantidade. Não só no Brasil,

mas em muitos países desenvolvidos e em desenvolvimento, à medida que sua oferta diminui, torna-se mais escassa e cara (ZUFFO; ZUFFO, 2016).

Este fato pode ser atribuído ao crescimento da população, industrialização, crescimento da demanda agrícola, variações climáticas, bem como às suas diversas dimensões de uso, mas principalmente por más práticas de gestão do recurso hídrico. A humanidade consome mais água do que todos os outros bens e matérias-primas e a demanda aumenta em proporção mais acelerada que o crescimento populacional (VEIGA; MAGRINI, 2013).

Com esse aumento exponencial do consumo de água para seus múltiplos usos o balanço hídrico do ciclo hidrológico vem sofrendo desequilíbrios, pois o estilo de desenvolvimento humano não tem feitos esforços para conter o desperdício e a poluição da água acarretando em insuficiência de água para retorno no ciclo e conseqüentemente a sua falta para consumo (FABBRO NETO et. al., 2017). Em áreas de mananciais fontes de água, utilizadas para consumo humano ou desenvolvimento de atividades econômicas inseridas em bacias hidrográficas devem ser alvo de atenção específica, contemplando elementos legais e gerenciais para a proteção dos aspectos quantitativos e qualitativos da água (NEL et. al., 2017).

Os instrumentos de gestão (outorga de lançamento e captação; plano de recursos hídricos; cobrança, compensação a municípios e sistema de informações) da PNRH podem estar integrados com as especificidades existentes de cada localidade, levando em consideração as características hidrológicas do local, especificadas e apontadas no Plano Diretor do município que tem como intuito ordenar o desenvolvimento urbano, as funções sociais da cidade e garantir o bem estar dos habitantes, assim como a disponibilidade hídrica (BRASIL, 1988; BRASIL, 1997).

Problemas relacionados aos recursos hídricos estão se tornando cada vez mais interligados com outras questões relacionadas ao desenvolvimento e com considerações sociais, econômicas, ambientais, legais e políticas, em nível local e regional, e as vezes nacionais e internacionais. Assim, o problema torna-se complexo para ser tratado por uma única instituição, independentemente da autoridade e dos recursos que lhe são conferidos, capacidade técnica e de gestão disponíveis, nível de apoio político, público e de boas intenções (CARVALHO; CURI, 2016).

### 3.2 Aspectos da gestão dos recursos hídricos no Brasil

Segundo Biswas (2008), a água está em constante movimento, passando de um estado para outro e de um local para outro. Quer a água esteja em movimento ou esteja estacionária tal como em lagos, ela invariavelmente contém materiais externos, alguns devido a causas naturais, mas outros em decorrência de atividades humanas. Tudo isso, além de variações naturais na disponibilidade de água, torna seu planejamento e gerenciamento racional uma tarefa complexa e difícil sob as melhores circunstâncias. A água pode estar em toda parte, mas seu uso sempre foi ditado pela sua disponibilidade em termos de quantidade e qualidade.

A governança sobre a água no Brasil foi conhecida pela história por ser centralizada e controlada pelos governos federal e estadual, que subordinavam os objetivos da gestão da água aos interesses de setores politicamente poderosos, como agricultura e energia hidrelétrica. Ao longo da década de 80 já havia a intenção de reformar o sistema de gestão dos recursos hídricos brasileiro que vinha funcionando com base no Código de Águas de 1934 (ANA, 2002; ENGLE et al. 2011).

A Constituição brasileira instituída em 1988 abrange dois itens importantes relacionados a gestão dos recursos hídricos: enquadrando-os em jurisdição federal e estadual e a água tida como um bem público. Assim, o uso sustentável desses recursos é visto como solução para que estes estejam disponíveis no futuro e continuem garantindo o dinamismo econômico. Devido a esta importância, os recursos hídricos tornaram-se assunto principal nas discussões e nas políticas de preservação ambiental, seja por parte do poder público, da sociedade civil e até mesmo de atores do segundo setor, já que a maior parte das atividades econômicas necessitam de água (MOURA, 2013; VEIGA; MAGRINI, 2013).

Mais de 60 anos do Código das Águas, nove anos depois da Constituição Brasileira e a partir da experiência de outros países o Brasil preencheu uma lacuna legal sobre a gestão das águas no país. O modelo brasileiro de gestão das águas é inspirado no modelo francês e pressupõe a gestão descentralizada, participativa e integrada e, como instrumento econômico, utiliza a cobrança, um avanço em relação ao modelo que privilegiava o setor elétrico e que vigorou por muito tempo no país (ANA, 2002)

Tal modelo está expresso na Lei nº 9.433/97, denominada Lei das Águas, a qual instituiu a PNRH. A PNRH traz muitas mudanças nos níveis institucionais e políticos, estabelece instrumentos para o gerenciamento dos recursos hídricos de domínio federal, integra o sistema nacional em União e estados e inova com a instalação de comitês de bacias hidrográficas,

reconhecendo que a água é um bem finito, com valor econômico e afirmando que se deve promover seus usos múltiplos bem como estabelecendo direitos e deveres dos usuários, dentre outros.

A PNRH apresenta o instrumento de Planejamento de Recursos Hídricos, fundamental para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos, onde as ações devem ser expostas em um documento chamado Plano de Recursos Hídricos, incorporando informações econômicas, sociais, climáticas, políticas e ambientais; deve constar também ações estratégicas, estruturais ou não estruturais, previstas para o desenvolvimento da bacia em questão e apresentar o enquadramento dos corpos d'água e os critérios e valores para a cobrança pelo uso (BRASIL, 1997).

Mais um instrumento importante criado pela PNRH é o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). O SNIRH é um instrumento que reúne, dá consistência e divulga os dados e as informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Brasil, fornecendo assim subsídios para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos (VEIGA; MAGRINI, 2013; ZUFFO; ZUFFO, 2016).

Para Rouholahnejad et al., (2014) a gestão integrada da água exige um novo nível de consideração, onde corpos d'água devem ser vistos no contexto de todo sistema fluvial e gerenciados como uma unidade em suas bacias. Isso é de interesse fundamental para a gestão eficiente e direcionada da água por meio de coordenação regional, equilíbrio transparente de interesse e definição clara de prioridades.

### 3.2.1 Bacias hidrográficas e gestão participativa

Nas últimas décadas, a Gestão de Recursos Hídricos experimentou uma transformação significativa, a abordagem gerencial e de planejamento que antes eram tratados de maneira individual foi reformulada em Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos (GIRH), baseado em atividades multidisciplinares que abriu caminho para a participação de partes interessadas no planejamento e tomada de decisões (BASCO-CARRERA et al., 2017).

As bacias hidrográficas tornaram-se estrategicamente importantes para a sobrevivência das cidades devido ao aumento acelerado tanto na demanda quando da deterioração rápida da água destinada a abastecer as populações urbanas (CANADA; MARIOTTONI, 2016). Esta relevância fez com que a bacia hidrográfica fosse estabelecida como a unidade territorial básica

de gestão definida pela lei nº 9.433/97, uma vez que os limites definidos pelo divisor topográfico definem um sistema fechado do ponto de vista hidrológico focado nos recursos hídricos superficiais, criando assim o seu Comitê de Bacias Hidrográficas (CBH) (BRASIL, 1997; ZUFFO; ZUFFO, 2016).

Os CBH são responsáveis pelo gerenciamento de bacia (s) hidrográfica (s) delimitada (s) pelo poder público estadual ou federal, eles tornam a gestão descentralizada e participativa, deliberam e discutem planejamento e ações ambientais utilizando os recursos financeiros arrecadados através da outorga de uso da água. A plenária possui membros igualmente distribuídos entre os setores do poder público, usuários e da sociedade civil, componente fundamental no processo de gerenciamento dos recursos hídricos (MOURA, 2013).

No atual contexto de gestão dos recursos hídricos, os CBH possuem muitos obstáculos para colocar em prática todas as suas atribuições, como a falta de informação, falta de envolvimento da sociedade e dos diferentes atores nas discussões dos comitês, além da falta de recursos financeiros para deliberar sobre o futuro da água em uma bacia hidrográfica e seus múltiplos usos (ANA, 2002).

Esse modelo de gestão integrada dos recursos hídricos ajuda a superar barreiras setoriais e reduz os conflitos hídricos a partir do engajamento de partes interessadas nos processos de governança da água, promovendo a segurança e o uso sustentável dos recursos hídricos, somente a análise custo/benefício para avaliação dos projetos mais propícios ao uso das bacias não é suficiente, é necessário que se faça uma abordagem multicriterial e multidisciplinar, pois o ambiente é complexo e frágil, com diferentes e conflitantes visões de seus usuários (DARÉ et al, 2018).

A sustentabilidade dos recursos hídricos e o uso da bacia hidrográfica estão diretamente relacionados ao uso do solo, atividades econômicas, população e políticas aplicadas à bacia. O desenvolvimento sustentável está sendo referido atualmente nas dimensões ambiental, econômica, sócio e político. A necessidade de um novo estilo de desenvolvimento que garanta a sustentabilidade dos recursos hídricos implica em mudanças, particularmente nas relações sociedade-natureza (YU, 2018).

Os conceitos de sustentabilidade devem estar incorporados ao planejamento visando um novo estilo de desenvolvimento que garanta a disponibilidade e qualidade dos recursos para as gerações futuras para sua própria sobrevivência e bem-estar. A sustentabilidade é alcançada a longo prazo, mantendo ou melhorando o ambiente a partir de mudanças, principalmente na relação sociedade-natureza, não apenas impedindo a escassez e degradação, mas também

buscando soluções e alternativas que obtenham eficiência total dos recursos, reutilizando, substituindo e uso controlado (GUIMARÃES; MAGRINI, 2008).

Dessa forma, o uso de indicadores para avaliação de município, e em especial na gestão de recursos hídricos, tem possibilitado identificar problemas relacionados a políticas públicas que envolvam aspectos econômicos, sociais e ambientais (CARVALHO; CURI, 2016).

### 3.3. Indicadores de sustentabilidade em recursos hídricos

A literatura nacional e internacional evidencia algumas experiências em relação à utilização de modelos de indicadores de sustentabilidade como método para auxiliar a gestão dos recursos hídricos (GUIMARÃES; MAGRINI, 2008; FANTINATTI; ZUFFO, 2012; CARVALHO et al., 2015; VAN CAUWENBERGH; CIURÓ; AHLERS, 2018; SJÖSTRANDA; LINDHEB; SÖDERQVISTC; ROSÉN, 2018)

Os indicadores são utilizados há bastante tempo e devem apresentar uma visão holística e sistêmica, que permita a identificação das interações entre eles, auxiliando a comunicação das tendências, informando e orientando indivíduos, empresas ou grupos a reconhecerem o comportamento e a escolha de cada um tem efeitos sobre o estado da sustentabilidade que se busca, afinal os indicadores surgem de valores e geram valores (RABELO; LIMA, 2012).

Indicadores de sustentabilidade são utilizados como ferramentas padrão em diversos estudos, facilitando a compreensão das informações sobre questões complexas e atuando como base para análise do desenvolvimento, permitindo verificar os impactos das ações humanas no ecossistema abrangendo diversas dimensões como fatores econômicos, sociais, culturais, geográficos e ambientais, podendo também avaliar o alcance dos objetivos propostos. Eles têm o papel de traduzir numericamente uma determinada situação e apontar ao tomador de decisão, o sentido da sustentabilidade de uma região (CARVALHO et al., 2015).

A aplicação dos indicadores de sustentabilidade nos recursos hídricos ajuda a refletir e comunicar uma ideia complexa, é útil para observar, descrever e avaliar estados atuais, formular estados desejados ou comparar um estado atual com um desejado para o futuro, contribuindo assim, para um melhor monitoramento da gestão que visa a sustentabilidade dos recursos, a partir de ações destinadas a regular o uso, o controle e a proteção dos recursos hídricos, em conformidade com a legislação e normas pertinentes (LACERDA; CÂNDIDO, 2013).



Ainda Lacerda e Cândido (2013) ressaltam a necessidade de integrar projetos e atividades com o objetivo de promover a recuperação e a preservação da qualidade e disponibilidade dos recursos das bacias hidrográficas como também a recuperação e preservação de nascentes, mananciais e cursos d'água em áreas urbanas.

Para um adequado processo de decisão, destacam-se as análises baseadas em indicadores para a produção de informação. O indicador é retratado como um valor técnico de referência estabelecido ou desejado pelas autoridades governamentais ou obtido por consenso social, geralmente estabelecido em processo decisório. A questão dos indicadores reside essencialmente na escolha da variável, ou das variáveis, cujos valores provêm de medições (variáveis quantitativas) ou observações (variáveis qualitativas) (MALHEIROS, COUTINHO, PHILIPPI JR; 2013).

Malheiros, Coutinho e Phillipi Jr. (2013) apresentam em seu trabalho alguns requisitos importantes para a produção de bons indicadores, apresentados a seguir no Quadro 1:

Quadro 1 – Requisitos importantes para a produção de indicadores.

| <b>Requisitos</b>                         | <b>Explicação</b>  |
|---|--|
| Representatividade                        | Capacidade de retratar os problemas da área de estudo.   |
| Gerar interesse                           | Sugestivos para efetiva ação.  |
| Validade científica                       | Tem relação a forma de coleta e com a elaboração do dado.  |
| Fonte de informação                       | Confiabilidade da origem.  |
| Relevância                                | O indicador deve concordar com a legislação do governo local, para avaliação e monitoramento do progresso, a fim de alcançar os resultados para a sociedade. |
| Redundância                               | Os dados coletados não devem apresentar a mesma informação.  |
| Participação popular                      | Em algum momento, ou na elaboração ou revisão dos indicadores.   |
| Fácil compreensão, possuir conteúdo claro | Indicadores devem ser simples e fáceis de compreender para informar o grupo de pessoas que tomará as decisões quanto aos rumos do planejamento.              |
| Conduzir para a mudança                   | Fornecendo informação em tempo para que se possa agir.   |
| Não devem pretender ser completos         | Devem ser experimentais, passíveis de discussão, de aprendizado e de mudança.  |
| Ser oportunos temporalmente               | Passíveis de serem cumprido em curto prazo.  |

Sendo assim, a formulação de uma metodologia baseada em indicadores direcionados para gestão dos recursos hídricos através de critérios, funções de utilidade e de preferências, baseados no conceito de tomada de decisão, constitui uma importante ferramenta que pode contribuir com melhoria, resolução de problemas desse cenário (CARVALHO; CURI, 2016).

### 3.4. Conceito de tomada de decisão

Tomar uma decisão é uma atividade complexa e potencialmente das mais controversas, em que temos que fazer escolhas naturais considerando toda multiplicidade de fatores que influem, direta ou indiretamente, nas decisões de alternativas, pontos de vista, ações e entre outras (BANA e COSTA; VASNICK, 1995).

Corroborando com os autores, Jardim et al. (2015) afirmam que tomar uma decisão é um processo que está presente a todo instante na vida cotidiana, onde se encontram as mais diferentes situações que necessitam de uma escolha, seja de forma consciente ou inconsciente, racional ou irracional, desde as coisas diárias mais simples, até decisões mais complexas que podem ter efeitos de longo prazo.

O processo de tomada de decisão requer uma visão ampliada de todas as áreas relacionadas direta ou indiretamente com o problema, desde as características físicas até o contexto cultural, pois a integração desses aspectos é de suma importância para que se tenha uma decisão adequada para a resolução do problema, diminuindo a chance de efeitos indesejados ou não previstos (FANTINATTI; ZUFFO, 2012).

Para Machado; Gomes e Chauvel (2003), a tomada de decisão em um ambiente complexo envolve pelo menos um dos aspectos a seguir: pelos menos dois critérios conflitam entre si para a resolução do problema; tanto os critérios de resolução do problema como as alternativas de solução não são claramente definidas, dificultando a compreensão na hora da escolha; os critérios e as alternativas podem estar interligados, e a eficácia da escolha pode ficar refém da que não foi escolhida; a solução do problema depende de um conjunto de pessoas onde, cada um defende seu ponto de vista; a restrição do problema não é bem definida, podendo gerar dúvida sobre o que é critério ou restrição; alguns dos critérios são quantificáveis, outros só são através da aplicação de julgamentos de valor e a escala para um dado critério pode ser cardinal, verbal ou ordinal dependendo dos dados disponíveis e da própria natureza dos critérios.

Zanglelini et al. (2018) consideram que a tomada de decisão no nível ambiental com o intuito de desenvolver a sustentabilidade não é um processo simples. Além dos sistemas ambientais, a sustentabilidade deve analisar e relacionar o crescimento econômico, o progresso social e o uso sustentável dos recursos naturais, bem como outros aspectos, tal como cultural e

político, e levar em consideração, ainda, os conflitos de interesse dos diversos atores interessados no processo, a fim de manter o equilíbrio ecológico e garantir condições de vida favoráveis no presente e no futuro, fazendo assim que esses processos decisórios sejam altamente complexos.

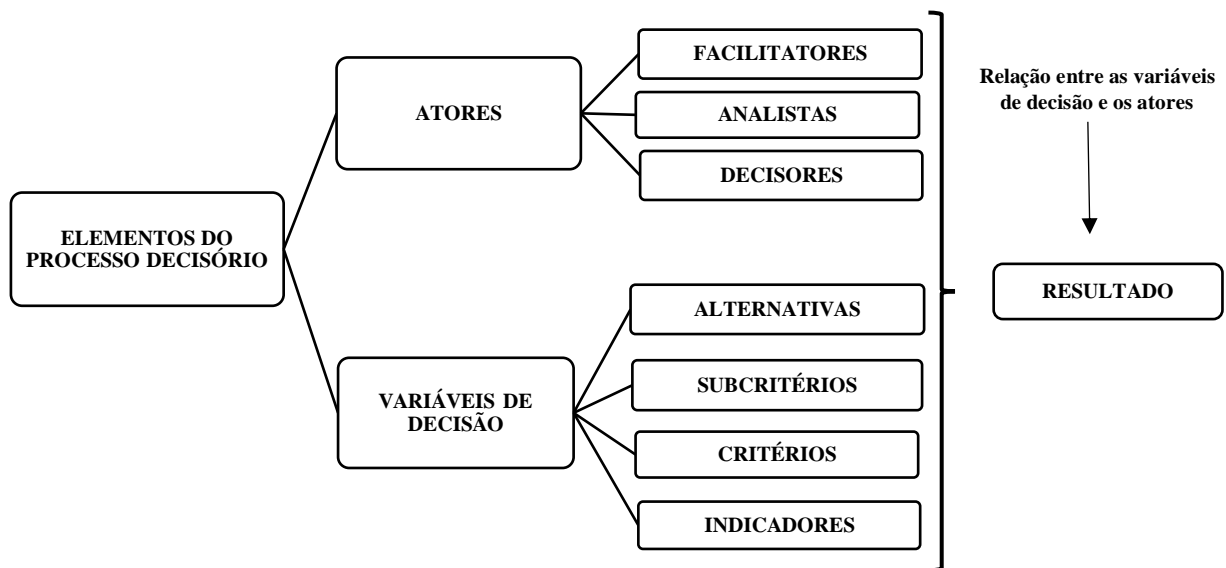
Decisões complexas geralmente envolvem múltiplos atores que precisam trabalhar efetivamente em grupo, lidando com objetivos e interesses conflitantes, julgamentos e opiniões incompatíveis, tornando-se, assim, um desafio identificar uma alternativa de gerenciamento que maximize todos os critérios no processo de tomada de decisão. O planejamento requer uma abordagem multicritério e métodos analíticos que examinem as compensações, considerem as múltiplas dimensões, políticas econômicas, ambientais e sociais, reduzindo o conflito em uma estrutura de otimização (ANANDA; HERATH, 2009; GOVIDAN et al. 2013).

O processo de decisão integra variáveis objetivas que expressam a realidade, com os aspectos subjetivos imposto pelos participantes, que possam ser combinadas entre si na tentativa de encontrar uma solução de maior comprometimento com critérios mais transparentes, compreensíveis e coerente com a realidade a partir da contribuição dos atores (CARAYANNIS et al., 2018; FARIA et al., 2018).

Para Basco-Carrera et. al. (2017), esse tipo de processo de decisão participativa, surgiu para enfrentar diferentes tipos de desafios encontrados em diferentes ambientes, enfatizando a importância de envolver as partes interessadas em um processo de modelagem onde, as partes são expostas às mesmas informações e problemas e ressaltam a relevância da comunicação entre os envolvidos e das ferramentas de visualização para a resolução do problema.

É necessário conhecer os conceitos importantes presentes no processo decisório, para entender melhor seu funcionamento. A definição dos elementos do processo conduz em uma análise mais estruturada do problema e uma avaliação mais consistente na obtenção da solução de melhor acordo, a Figura 1 descreve os elementos que fazem parte do processo decisório (TORRES, 2014).

Figura 1 – Elementos do processo decisório.



Fonte: adaptado TORRES (2014).

Os atores são o grupo de pessoas presentes no processo decisório, que possuem interesse na decisão a ser tomada, pois estão envolvidos de forma direta ou indiretamente com o assunto em questão. Esse grupo pode ser composto pelo “Facilitador” ou mediador, uma pessoa ou equipe que tenha conhecimento sobre o processo de tomada de decisão, auxiliando no esclarecimento de dúvidas, na negociação e comunicação dos atores; “Analista” ou especialista, pessoas que tenham maior conhecimento sobre o assunto a ser tratado que juntamente com os “Decisores” ou agente de vão avaliar as alternativas presentes para solucionar o problema em questão, de acordo com a sua relação de preferências. As “Variáveis de decisão” são todas as “Alternativas” apresentadas pelos autores, que após das devidas análises e colocações passam a ser “Subcritérios”, “Critérios” e por fim os “Indicadores” que são o “Resultado” do processo decisório (TORRES, 2014; FANTINATTI; ZUFFO; FERRÃO, 2015).

Existem inúmeros modelos multicritério e analítico que compartilham de várias semelhanças, com diferenças sutis, que se referem principalmente aos contextos aplicáveis, usos específicos, manipulação de informações, envolvimento das partes interessadas, equipes, organização e/ou meios (BASCO-CARRERA et. al., 2017).

O desenvolvimento de uma análise multicritério requer profundo envolvimento dos participantes, uma vez que o processo assume uma postura construtivista e, idealmente, conta com um painel experiente e informado. O uso de um grupo de especialistas disponíveis e reunidos ao mesmo tempo em um mesmo lugar; bem como o fato de que o facilitador se

relacionará pessoalmente tem como benefício de melhorar a confiabilidade do modelo e solução final (FERREIRA; JALALI; FERREIRA, 2015).

### 3.5. Métodos de análise multicritério

A análise multicritério foi aperfeiçoada como metodologia nos anos 70, mas anos antes ela já era aplicada a partir de princípios econômicos para subsidiar o processo decisório. No entanto, havia um distanciamento da prática da decisão com os princípios econômicos, pois a teoria econômica estava mais preocupada com o todo do que com os problemas pontuais básicos de uma empresa, o que dificultava na implementação do processo decisório (ROY, 1990).

Os conceitos econômicos eram gerados a partir de suposições simplificadas fora da realidade e muitas vezes de difícil execução e não existia a vantagem de se trabalhar com uma equipe multidisciplinar porque esse conceito não era conhecido e divulgado. A fim de diminuir essa distância e escassez de informações, a metodologia de múltiplos critérios foi sendo estudada cada vez mais, principalmente porque estava se tornando importante para decisões empresariais e governamentais por apresentar, naquela época, a melhor alternativa de ação para o desempenho técnico e uso de orçamento (OSTANELLO, 1997).

Os métodos tradicionais de tomada de decisão baseados apenas em índices econômicos e financeiros não expressam as questões subjetivas inerentes ao problema complexo de múltiplos critérios, e as decisões baseadas em parte do problema resultam, geralmente em ações pouco efetivas ou pior ainda, ilegítimas (BANA e COSTA; VINCKE, 1990).

Roy (1990) destaca a consolidação da metodologia decorrente das limitações da objetividade encontradas no campo da ajuda à decisão e da possibilidade de fornecer uma base científica para uma decisão ótima com base em vários critérios. O autor destaca a consolidação de duas vertentes do conhecimento: *Multicriteria Decision Making* (MCDM) – Tomada de Decisão Multicritério, e *Multicriteria Decision Aid* (MCDA) – Apoio Multicritério à Decisão.

A primeira vertente (MCDM) dedica-se à modelagem de problemas de decisão baseada no emprego de modelos matemáticos à otimização, em que as limitações são deixadas de lado, requerendo assim, uma técnica capaz de comprovar as afirmações, o que é um fator limitante para a sua aplicação pois, certas situações são envoltas de subjetividade, ambiguidades e incertezas (BANA e COSTA; VINCKE, 1990; RODRIGUEZ; COSTA; CARMO, 2013).

A segunda vertente (MCDA) se apresenta como uma alternativa para a modelagem de problemas em que a subjetividade, incertezas e ambiguidades estão presentes, abrindo mão da necessidade de validações das informações presentes, podendo assim incorporar elementos ao modelo aproximando-o mais da realidade, permitindo melhorar o grau de conformidade e coerência entre o processo de tomada de decisão (BANA e COSTA; VINCKE, 1990; RODRIGUEZ; COSTA; CARMO, 2013).

Um problema complexo nunca é igual a outro, mesmo que similares, trazem objetivos geralmente conflitantes e a solução é altamente dependente das preferências dos diferentes grupos de tomadores de decisão envolvidos que estabelecem compromisso com o processo. Portanto, cada situação deve ser analisada de acordo sua realidade, particularidades e características, no qual os grupos trazem diferentes critérios e pontos de vista, que devem ser resolvidos dentro de um quadro de compreensão e empenho mútuo (SANAYEI; FARID MOUSAVI; YAZDANKHAH, 2010; FANTINATTI; ZUFFO; FERRÃO, 2015).

Existem diferentes tipos de métodos que auxiliam os processos de tomadas de decisão que abrangem múltiplos critérios fazendo a fusão das informações, por exemplo: por média ponderada ou média ponderada ordenada, como o *Analytic Hierarchy Process* – AHP ou Processo de Hierarquia Analítica; *Analytic Network Process* – ANP ou Processo de Rede Analítica; *Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation* – PROMETHEE ou Método de Classificação de Preferência para Avaliação e Enriquecimento; *ELimination Et Choix Traduisant REalité* – ELECTRE ou Eliminação e Escolha que Expressão a Realidade; Fuzzy (FDA – *Fuzzy Decision Approach*) – Fuzzy ou FDA – Abordagem de Decisão Difusa; *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* – TOPSIS ou Técnica para Preferência de Ordem por Similaridade à Solução Ideal; *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique* – MACBETH ou Medição da Atratividade por uma Técnica de Avaliação Baseada em Categorias, entre outros.

Esses métodos podem ser aplicados em diversas circunstâncias e áreas como: gestão e planejamento de recursos hídricos (FILHO; FONTANA; MORAIS, 2014; LAVOIE; JOERIN; RODRIGUEZ, 2015), gestão dos resíduos sólidos (SOLTANI et al., 2015), desenvolvimento sustentável urbano (FERNANDES et al., 2018), mercado imobiliário (FERREIRA; SPAHR; SUNDERMAN, 2016), sustentabilidade dos sistemas naturais (DIAZ-BALTEIRO et al., 2018), avaliação dos impactos ambientais de acordo com ciclo de vida dos produtos (ZANGHELINI; CHERUBINI; SOARES, 2018), dentre outros (TSAUR; WANG, 2007; FILIPE; FERREIRA; SANTOS, 2015; PEREIRA; FERREIRA; CHANG, 2017).

Outro ponto a destacar da metodologia MCDA é que, por envolver diferentes perspectivas, valores e preferências dos responsáveis, a construção do problema é considerada uma fase muito importante, pois é o ponto inicial para as fases seguintes da análise que são fortemente influenciadas por esse processo. Por isso, muitos dos métodos são associados a uma ferramenta de estruturação (MARTTUNEN; LIENERT; BELTON, 2017).

Uma das ferramentas mais utilizadas para estruturação de problema é o mapeamento cognitivo, que demonstra a representação do pensamento e perspectivas dos indivíduos em relação a um determinado assunto, podendo ser analisadas as diferenças e opiniões pessoais (CARAYANNIS et. al., 2018).

### 3.6. Mapeamento cognitivo

O mapeamento cognitivo possui uma variedade de interpretações na prática, essa forma específica de mapeamento cognitivo é baseada na “teoria da construção pessoal”, que vê o homem como um cientista, que constantemente tenta entender o mundo para poder agir dentro e sobre esse mundo. O analista que utiliza esse método procura extrair valores e conhecimentos dos tomadores de decisão relevantes para o assunto em questão por meio de análise ou entrevista e pesquisa de documentos (EDEN; ACKERMANN, 2004).

Essa ferramenta é eficaz para a estruturação de problemas complexos de decisão, promovendo o diálogo e a discussão, possibilitando a apresentação e visualização, permitindo facilmente a organização de ideias expressadas pelos participantes que colaboram com o processo de decisão em construção, além de ser composto por conceitos vinculados para formar cadeias de argumentação orientada à ação (FERNANDES et al., 2018).

Os mapas são uma rede de nós e setas formando um tipo de “gráfico direcionado” onde a direção da seta indica a relação de causa e efeito, uma forma organizada, estruturada de maneira hierárquica de agregar as ideias. Ele também tem por característica lidar com variáveis qualitativas e quantitativas, estruturar situações complexas de decisão e fornecer apoio ao grupo de trabalho, permitindo assim o desenvolvimento e implementações de estratégias para a resolução em questão (CARAYANNIS et al., 2018; FARIA et al., 2018).

Dessa forma o mapeamento cognitivo permite que a subjetividade seja incorporada ao processo de tomada de decisão e que sejam identificadas relações de causa e efeito entre

conceitos, esse processo é facilitado porque é possível adicionar múltiplos fatores ao mapa, sem ter uma solução (ideal) pré-concebida (FILIPE; FERREIRA; SANTOS, 2015).

### 3.7. Abordagem MACBETH

O MACBETH - *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique* (Medição da Atratividade por uma Técnica de Avaliação Baseada em Categorias) foi introduzido por Carlos Antonio Bana e Costa; Jean-Marie de Corte e Jean-Claude Vansnick no início dos anos 90. A ferramenta MACBETH segue conceitos construtivistas e é caracterizada como uma técnica interativa para apoiar a construção de intervalos numéricos a fim de quantificar os julgamentos semânticos dos tomadores de decisão. Os julgamentos se referem as diferenças de atratividade em comparações pareadas, para obter pontuações para alternativas e pesos para critérios do MCDA (BANA e COSTA; DE CORTE; VANSNICK, 2012).

Matematicamente, isso significa que em um problema em que existe uma estrutura de relações binárias  $[P(1), \dots, P(k), \dots, P(m)]$ , onde  $P(k)$  representa uma relação de preferência que quanto mais forte for o valor de  $k$ , é possível converter essas relações de preferência em números, com base em um certo ponto de vista ( $PV_j$ ). Na prática, a regra de codificação proposta por essa metodologia consiste em associar a cada ação de  $X$  (onde  $X = \{a, b, \dots, n\}$  é um conjunto finito de  $n$  ações) um número real  $v(a)$  como aquele as diferenças  $v(a) - v(b)$  (onde  $a P b$ , isto é  $a$  é mais atrativo que  $b$ ) são tão compatíveis quanto possível com os julgamentos das diferenças de atratividade dos tomadores de decisão. Ou seja, para todos os pares de ações  $(a, b)$  atribuídos a uma determinada categoria de diferença de atratividade  $C$ , as diferenças  $v(a) - v(b)$  fazem parte do mesmo intervalo sem sobreposições (BANA e COSTA; VANSNICK, 1997).

Para definir os intervalos entre categorias consecutivas de diferenças de atratividade, é necessário calcular os limites de  $s_k$  (onde  $s_k$  são constantes positivas reais). Assim, a representação numérica de limites constantes pré-ordenados pode ser facilmente introduzida, desde que as preferências por valores da função  $v$  e os limites  $s_k$  sejam representados de acordo com a expressão (1) (FILIPE; FERREIRA; SANTOS, 2015):



$$a P^{(k)} b: s_k < v(a) - v(b) < s_{k+1} \quad (1)$$

Os limites correspondem a valores positivos reais, portanto, a definição dos intervalos entre as categorias é mais fácil, porque um número infinito de categorias e limites pode ser definido entre a origem (isto é,  $s_1 = 0$ ) e  $s_m$ . Conseqüentemente, e como discutido por Bana e Costa e Vansnick (1997), uma série de diferenças de atratividade é limitada à esquerda pelo seu zero, mas não pode ser limitada à sua direita.

Deve-se notar que a metodologia MACBETH propõe realizar algumas perguntas significativas, a fim de testar a conscientização das respostas dadas pelos tomadores de decisão. Assim, os limites dos intervalos não devem ser definidos previamente, mas sim simultaneamente com as categorias, e todo o processo de construção de escalas de valores cardinais deve ser interativo e desenvolvido de forma interativa, intuitiva para os participantes (BANA e COSTA, DE CORTE; VANSNICK, 2012).

O procedimento básico dessa metodologia consiste em solicitar um julgamento qualitativo inerente à diferença de atratividade entre duas ações ( $x$  e  $y \in X$ ), utilizando uma escala de quantificação com sete categorias semânticas: nulo (ou indiferença); muito fraco; fraco; moderado; forte; muito forte; e extremo (BANA e COSTA; VANSNICK, 1994; PEREIRA; DIAS; FONTES, 2019).

Nesse sentido, durante o procedimento de solicitação de julgamentos absolutos de atratividade, a construção de uma matriz triangular superior para cada critério facilita o registro e o controle dos julgamentos de valor dos tomadores de decisão (BANA e COSTA; VANSNICK, 1994). Após a obtenção da matriz de julgamentos de valor, a técnica MACBETH permite o cálculo de uma escala inicial que deve satisfazer as condições (2) e (3):

$$\forall a, b \in X: v(a) > v(b) \Leftrightarrow a P b \quad (2)$$

$$\forall k, k^* \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}, \forall a, b, c, d \in X \text{ com } (a, b) \in C_k \quad (3)$$

$$e (c, d) \in C_{k^*}: k \geq k^* + 1 \Rightarrow v(a) - v(b) \geq v(c) - v(d)$$

O procedimento matemático adotado para alcançar a função de valor desejado após confirmada a consistência dos julgamentos é a partir da programação linear, em valores numéricos, em que é atribuída uma pontuação 0 para a opção menos atraente e uma pontuação de 100 para a opção mais atraente de acordo com a Equação 4. O mesmo processo é realizado

quantas vezes forem necessárias até que uma escala de preferências seja definida para cada descritor (BANA e COSTA, DE CORTE; VANSNICK, 2012).

$v(n)$ :

$$\begin{aligned} S.T.: \forall a, b, c \in X \ aPb \Rightarrow v(a) \geq v(b) + 1 \\ \forall a, b \in X: aIb \Rightarrow v(a) = v(b) \end{aligned} \quad (4)$$

$\forall (a, b), (c, d) \in X$ , se a diferença de atratividade entre  $X$ , se a diferença atratividade entre  $a$  e  $b$  forma maior que entre  $c$  e  $d$ , então:

$$\begin{aligned} v(a) - v(b) \geq v(c) - v(d) + 1 + \delta(a, b, c, d) \\ v(a^-) = 0 \end{aligned}$$

Onde:

$n$  é um elemento de  $X$  para que  $\forall a, b, c, \dots \in X: n(P \cup I) a, b, c, \dots$

$a^-$  é elemento de  $X$  para que  $\forall a, b, c, \dots \in X: a, b, c, \dots (P \cup I)a^-$

$\delta(a, b, c, d)$  é o número mínimo de categorias da diferença de atratividade entre a diferença de atratividade entre  $a$  e  $b$  e a diferença de atratividade entre  $c$  e  $d$ .

Na prática, a técnica MACBETH é baseada em um procedimento direto de perguntas e respostas, no qual os membros do painel comparam pares de ações e projetam uma apreciação qualitativa da diferença de atratividade entre as ações. Dessa forma, várias matrizes de julgamentos de valor são preenchidas e o processo de preenchimento continua até que uma escala de preferência local seja definida para cada um dos descritores envolvidos no processo. Depois disso, um procedimento simples de agregação aditiva pode ser usado de acordo com a Equação 5, permitindo obter uma pontuação geral para cada uma das alternativas em avaliação (FARIA et al., 2018).

$$V(a) = \sum_{i=1}^n w_i v_i(a); \text{ com } \sum_{i=1}^n w_i = 1 \text{ e } 0 < w_i < 1 \text{ para } i = 1, \dots, n \quad (5)$$

A técnica MACBETH permite combinar aspectos sociais e técnicos do processo de tomada de decisão, é considerada como simples, de fácil compreensão, apoiada por

conhecimentos matemáticos e capaz de considerar critérios de avaliação qualitativa e quantitativa (CARAYANNIS et al., 2018).

O MACBETH provou ser uma ferramenta extremamente versátil e eficaz para apoiar processos de avaliação de critérios em uma ampla gama de contextos de tomada de decisão como: ajudar o indivíduo a selecionar sua futura carreira (BANA e COSTA; CHAGAS, 2004); uma ferramenta para auxiliar no processo de avaliação de imóveis residenciais (FERREIRA; SPAHR; SUNDERMAN, 2015); apoiar a avaliação pedagógica e o desenvolvimento profissional de professores (FILIPE; FERREIRA; SANTOS, 2015); contribuir para a construção de um operador de média ponderada a partir dos pesos estabelecidos no MACBETH (LABREUCHE; MAYAG; DUQUEROIE, 2015); facilitador no desenvolvimento e aplicação de uma metodologia para avaliar a competitividade dos destinos turísticos (CARAYANNIS et al., 2018); apoiar uma empresa de saneamento na gestão de perdas nos sistemas de abastecimento de água através da construção de um modelo de avaliação de desempenho (KUSTERO et al., 2018); na seleção de fornecedores em potencial no setor de azeite (PEREIRA; DIAS; FONTES, 2019).

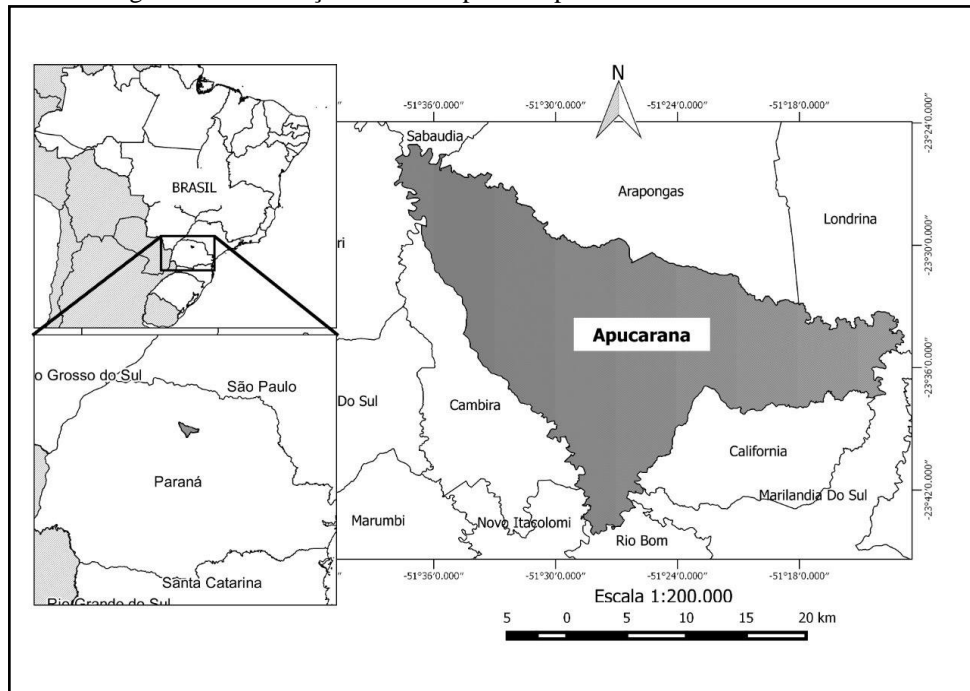
## 4 MATERIAL E MÉTODOS

Estão apresentadas neste item a área em estudo e os procedimentos metodológicos, juntamente com os materiais utilizados para a aplicação do método em suas três fases: fase de estruturação, fase de avaliação e fase de recomendações.

### 4.1. Caracterização da área de estudo

O município de Apucarana está localizado na região norte do estado do Paraná, a 370 km da capital, dispõe de uma extensão territorial de 558,389 km<sup>2</sup>, compreendido pelas coordenadas geográficas 23°03'30" de latitude sul e 51°24'20" de longitude oeste, a uma altitude média de 983 m acima do nível do mar (Figura 2). Possui uma população de 120.919 habitantes de acordo com o último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística feito em 2010, com população estimada para 2019 de 134.996 pessoas (IBGE, 2010).

Figura 2 - Localização do município de Apucarana no Estado do Paraná.

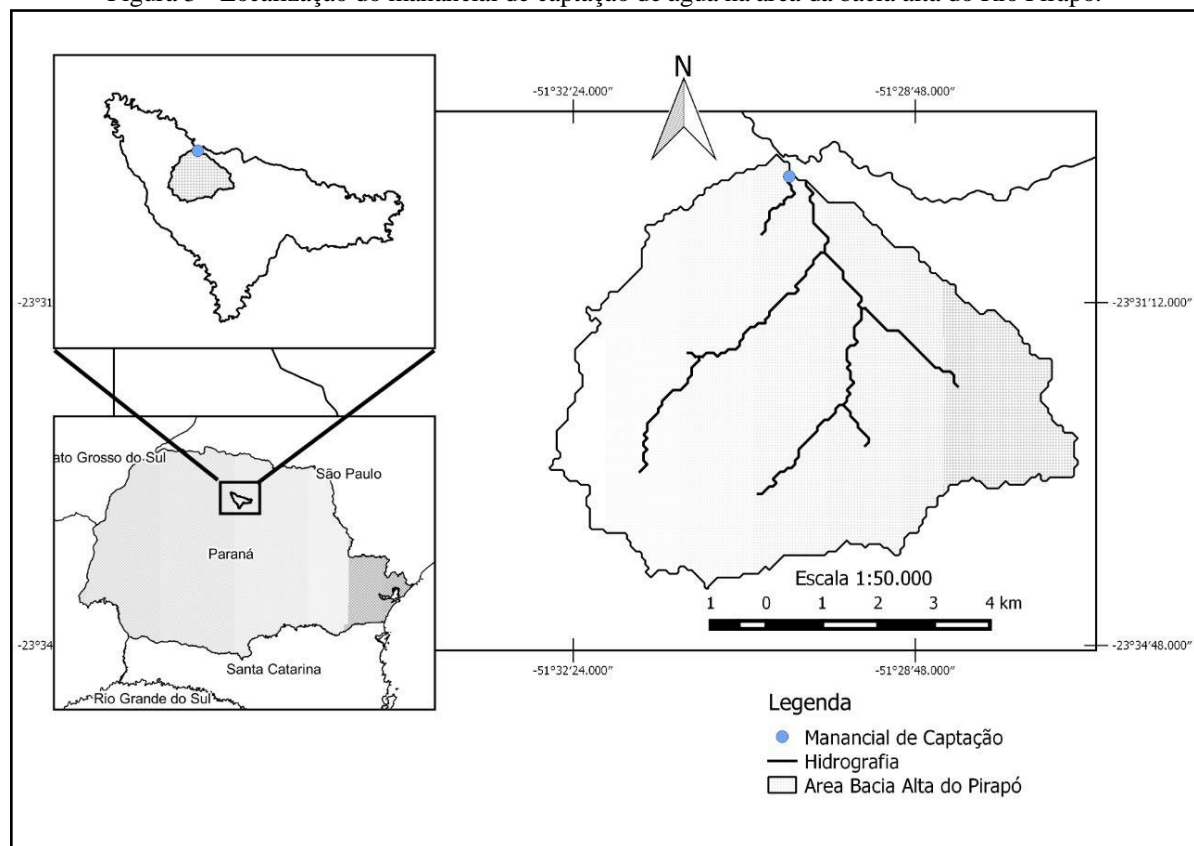


Fonte: autor (2019).

Apucarana está situada no Terceiro Planalto Paranaense, sobre um grande divisor de águas com influência de três grandes bacias hidrográficas paranaenses: a Bacia Hidrográfica do rio Pirapó, na parte noroeste, a Bacia Hidrográfica do Tibagi, localizado na parte leste e a Bacia Hidrográfica do rio Ivaí, na parte sul. Dentre estas, a Bacia do rio Pirapó é a de maior relevância pois abastece o município de Apucarana e Maringá. O sistema de abastecimento de água do município de Apucarana é composto por dois tipos de mananciais: superficiais (uma no ribeirão Caviúna e outro no rio Pirapó), pertencentes à bacia do rio Pirapó e subterrâneos por poços profundos, ambos na área rural da cidade (Figura 3) (RIGON; PASSOS, 2014; SILVA; LIMA, 2017).

Aproximadamente 74% do município é abastecido por manancial superficial, com vazão total de  $260 \text{ ls}^{-1}$ , sendo o restante abastecido por poços profundos que juntos produzem  $143,5 \text{ ls}^{-1}$  (PREFEITURA DE APUCARANA, 2017).

Figura 3 - Localização do manancial de captação de água na área da bacia alta do Rio Pirapó.



Fonte: autor (2019).

## 4.2. Procedimentos metodológicos

A metodologia utilizada neste estudo iniciou-se com o processo construtivo da abordagem MCDA e propôs o uso integrado de técnicas de mapeamento cognitivo e a abordagem MACBETH (FARIA et al., 2018).

Para Faria et al. (2018), ao integrar esses dois métodos, o mapeamento cognitivo é usado para determinar os critérios a serem incluídos no modelo MACBETH para calcular os pesos desses mesmo critérios e facilitar a compreensão do problema. A aplicação da metodologia é facilitada, pois existe um *software* denominado M-MACBETH que constrói as funções de valores por programação linear e realiza os julgamentos dos critérios, podendo acusar a inconsistência na formulação das matrizes de julgamento. (CARNERO e GÓMEZ, 2017).

O *software* M-MACBETH é uma ferramenta que pode ser encontrada na internet de forma gratuita, mas apenas cinco critérios podem ser analisados. Para o estudo, foi realizada uma parceria com Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP que possui a licença do programa no Departamento de Recursos Hídricos, eliminando a restrição para quantidade de critérios.

Para a definição dos indicadores de sustentabilidade, foi organizado um evento denominado Conferência de Gestão Participativa, realizado nos dias 13, 14 e 15 de março de 2019, das 08:30h às 12:00h, no anfiteatro da Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR) câmpus Apucarana/PR. Nessa conferência, estavam presentes representantes do setor público, empreendedores com interesse na área de manancial, sociedade civil organizada, Ministério Público, entre outros. No primeiro dia, 34 pessoas participaram; no segundo dia, 43 pessoas e no terceiro dia, 38 pessoas. As listas de presença são apresentadas no Anexo A.

A conferência foi conduzida por dois moderadores principais que contaram com o auxílio de outros dois moderadores, para auxiliar na construção do mapa cognitivo e na estruturação dos resultados.

Baseando-se nos procedimentos metodológicos utilizados por Faria et al. (2018), este estudo foi dividido em três fases principais: estruturação, avaliação e recomendações.

### a) Fase de estruturação

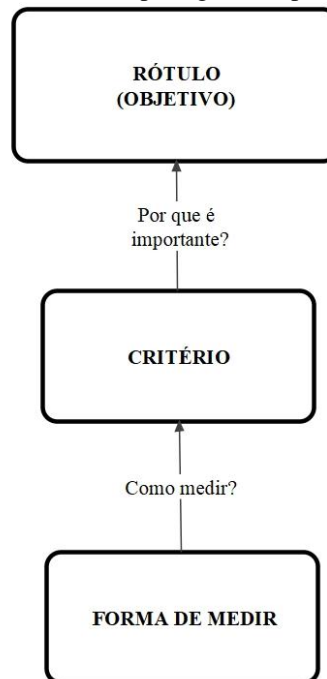
Nesta fase, o rótulo (objetivo) foi definido pelos participantes. Após, os participantes foram convidados a pensar e propor por escrito quais os aspectos essenciais para atingir o rótulo, considerando as vertentes ambiental, social e econômica. Todos os valores dos participantes

foram explicitados, considerando aspectos relevantes para o processo de decisão, usando a técnica do *post-it* proposta por Bana e Costa, De Corte e Vansnick (2012).

Após recolher os *post-it*, os moderadores os separaram nas vertentes ambiental, social e econômica e os participantes foram divididos em grupos, conforme suas áreas de interesse. À medida que os *post-it* com os valores foram discutidos, o diálogo entre os atores foi incentivado pelos moderadores, com o intuito de construir os mapas cognitivos por vertente.

O mapa cognitivo foi estruturado a partir da aplicação da técnica proposta por Fantinatti, Zuffo e Argollo (2015), demonstrada na Figura 4.

Figura 4 - Modelo do mapa cognitivo aplicado no estudo.



Fonte: Adaptado de Fantinatti, Zuffo e Ferrão (2015).

O primeiro nível do mapa refere-se ao Rótulo ou Objetivo a ser atingido. O segundo nível estabelece quais são os critérios, definidos pelos participantes da conferência para atingir o objetivo, a partir da pergunta “Por que esse critério é importante para atingir o rótulo?”. Em um primeiro momento, esses critérios são denominados Elementos Primários de Avaliação (EPA), pois durante a conferência devem ser analisados e avaliados pelos participantes até a definição do critério. O terceiro nível é a forma de medir e controlar o critério (Como medir?), pois se o critério não puder ser mensurado, não poderá ser considerado um critério (KEENEY, 1996).

Os mapas cognitivos por vertente foram organizados pelos moderadores com o auxílio de um *software* de livre acesso, chamado *Visual Understanding Environment* (VUE).

b) Fase de avaliação

A ferramenta computacional M-MACBETH foi utilizada para definir as hierarquias dos critérios, definir as funções de valor e obter a ponderação dos pesos dos critérios, a partir das preferências e significância. O processo de quantificação é alcançado pedindo aos atores que expressem verbalmente diferença na atratividade das alternativas de critérios, com base nas categorias semânticas apresentada pela ferramenta, formando uma matriz ( $n \times n$ ) de  $n$  ações que possam atingir o rótulo (CARAYANNIS et al., 2018).

Com os critérios definidos após a finalização do mapa cognitivo, os critérios são inseridos no programa computacional M-MACBETH para serem avaliados. Primeiramente é realizada a hierarquização dos critérios, em ordem decrescente, do mais importante para se atingir o rótulo para o de menor importância, mas não menos significativo.

A hierarquização representa a diferença de valor entre os critérios em uma escala padronizada e não simplesmente quanto cada critério vale mais que o outro, segundo Keeney (1992), esse é o erro crítico mais comum na maioria dos métodos multicritérios.

Posteriormente, os critérios são classificados em quantitativo ou qualitativo, os desempenhos são inseridos e os atores devem definir o nível de referência superior e o nível de referência mais baixo para cada critério (Bana e Costa et al., 2002). Como já mencionado no referencial, esses níveis de referência são a partir do escore de desempenho mais atraente e o escore de desempenho menos atraente e recebem uma pontuação de 0 a 100, conforme o comportamento estabelecido pelos participantes. No entanto, essas pontuações não implicam necessariamente que sejam o melhor ou o pior desempenho de uma alternativa em um critério de decisão (Karande e Chakraborty 2013).

Após a definição das funções de valor, é realizada a construção da matriz de julgamentos não numéricos sobre a diferença de atratividade entre critérios em comparações pareadas para obter o peso dos critérios. A escala de quantificação é feita através da escala semântica “muito fraco”, “fraco”, “moderado”, “forte”, “muito forte” e “extremo”. Os autores, quando necessário, podem modificar, reorganizar as ações quando a escala semântica predefinida parece ser inadequada ou quando o método identifica inconsistências entre os julgamentos e fornece as alterações necessárias aos decisores (DEMESOUKA; VAVATSIKOS; ANAGNOSTOPOULOS, 2016).



Concluída a construção da matriz de julgamentos, pode-se gerar o gráfico que apresenta os pesos de cada critério. Para Keeney (1996) os critérios devem refletir adequadamente os objetivos estratégicos dos decisores, de tal forma a possibilitar a delimitação das ações que levarão a alcançar o rótulo. O autor apresenta também nove requisitos que os critérios precisam atender para serem considerados aptos: essencial, controlável, completo, mensurável, operacional, isolável, não redundante, conciso e compreensível.

c) Fase de recomendações

Com os resultados obtidos é possível analisar, explorar o valor agregado a cada critério definido para a sustentabilidade da bacia, bem como também as vantagens e lagunas da estrutura. Propostas podem ser feitas para contribuir com o êxito do rótulo.

Vale ressaltar que uma das finalidades do estudo é a aplicação de um modelo de avaliação de múltiplos critérios que possa auxiliar no alcance do objetivo proposto no estudo. Nesse sentido não se pretende obter uma solução ótima, mas sim um sistema de apoio à decisão final com indicadores de sustentabilidade para a bacia hidrográfica do rio Pirapó ou seja, a solução de maior comprometimento.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse capítulo serão apresentados os principais resultados alcançados durante a Conferência de Gestão Participativa, desde o início da fase de estruturação até a fase de recomendações, ou seja, desde o mapeamento cognitivo até a discussão dos resultados.

### 5.1 Elaboração do mapa cognitivo e definição dos candidatos a critérios no primeiro dia de conferência

#### a) Fase de estruturação

Foram apresentadas pelos participantes três alternativas de rótulo colocadas em votação:

1. Proteção integral da área de manancial; 2. Desenvolvimento sustentável da área de manancial; 3. Ocupação mais agressiva da área de manancial. Foi expressiva a escolha pela alternativa 2, dessa forma, o rótulo escolhido para discussão foi “Desenvolvimento sustentável da bacia hidrográfica do rio Pirapó na área de manancial de Apucarana” no âmbito do município de Apucarana – PR.

Após a definição do rótulo iniciou-se a definição dos candidatos a critérios, onde os participantes foram incentivados a pensar em parâmetros/critérios/palavras-chave essenciais para alcançar o rótulo, considerando as vertentes “ambiental”, “econômica” e “social”. O mapa cognitivo foi elaborado com todas as vertentes no primeiro dia com os EPA's, a partir da técnica *post-it* (Figura 5), cada vertente está descrita nos Quadros 1, 2 e 3 para melhor visualização.



Quadro 2 - Descrição do mapa cognitivo referente a vertente Social decorrente de discussão em grupos realizada no primeiro dia.

|  |                             |  |
|--|-----------------------------|--|
| <b>Rótulo:</b> Desenvolvimento sustentável da bacia hidrográfica do rio Pirapó na área de manancial de Apucarana |                             |  |
| <b>Vertente:</b> Social  |                             |  |
| <b>Critérios discutidos</b>  | <b>Por que é importante</b> | <b>Como medir?</b>                         |
| Educação ambiental e Políticas públicas  |                             | Pesquisa com a população ao longo do tempo |
| Incômodo à população pelo odor   |                             | Diagnóstico e monitoramento de substâncias |
| Desvalorização do imóvel pelo odor   |                             | Índices monetários econômicos              |
| Priorizar expansão urbana em outras áreas  |                             | Plano diretor                              |
| Estudos de alternativas para mitigar impactos da ocupação existente  |                             | Contratação de projetos                    |
| Direito social X Direito à saúde   |                             | Estudos de longo prazo                     |
| Criação de parques com foco no lazer   |                             | Plano diretor                              |
| Viabilidade da sustentabilidade na geração de emprego e renda na área do manancial                               |                             | Contratação de projetos                    |
| Definição da densidade populacional máxima   |                             | Plano diretor                              |
| Lincar o plano diretor com a legislação estadual com relação à instalação de novos empreendimentos poluidores    |                             | Plano diretor                              |
| Proposta para o plano de contingência de risco dos empreendimentos   |                             | Prefeitura municipal de Apucarana          |

Quadro 3 - Descrição do mapa cognitivo referente a vertente Econômica decorrente de discussão em grupos realizada no primeiro dia.

|   |                              |  |
|---|------------------------------|--|
| <b>Rótulo:</b> Desenvolvimento sustentável da bacia hidrográfica do rio Pirapó na área de manancial de Apucarana                          |                              |  |
| <b>Vertente:</b> Econômico  |                              |  |
| <b>Critérios discutidos</b>   | <b>Por que é importante?</b> | <b>Como medir?</b>   |
| Incentivo para empresas que querem se realocar  |                              | Ceder terreno incentivo fiscal (impostos) prefeitura municipal |
| Empresa que permanecer deve se adequar as normas ambientais   |                              | Fiscalização   |
| Turismo para geração de emprego na bacia  |                              | Criação de índices monetários                                  |
| Cobrança de uso; Fundo por iniciativa privada; fundo municipal meio ambiente (criada por lei municipal m <sup>3</sup> /l H <sub>2</sub> O |                              |  |
| Aumento de contribuição das empresas  |                              | Empregos gerados; taxa de desemprego                           |
| Conscientização, educação – Agricultura familiar  |                              | Incentivos à produção de orgânicos e sistema de baixo          |

|   |  |   |
|---|--|---|
|   |  | impacto; saneamento básico, nº de propriedades no entorno |
| Plano diretor não permitir instalações de novas empresas; ou se efetuar instalação de maneira correta |  | Plano diretor   |
| Plano diretor   |  |   |
| Plano municipal de gestão dos recursos hídricos   |  |   |
| Plano de bacia  |  |   |
| Restrição de ocupação próximo ao manancial (somente residencial)                                      |  |   |

Quadro 4 - Descrição do mapa cognitivo referente a vertente Ambiental decorrente de discussão em grupos realizada no primeiro dia.

|  |   |  |
|--|---|--|
| <b>Rótulo:</b> Desenvolvimento sustentável da bacia hidrográfica do rio Pirapó na área de manancial de Apucarana |   |  |
| <b>Vertente:</b> Ambiental   |   |  |
| <b>Crítérios discutidos</b>  | <b>Por que é importante?</b>  | <b>Como medir?</b>   |
| Recuperação/restabelecer as APP  | Plano de arborização; CAR; uso de drone; mapeamento; TAC (EMATER); aplicação do novo código florestal |  |
| Identificação da poluição difusa (rural e urbano)  | CAR; georreferenciamento; cadastros (Instituto das Águas; IAP; imobiliário; rede de drenagem          | Cruzamento de dados ambientais; enquadramento para outorga e licenciamento   |
| Valorização do produtor rural  | Poder público; premiação e gratificação para estímulo; audiências; fóruns de debate                   | Promover recuperação e preservação; educação das novas gerações; interdisciplinaridade; estímulo do valor agregado; sensibilização |
| Educação ambiental na área rural   | Sanepar; EMATER; reuniões; visitas domiciliares; incentivos proteção/ preservação                     |  |
| Exploração do aquífero Guarani para abastecimento  | Qualidade da água livre de poluentes  |  |
| Manejo e conservação do solo   | Turbidez da água; legislação e pró-solo   | Impedir que os sólidos cheguem ao manancial  |
| Revisão das leis ambientais municipais   | Plano diretor e novo decreto SEMA   | Atualização das leis; parcelamento do solo condizente com a realidade  |
| Obrigatoriedade da apresentação de plano de contingência das empresas  | Fiscalização (IAP; Secretaria do meio ambiente)   |  |
| Levantamento das empresas poluidoras   | Sanepar; fiscalização; vigilância sanitária mais promotória   |  |
| Estabelecer comunicação entre os órgãos/ empresas em caso de acidente  | A partir da defesa civil emitir comunicado de urgência para gestores e usuários                       |  |
| Revisão do zoneamento da bacia   | Prefeitura municipal, revisão do plano diretor  |  |
| Restrição de ocupação  | Lei estadual de manancial; Instituto das águas (outorga e licenciamento)                              |  |

Como é possível observar nos quadros apresentados, nem todas as colunas da tabela foram preenchidas devido ao pouco tempo disponível para essa etapa, porém todos os elementos foram discutidos e serão analisados na fase seguinte do estudo. Alguns dos elementos citados nas vertentes social e econômico sugerem no aspecto “Como medir?” o “Plano Diretor” pois, como exposto pelos participantes, o Plano Diretor do município será revisto e os critérios estabelecidos no final da conferência irão auxiliar de forma fundamental na revisão do plano.

## 5.2 Consolidação do mapa cognitivo e definição dos critérios no segundo dia de Conferência

O início da consolidação do mapa ocorreu de forma conjunta com todos os presentes no segundo dia de conferência. Com o rótulo (objetivo) definido no primeiro dia, o mapa cognitivo completo estruturado com todas as vertentes e seus Elementos Primários de Avaliação, foi aberta uma discussão para analisar a essencialidade, importância de cada elemento para se atingir o objetivo e como eles poderiam ser mensurados e controlados em seu desempenho.

A partir da análise dos EPA's, foi possível definir os critérios preliminares, alguns foram descartados pelos participantes, eliminando elementos redundantes ou não mensuráveis/controláveis como: Restrição de ocupação próximo ao manancial (somente residencial); Aumento de contribuição das empresas; Plano Diretor não permitir instalações de novas empresa ou se efetuar instalação de maneira correta; Manejo e conservação do solo; Levantamento das empresas poluidoras; Definição da densidade populacional máxima, entre outros. O mapa cognitivo consolidado resultante dessa primeira avaliação de todos os EPA's encontra-se apresentado na Figura 6 e nos Quadros 4, 5 e 6. Vale ressaltar que as deliberações tomadas podem sofrer alterações ao longo da Conferência de acordo com as discussões.



Quadro 5 - Descrição do mapa cognitivo referente à vertente Social decorrente de discussão em grupos realizada no segundo dia.

|  |                              |  |
|--|------------------------------|--|
| <b>Rótulo:</b> Desenvolvimento sustentável da bacia hidrográfica do rio Pirapó na área de manancial de Apucarana   |                              |  |
| <b>Vertente:</b> Social  |                              |  |
| <b>Crítérios discutidos</b>  | <b>Por que é importante?</b> | <b>Como medir?</b>   |
| <b>Educação ambiental e Políticas públicas</b><br>Direito Social X Direito a saúde<br>Viabilidade e sustentabilidade na geração de emprego e renda na área do manancial<br>Lincar o plano diretor com a legislação estadual com relação a instalação de novos empreendimentos poluidores<br>Definição da densidade populacional máxima<br>Criação de parques com foco no lazer |                              | Pesquisa com a população ao longo do tempo<br>Estudos de longo prazo<br>Contratação de projetos<br><br>Plano diretor<br><br>Plano diretor<br>Plano diretor |
| <b>Incômodo à população pelo odor</b>  |                              | Diagnóstico e monitoramento de substâncias   |
| <b>Desvalorização do imóvel pelo odor</b>  |                              | Índices monetários econômicos  |

Quadro 6 - Descrição do mapa cognitivo referente à vertente Econômica decorrente de discussão em grupos realizada no segundo dia.

|  |                              |  |
|--|------------------------------|--|
| <b>Rótulo:</b> Desenvolvimento sustentável da bacia hidrográfica do rio Pirapó na área de manancial de Apucarana                                       |                              |  |
| <b>Vertente:</b> Econômico   |                              |  |
| <b>Crítérios discutidos</b>  | <b>Por que é importante?</b> | <b>Como medir?</b>   |
| <b>Adequação de empresas na bacia</b><br>Empresa que permanecer deve se adequar as normas ambientais<br>Incentivo para empresas que querem se realocar |                              | Fiscalização<br><br>Ceder terreno, incentivo fiscal (impostos) prefeitura municipal  |
| <b>Turismo para geração de emprego na bacia</b>  |                              | Criação de índices monetários  |
| <b>Agricultura familiar</b>  |                              | Incentivo à produção de orgânicos e sistema de baixo impacto; número de propriedades no entorno (manejo e conservação do solo) |
| <b>Priorizar expansão urbana em outras áreas</b>   |                              | Plano diretor  |

Quadro 7 - Descrição do mapa cognitivo referente à vertente Ambiental decorrente de discussão em grupos realizada no primeiro dia.

|  |                              |   |
|--|------------------------------|---|
| <b>Rótulo:</b> Desenvolvimento sustentável da bacia hidrográfica do rio Pirapó na área de manancial de Apucarana |                              |   |
| <b>Vertente:</b> Ambiental   |                              |   |
| <b>Crítérios discutidos</b>  | <b>Por que é importante?</b> | <b>Como medir?</b>  |
| <b>Criação do selo verde</b>   |                              | Sanepar; Fiscalização; vigilância sanitária mais promotora                      |
| <b>Fortalecer comunicação entre os órgãos municipais/ empresas em caso de acidente</b>                           |                              | A partir da defesa civil emitir comunicado de urgência para gestores e usuários |



A partir dos quadros é possível verificar que muitos Elementos Primários de Avaliação - EPA foram retirados por não serem fundamentais ou não atenderem aos requisitos para serem critérios, já os identificados em negrito são considerados fundamentais para o rótulo. Outros foram realocados como subcritérios tendo em vista que apresentam grande relevância para a sustentabilidade da bacia, porém se enquadram dentro dos indicadores já estabelecidos por terem ligação com o assunto tratado, como no caso do critério “Educação Ambiental e Políticas Públicas” que abrangeram diversos elementos avaliados pelos participantes.

Dentre alguns elementos que foram citados e descartados estão aqueles que se inserem na revisão do Plano Diretor como: “Manejo e Conservação do solo”, “Revisão do zoneamento da bacia”; “Uso e Ocupação do Solo”, “Restrição de Ocupação”, “Levantamento das Empresas Poluidoras”, “Revisão das leis ambientais municipais” e “Recuperação/Restabelecimento das áreas de APP - Área de Proteção Permanente”.

Outros pontos destacados nos elementos foram “Exploração do aquífero Guarani para abastecimento”, que gerou diferentes opiniões, por ser uma alternativa de captação de água, mas apresentar inviabilidade econômica, pela incerteza de perfurarem o solo e não encontrar água, como já ocorreu na região e também obter água com temperatura elevada, entre outros aspectos. A “Proposta de Plano de Contingência de Risco dos Empreendimentos” e a “Obrigatoriedade da apresentação de Plano de Contingência das empresas” são elementos citados que poderão ser discutidos pelos usuários para a exigência no licenciamento de atividades dentro da bacia e estarão contemplados na maneira de medir o fortalecimento da comunicação entre empresa e órgãos municipais.

O segundo dia de conferência foi encerrado com o Mapa Cognitivo Consolidado com nove critérios pré-definidos: Educação ambiental e Políticas públicas; Incômodo à população pelo odor; Desvalorização do imóvel pelo odor; Adequação de empresas na bacia; Turismo para geração de empregos na bacia; Agricultura familiar; Priorizar expansão urbana em outras áreas; Criação do selo verde e Fortalecer comunicação entre os órgãos municipais/empresas em caso de acidente.

### 5.3. Aplicação do Método MACBETH e determinação dos pesos de cada critério

#### b) Fase de avaliação

Após esclarecimentos sobre resultados do dia anterior e metodologia, deu-se início a hierarquização dos nove critérios pré-definidos. Os participantes foram conduzidos a colocar os critérios em ordem de importância, ou seja, posicioná-los de acordo com a prioridade das ações a serem tomadas para atingir o objetivo.

Em uma primeira discussão, a hierarquização dos critérios pré-definidos ficou assim estabelecida: 1. Adequação de empresas na bacia; 2. Priorizar expansão urbana em outras áreas; 3. Educação ambiental e Políticas públicas; 4. Incômodo à população pelo odor; 5. Desvalorização do imóvel pelo odor; 6. Turismo para a geração de empregos na bacia; 7. Fortalecer comunicação municípios/empresas em caso de acidentes; 8. Agricultura familiar; 9. Selo verde.

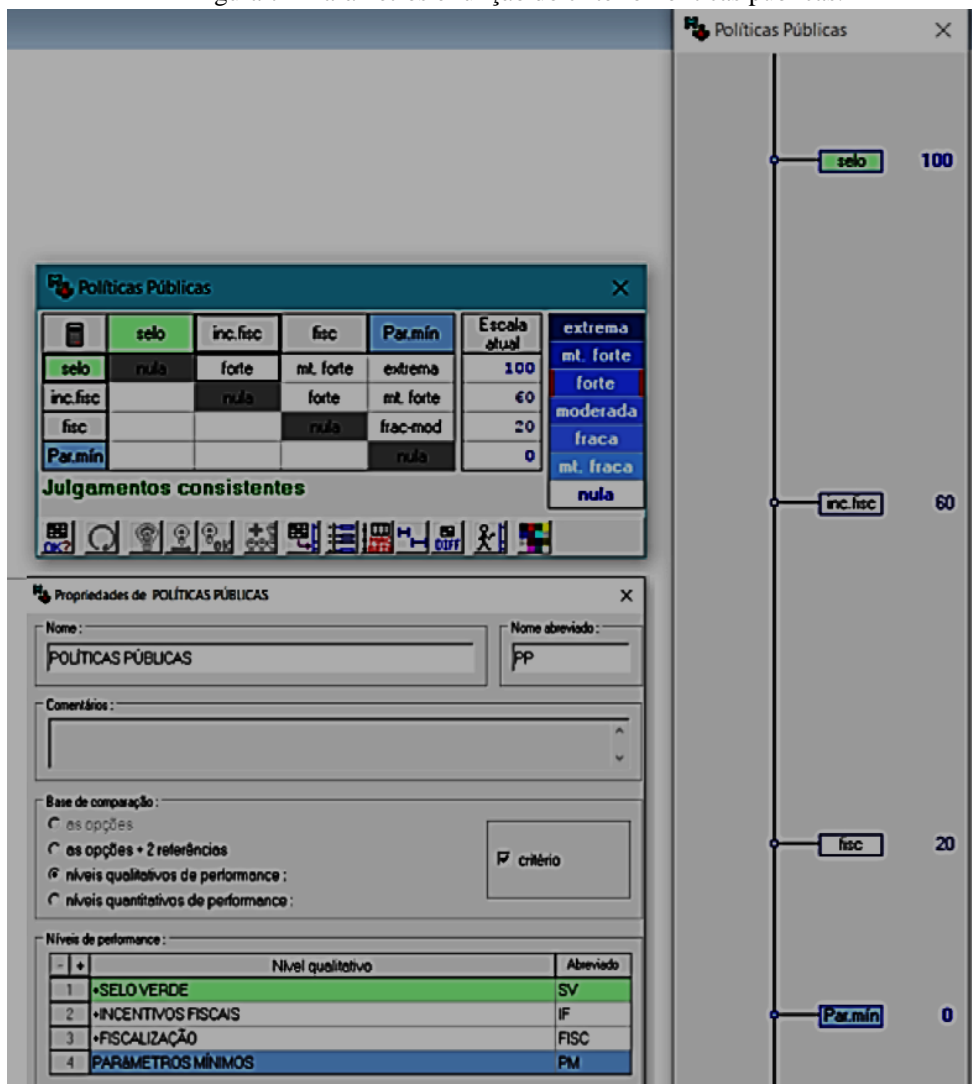
Na fase de definição das funções de valor de cada critério pré-definido, cada um foi avaliado e identificado como qualitativo ou quantitativo e para cada um foi estabelecido um parâmetro mínimo aceitável e um parâmetro mínimo (desejável) de avaliação. Porém, durante essa análise percebeu-se a necessidade de mudanças: retirar critérios, modificar e realizar nova hierarquização.

As alterações foram as seguintes: o critério pré-definido “Selo verde” foi retirado, pois foi contemplado como parâmetro do critério “Políticas públicas”. Houve a necessidade de separar o critério pré-definido “Educação Ambiental e Políticas públicas” porque os parâmetros de avaliação teriam que ser diferentes para cada um. Assim, ficou definido o critério “Educação ambiental” e “Políticas públicas”. Mudou-se o nome de dois critérios para que eles abrangessem melhor os impactos ambientais causados na bacia, não só a questão do odor, “Incômodo à população pelo impacto ambiental” e “Desvalorização do imóvel pelo impacto ambiental”.

Assim, a alteração nos critérios e uma nova hierarquização foram realizados pelos participantes, resultando na seguinte definição: 1. Adequação de empresas na bacia; 2. Realocação do empreendimento; 3. Políticas públicas; 4. Educação ambiental; 5. Fortalecer comunicação municípios/empresas em caso de acidentes; 6. Incômodo à população pelo impacto ambiental; 7. Desvalorização do imóvel pelo impacto ambiental; 8. Agricultura familiar; 9. Turismo para a geração de empregos na bacia. Nas Figuras 7 a 15 são apresentadas os parâmetros estabelecidos e as funções geradas para cada critério.

O critério “Políticas públicas” foi definido como qualitativo e os parâmetros definidos foram: mínimo para “Parâmetros mínimos” que caracteriza que as casas, produtores rurais ou empreendimento estão de acordo com as legislações vigentes, tanto no âmbito municipal, estadual e federal; em seguida “+ Fiscalização” para que irregularidades sejam identificadas; “+ Incentivos fiscais”, para que os proprietários sejam estimulados a atender as exigências normativas e o “Selo verde”, o parâmetro máximo, de quando a empresa ou produto atendem todas as legislações e possuem sistemas que visam a preservação do meio ambiente (Figura 7).

Figura 7 – Parâmetros e função do critério Políticas públicas.



Para “Fortalecer a comunicação municípios/empresas em caso de acidentes” critério qualitativo onde: o mínimo é o empreendimento possuir “Plano de continência” em caso de acidente; “+ Plano de emergência”; “+ Denúncia” de empresas e propriedades irregulares e “+ Placas e de informações e canal de denúncia como parâmetro máximo na avaliação do critério.

Figura 8 - Parâmetros e função do critério Fortalecer a comunicação municípios/empresas em caso de acidentes.

The screenshot displays a software interface for defining a criterion. It features a table of parameters, a comparison base, and a performance level table.

|            | placas | can.denun | denunc   | plan.emerg | plan.cont | Escala atual |           |
|------------|--------|-----------|----------|------------|-----------|--------------|-----------|
| placas     | nula   | moderada  | moderada | fort-mfort | extrema   | 100          | extrema   |
| can.denun  |        | nula      | moderada | mt. forte  | extrema   | 85           | mt. forte |
| denunc     |        |           | nula     | forte      | extrema   | 70           | forte     |
| plan.emerg |        |           |          | nula       | mod-fort  | 35           | moderada  |
| plan.cont  |        |           |          |            | nula      | 0            | frac      |
|            |        |           |          |            |           |              | mt. frac  |
|            |        |           |          |            |           |              | nula      |

**Julgamentos consistentes**

**Propriedades de FORTALECER COMUNICAÇÃO MUNICÍPIOS/EMPRESAS ACIDENTES**

Nome: FORTALECER COMUNICAÇÃO MUNICÍPIOS/EMPRESAS ACIDENTES  
 Nome abreviado: FCM/EA

Comentários:

Base de comparação:

as opções  
 as opções + 2 referências  
 níveis qualitativos de performance :  
 níveis quantitativos de performance :

Níveis de performance:

| - | + | Nível qualitativo                 | Abreviado |
|---|---|-----------------------------------|-----------|
|   |   | +PLACAS DE INF. CANAL DE DENÚNCIA | PICD      |
|   |   | +CANAL DE DENÚNCIA                | CD        |
|   |   | +DENÚNCIA                         | D         |
|   |   | +PLANO DE EMERGÊNCIA              | PE        |
|   |   | PLANO DE CONTINGÊNCIA             | PC        |

The interface also shows a vertical scale on the right side with the following values:

- placas: 100
- can.denun: 85
- denunc: 70
- plan.emerg: 35
- plan.cont: 0

O próximo critério analisado foi “Adequação da empresa na bacia”, definido como qualitativo e com os seguintes parâmetros de acordo com cada empreendimento: mínimo “Não adequado”; seguido de “Adequação mínima”; “Bem adequado” e “Muito bem adequado” as exigências.

Figura 9 - Parâmetros e função do critério Adequação da empresa na bacia.

The screenshot displays the configuration for the 'Adequação de empresas na bacia' criterion. It includes a comparison matrix, a scale, and a vertical scale.

**Comparison Matrix:**

|       | multo | bom   | min      | nãoad    | Escala atual |
|-------|-------|-------|----------|----------|--------------|
| multo | nula  | fraca | forte    | extrema  | 100.00       |
| bom   |       | nula  | frac-mod | extrema  | 77.78        |
| min   |       |       | nula     | moderada | 44.44        |
| nãoad |       |       |          | nula     | 0.00         |

**Scale:**

|           |
|-----------|
| extrema   |
| mt. forte |
| forte     |
| moderada  |
| fraca     |
| mt. fraca |
| nula      |

**Vertical Scale Values:**

- multo: 100.00
- bom: 77.78
- min: 44.44
- nãoad: 0.00

**Properties Dialog (ADEQUAÇÃO DE EMPRESAS NA BACIA):**

Nome: ADEQUAÇÃO DE EMPRESAS NA BACIA | Nome abreviado: AEB

Base de comparação:  níveis qualitativos de performance

critério

**Níveis de performance:**

| - + | Nível qualitativo  | Abreviado |
|-----|--------------------|-----------|
| 1   | MUITO BEM ADEQUADO | MBA       |
| 2   | BEM ADEQUADO       | BA        |
| 3   | ADEQUAÇÃO MÍNIMA   | AM        |
| 4   | NÃO ADEQUADO       | NA        |

O critério “Realocação do empreendimento”, também qualitativo e de parâmetros: mínimo “Permanece” e “Realoca” conforme cada estabelecimento esteja de acordo ou não com exigências normativas.

Figura 10 - Parâmetros e função do critério Realocação do empreendimento.

The image shows a software interface for 'Realocação do empreendimento' (Reallocation of the business). It consists of several windows and a main display area.

**Comparison Matrix (Judgments consistent):**

|           |         |           |              |
|-----------|---------|-----------|--------------|
|           | Realoca | Permanece | Escala atual |
| Realoca   | nula    | extrema   | 100          |
| Permanece |         | nula      | 0            |

**Scale (Escala atual):**

- extrema
- mt. forte
- forte
- moderada
- fraca
- mt. fraca
- nula

**Properties of REALOCAÇÃO DO EMPREENDIMENTO:**

Nome: REALOCAÇÃO DO EMPREENDIMENTO | Nome abreviado: RE

Comentários:

Base de comparação:

- as opções
- as opções + 2 referências
- níveis qualitativos de performance
- níveis quantitativos de performance

critério

**Níveis de performance:**

| - + | Nível qualitativo | Abreviado |
|-----|-------------------|-----------|
| 1   | REALOCA           | R         |
| 2   | PERMANECE         | P         |

The main display area shows a vertical scale with two points: 'Realoca' at 100 and 'Permanece' at 0.

Para “Educação Ambiental”, critério qualitativo: o mínimo é foi estabelecido para educação ambiental nas “Escolas”; “+ Campanhas públicas” que enfatizem a importâncias de preservar a bacia e parâmetro máximo “+ Denúncia”.

Figura 11 - Parâmetros e função do critério Educação ambiental.

The screenshot displays the configuration for the 'Educação Ambiental' criterion. It includes a comparison matrix, a scale, and a vertical bar chart showing the relative weights of the parameters.

**Comparison Matrix:**

|           | denuncias | campanha  | escola  | Escala atual |
|-----------|-----------|-----------|---------|--------------|
| denuncias | nula      | mt. forte | extrema | 100.00       |
| campanha  |           | nula      | forte   | 44.44        |
| escola    |           |           | nula    | 0.00         |

**Scale:**

|           |
|-----------|
| extrema   |
| mt. forte |
| forte     |
| moderada  |
| fraca     |
| mt. fraca |
| nula      |

**Vertical Bar Chart:**

- denuncias: 100.00
- campanha: 44.44
- escola: 0.00

**Properties Panel (Propriedades de EDUCAÇÃO AMBIENTAL):**

- Nome: EDUCAÇÃO AMBIENTAL
- Nome abreviado: EA
- Comentários: (empty)
- Base de comparação:
  - as opções
  - as opções + 2 referências
  - níveis qualitativos de performance
  - níveis quantitativos de performance
- Níveis de performance:
 

| - | + | Nível qualitativo   | Abreviado |
|---|---|---------------------|-----------|
| 1 |   | +DENÚNCIAS          | D         |
| 2 |   | +CAMPANHAS PÚBLICAS | CP        |
| 3 |   | ESCOLA              | E         |

O “Incômodo à população pelo impacto ambiental”, critério qualitativo com parâmetros: mínimo é o empreendimento possuir meios para minimizar os impactos “Adoção de medidas mitigadoras” e “+ Adoção de medidas mitigadoras por impacto” com meios específicos para cada impacto.

Figura 12 - Parâmetros e função do critério Incômodo à população pelo impacto ambiental.

The screenshot displays a software interface for configuring environmental impact criteria. It features several panels and a main configuration area.

**Top Panel: Incômodo à população pelo impacto ambiental**

|                   |                   |           |              |           |
|-------------------|-------------------|-----------|--------------|-----------|
|                   | adoç. por impacto | med.mitig | Escala atual | extrema   |
| adoç. por impacto | nula              | extrema   | 100          | mt. forte |
| med.mitig         |                   | nula      | 0            | forte     |
|                   |                   |           |              | moderada  |
|                   |                   |           |              | fraca     |
|                   |                   |           |              | mt. fraca |
|                   |                   |           |              | nula      |

**Panel: Incômodo à população pelo impacto ambiental**

Nome: INCÔMODO À POPULAÇÃO PELO IMPACTO AMBIENTAL  
 Nome abreviado: JPIA

Comentários:

Bases de comparação:

- as opções
- as opções + 2 referências
- níveis qualitativos de performance:
- níveis quantitativos de performance:

Níveis de performance:

| - + | Nível qualitativo                           | Abreviado |
|-----|---|-----------|
| 1   | • ADOÇÃO DE MEDIDAS MITIGADORAS POR IMPACTO | AMMI      |
| 2   | ADOÇÃO DE MEDIDAS MITIGADORAS               | AMM       |

**Main Configuration Area:**

- adoç. por impacto: 100
- med.mitig: 0

O critério “Desvalorização do imóvel pelo impacto ambiental” de acordo com a distância que o imóvel fica do empreendimento que causa danos ao ambiente, causando assim sua desvalorização e podendo receber por essa depreciação do imóvel. Critério identificado como qualitativo com parâmetros: mínimo de 100m, 100 a 300m, 300 a 500m e +500m.



Figura 13 - Parâmetros e função do critério Desvalorização do imóvel.

**Desvalorização do imóvel pelo impacto ambiental**

|         | +500m | 300a500 | 100a300   | 100m      | Escala atual |           |
|---------|-------|---------|-----------|-----------|--------------|-----------|
| +500m   | nula  | forte   | mt. forte | extrema   | 100.00       | extrema   |
| 300a500 |       | nula    | forte     | mt. forte | 69.23        | mt. forte |
| 100a300 |       |         | nula      | mt. forte | 38.46        | forte     |
| 100m    |       |         |           | nula      | 0.00         | moderada  |
|         |       |         |           |           |              | fraca     |
|         |       |         |           |           |              | mt. fraca |
|         |       |         |           |           |              | nula      |

**Julgamentos consistentes**

**Propriedades de DESVALORIZAÇÃO DO IMÓVEL PELO IMPACTO AMBIENTAL**

Nome: DESVALORIZAÇÃO DO IMÓVEL PELO IMPACTO AMBIENTAL      Nome abreviado: DIPIA

Comentários:

Base de comparação:

as opções

as opções + 2 referências

níveis qualitativos de performance:  critério

níveis quantitativos de performance:

Níveis de performance:

| - | + | Nível qualitativo | Abreviado |
|---|---|-------------------|-----------|
| 1 |   | ACIMA DE 500M     | +500M     |
| 2 |   | 300 A 500M        | 300A500M  |
| 3 |   | 100 A 300M        | 100A300M  |
| 4 |   | ATÉ 100M          | 100M      |

A “Agricultura familiar” critério qualitativo, com parâmetros que incentivam a conservação e preservação da bacia através de práticas sustentáveis: “Saneamento rural e preservação de nascentes”; “+ Mata ciliar”; “Uso racional de agrotóxicos”; “+ Técnicas agrícolas de conservação”; “+Selo verde”; “+Produção orgânica”.

Figura 14 - Parâmetros e função do critério Agricultura familiar.

The screenshot displays the 'Agricultura Familiar' software interface, which is used for defining and evaluating criteria. It is divided into several sections:

- Comparison Matrix (Agricultura Familiar):** A table comparing seven criteria: organ, selo, tec.conse, uso.ago, mat.cil, sanea.nasc, and Escala.abst. The matrix shows qualitative levels like 'extrema', 'forte', and 'moderada' for comparisons between criteria.
- Properties Panel (Propriedades de AGRICULTURA FAMILIAR):** Contains fields for 'Nome' (AGRICULTURA FAMILIAR) and 'Nome abreviado' (AF). It also includes a 'Comentários' field and a 'Base de comparação' section with radio buttons for 'as opções', 'as opções + 2 referências', 'níveis qualitativos de performance' (selected), and 'níveis quantitativos de performance'. A 'critério' checkbox is also present.
- Performance Levels Table:** A table listing six qualitative levels with their corresponding abbreviations:
 

| Nível | Nível qualitativo                           | Abreviado |
|-------|---|-----------|
| 1     | +PRODUÇÃO ORGÂNICA                          | PO        |
| 2     | +SELO VERDE                                 | SV        |
| 3     | +TÉCNICAS AGRÍCOLAS DE CONSERVAÇÃO          | TAC       |
| 4     | +USO RACIONAL DE AGROTÓXICOS                | URA       |
| 5     | +MATA CILIAR                                | MC        |
| 6     | SANEAMENTO RURAL E PRESERVAÇÃO DE NASCENTES | SRPN      |
- Vertical Scale:** A vertical axis on the right side of the interface shows the weight assigned to each criterion: organ (100), selo (85), tec.conse (70), uso.ago (50), mat.cil (15), and sanea.nasc (0).

O último critério analisado foi o “Turismo para geração de empregos na bacia” definido como qualitativo. Esse critério tem por objetivo além da geração empregos é promover conscientização e preservação da bacia a partir dos seguintes parâmetros: mínimo de “Rotas turísticas”; “+ Novos empreendimentos” que venham gerar emprego, mas que estejam de acordo com a legislação; “+ Manutenção dos parques” e máximo “+ Feiras e eventos” que venham contribuir para o desenvolvimento na bacia.

Figura 15 - Parâmetros e função do critério Turismo para geração de empregos na bacia.

The screenshot displays a software interface for defining criteria. It consists of three main panels:

- Comparison Matrix (Top Left):** A table comparing four criteria: feiras, manut.parq, empr, and rota. The diagonal is 'nula'. The values for 'feiras' are: mod-fort (75.00), fort-mfort (33.33), mfort-extr (100.00). The values for 'manut.parq' are: nula, mt. forte (75.00), extrema (100.00). The values for 'empr' are: nula, forte (33.33), nula. The values for 'rota' are: nula, nula, nula, nula.
- Performance Levels (Bottom Left):** A table with 4 levels:
 

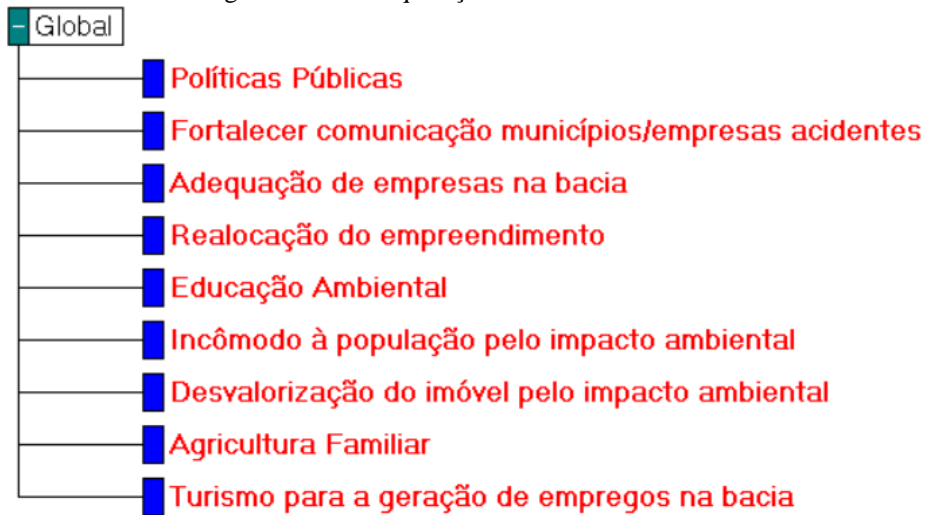
| Nível | Nível qualitativo      | Abreviado |
|-------|------------------------|-----------|
| 1     | •FEIRAS E EVENTOS      | FE        |
| 2     | •MANUTENÇÃO DE PARQUES | MP        |
| 3     | •NOVOS EMPREENDIMENTOS | NE        |
| 4     | •ROTAS TURÍSTICAS      | RT        |
- Vertical Scale (Right):** A vertical line with four points corresponding to the criteria, each with a value: feiras (100.00), manut.parq (75.00), empr (33.33), and rota (0.00).

Após essa segunda hierarquização e definição dos parâmetros de cada critério, agora consolidados, pôde-se dar início a matriz de julgamentos de valor, na qual os critérios são comparados aos pares, estabelecendo escalas de preferência, permitindo assim quantificar o desempenho dos critérios em análise. No entanto, no decorrer do processo ocorreu “Inconsistência de julgamento”, pois a hierarquia dos critérios ainda estava inadequada. Portanto, nova hierarquização dos critérios teve que ser feita.

A hierarquização dos critérios foi refeita, ficando assim determinada: 1. Políticas públicas - PP; 2. Fortalecer comunicação municípios/empresas em caso de acidentes – FCM/EA; 3. Adequação de empresas na bacia - AEB; 4. Realocação do empreendimento - RE; 5. Educação ambiental - EA; 6. Incômodo à população pelo impacto ambiental; 7.

Desvalorização do imóvel pelo impacto ambiental; 8. Agricultura familiar; 9. Turismo para a geração de empregos na bacia, apresentados na Figura 16

Figura 16 - Hierarquização dos critérios definidos.



Na Figura 17 é apresentada a matriz de julgamentos de valor dos critérios definidos construída com a participação dos presentes no terceiro e último dia de conferência; ela está devidamente completa e com julgamentos consistentes de acordo com a abordagem MACBETH.

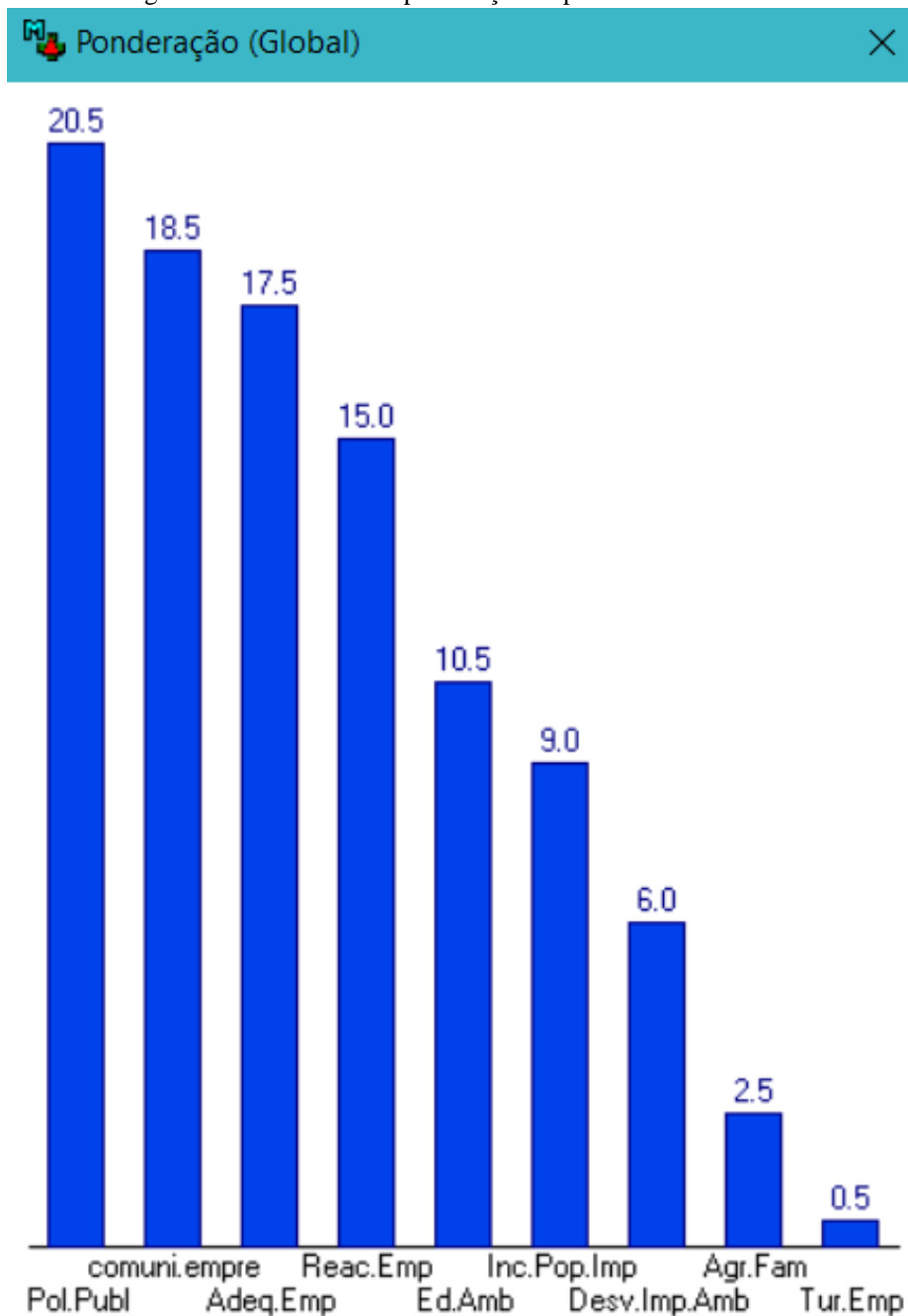
Figura 17 - Matriz de julgamento de valor dos critérios definidos de acordo com suas atratividade e relevância, usando a escala semântica, no terceiro dia de conferência.

| Ponderação (Global) |              |                  |              |              |            |                 |                  |             |             |               |              |           |
|---------------------|--------------|------------------|--------------|--------------|------------|-----------------|------------------|-------------|-------------|---------------|--------------|-----------|
|                     | [ Pol.Publ ] | [ comuni.empre ] | [ Adeq.Emp ] | [ Reac.Emp ] | [ Ed.Amb ] | [ Inc.Pop.Imp ] | [ Desv.Imp.Amb ] | [ Agr.Fam ] | [ Tur.Emp ] | [ tudo inf. ] | Escala atual |           |
| [ Pol.Publ ]        | nula         | frac-mod         | moderada     | mod-fort     | forte      | forte           | forte            | mt. forte   | mt. forte   | positiva      | 20.5         | extrema   |
| [ comuni.empre ]    |              | nula             | frac-mod     | moderada     | moderada   | forte           | forte            | mt. forte   | mt. forte   | positiva      | 18.5         | mt. forte |
| [ Adeq.Emp ]        |              |                  | nula         | fraca        | moderada   | fort-mlfort     | fort-mlfort      | mlfort-extr | mlfort-extr | positiva      | 17.5         | forte     |
| [ Reac.Emp ]        |              |                  |              | nula         | moderada   | frac-fort       | forte            | forte       | forte       | positiva      | 15.0         | moderada  |
| [ Ed.Amb ]          |              |                  |              |              | nula       | frac-mod        | frac-mod         | frac-mod    | mod-fort    | positiva      | 10.5         | fraca     |
| [ Inc.Pop.Imp ]     |              |                  |              |              |            | nula            | moderada         | moderada    | forte       | positiva      | 9.0          | mt. fraca |
| [ Desv.Imp.Amb ]    |              |                  |              |              |            |                 | nula             | frac-mod    | moderada    | positiva      | 6.0          | nula      |
| [ Agr.Fam ]         |              |                  |              |              |            |                 |                  | nula        | fraca       | positiva      | 2.5          |           |
| [ Tur.Emp ]         |              |                  |              |              |            |                 |                  |             | nula        | positiva      | 0.5          |           |
| [ tudo inf. ]       |              |                  |              |              |            |                 |                  |             |             | nula          | 0.0          |           |

**Julgamentos consistentes**

Com a matriz de julgamentos concluída, foi gerada a ponderação dos pesos de cada critério, apresentada na Figura 18.

Figura 18 - Gráfico com a ponderação de pesos de cada critério.



No Quadro 7 é apresentado cada critério definido como indicador de sustentabilidade com seu respectivo peso para se alcançar o objetivo “Desenvolver a Sustentabilidade na Bacia Hidrográfica do Pirapó”, estabelecidos na Conferência de Gestão Participativa.

Quadro 8 - Indicadores de sustentabilidade da Bacia do Pirapó com seus respectivos pesos.

| <b>Critério</b>                                       | <b>Peso</b> |
|---|-------------|
| Políticas públicas                                    | 20,5        |
| Fortalecer comunicação municípios/ empresas acidentes | 18,5        |
| Adequação de empresas na bacia                        | 17,5        |
| Realocação do empreendimento                          | 15,0        |
| Educação ambiental                                    | 10,5        |
| Incômodo à população pelo impacto ambiental           | 9,5         |
| Desvalorização do imóvel pelo impacto ambiental       | 6,0         |
| Agricultura familiar                                  | 2,5         |
| Turismo para a geração de empregos na bacia           | 0,5         |

Ao analisar a ponderação obtida por cada critério, observa-se que os quatro primeiros possuem os maiores pesos com pequena variação de no máximo 2,5 pontos entre eles, fazendo com que sejam considerados mais significativos e importantes para a sustentabilidade da bacia hidrográfica do Pirapó em Apucarana.

Desde o início da conferência as “Políticas Públicas” foram abordadas nas discussões como primordiais para garantir a conservação e preservação da bacia, por ser tão expressiva se tornou critério independente da Educação Ambiental, pois a partir da legislação vigente e os parâmetros de avaliação propostos (fiscalização, incentivos fiscais e selo verde) tem-se como assegurar que as atividades desenvolvidas na área da bacia promovam sustentabilidade.

O critério “Fortalecer a comunicação municípios/empresas em caso de acidente” foi bem pontuado nas falas dos participantes, não só pelas atividades que são desenvolvidas dentro da bacia, mas também, pelas rodovias e linha férrea que passam por ela. Os participantes alegaram que a melhoria na comunicação entre as entidades faria com que medidas de emergência fossem tomadas e impactos ambientais fossem evitados ou minimizados.

Os critérios “Adequação de empresas na bacia” e “Realocação do empreendimento” são indicativos da vontade dos participantes de promover a conservação do manancial, inclusive com a recomendação de incentivos fiscais para que as empresas existentes sejam realocadas em outras áreas.

A Educação ambiental, mesmo não apresentando peso expressivo entre os quatro primeiros, é essencial para sensibilização da sociedade quanto a importância de conservar o manancial. É uma medida de longo prazo e que deve ser contínua para que seus resultados sejam alcançados.

Os critérios “Incômodo à população pelo impacto ambiental” e “Desvalorização do imóvel pelo impacto ambiental” não deixam de ser importantes porque atingem diretamente a população que hoje ocupa a área de manancial, gerando impacto social e econômico.

O critério “Agricultura familiar” é importante porque engloba técnicas de conservação do solo, primordiais para garantir que se minimize a erosão e o assoreamento do manancial, assim como que se minimize a aplicação de agrotóxicos.

E, por fim, o critério “Turismo para geração de empregos na bacia” pode ser usado como um fator de conservação do recurso natural com geração de emprego e renda, o que promoveria sustentabilidade econômica, social e ambiental na bacia hidrográfica.

c) Fase de recomendações

É recomendado aos participantes da Conferência de Gestão Participativa que continuem ativos, contribuindo e fiscalizando a aplicação dos critérios definidos como indicadores para garantir a sustentabilidade do manancial de captação de água na bacia hidrográfica do Rio Pirapó, que as decisões tomadas sejam aplicadas pelos órgãos competentes e através da revisão e instituição do novo Plano Diretor do município com as devidas alterações feitas que venham auxiliar na segurança do manancial de água e por fim que o resultado forneça subsídios para a continuidade das discussões em outras oportunidades, o que é fortemente recomendado.

Vale ressaltar que uma das finalidades do estudo é a aplicação de um modelo de avaliação de múltiplos critérios que possa auxiliar no alcance do objetivo proposto no estudo. Nesse sentido não é obter uma solução ótima, mas sim, uma solução de maior comprometimento. Por definição, recomenda, mas não faz a escolha. A principal preocupação é tomar a decisão final com indicadores de sustentabilidade selecionados para a área de manancial de captação de acordo com as preferências dos atores, tomadores de decisão que participarem da conferência (FARIA et al., 2018; CARAYANNIS et al., 2018).





## 6 CONCLUSÕES

A Conferência de Gestão Participativa parte do princípio que os participantes devem refletir, construir e definir qual é o objetivo/problema a ser resolvido e que critérios auxiliem em sua resolução, de forma descentralizada, na qual todos contribuem com suas ideias e conhecimento. Isto foi claramente atingido nesse trabalho, pois os participantes atuaram ativamente, demonstrando bastante interesse na solução de problemas e pôde-se perceber que na plateia encontravam-se líderes da comunidade, usuários de água e atores de órgãos públicos, fazendo com que o resultado abrangesse diferentes interesses.

A metodologia propôs a utilização de duas ferramentas em conjunto para auxiliar o processo de tomada de decisão. O mapeamento cognitivo teve por finalidade estruturar o problema de forma visual expondo o objetivo e as diferentes opiniões dos participantes da conferência, possibilitando as discussões de cada ponto de vista, extraíndo assim as informações das variáveis necessárias para o delineamento e construção do meio a se atingir o rótulo. Com os candidatos a critérios apresentados no mapa cognitivo, foi possível eleger os critérios que expressavam a subjetividade de cada ponto de vista dos participantes e foi aplicado o método multicritério MACBETH a partir de seu programa computacional M-MACBETH.

Acredita-se que os critérios definidos e consolidados pelos participantes da conferência a partir dos diferentes interesses e opiniões descrevem a solução de maior comprometimento para esses atores.

Como limitação, pode-se destacar que os resultados da aplicação de métodos MCDA são válidos para aquele momento de definição e com aqueles atores específicos. Ou seja, é importante ressaltar que os resultados não são válidos para ser simplesmente aplicados em outras localidades, pois apresentam particularidades do local em contexto com suas atuais características e representam os interesses, visão e conhecimento dos atores participantes; no entanto, podem ser utilizados como referência e comparação de resultados para o estudo de indicadores de sustentabilidade em áreas de mananciais, ainda que em outras realidades.

A aplicação em conjunto do mapa cognitivo com a metodologia multicritério de apoio a decisão com a ferramenta MACBETH foi eficaz para identificar indicadores de sustentabilidade para a bacia hidrográfica do rio Pirapó, onde está inserido o manancial de captação de água potável para abastecimento da cidade, resultando assim, em um processo decisório participativo transparente e eficaz, com resultados de maior comprometimento entre

as partes para alcançar o objetivo proposto nesse estudo que apresentou diversos interesses e posicionamentos.

Essa metodologia pode ser replicada em todos os municípios que demonstrem interesse na segurança hídrica de seus mananciais, em um esforço conjunto para mobilização da sociedade, com resultados promissores, que podem auxiliar nas políticas públicas municipais. No caso de Apucarana, esses resultados podem ser incorporados no Plano Diretor que está sendo reformulado.

Outros estudos podem ser desenvolvidos na área em estudo tanto para monitorar a implantação dos indicadores estabelecidos quanto para ampliar a discussão com mais atores e partes interessadas, para realizar sua atualização de acordo com as condições do local (que são mutáveis ao longo do tempo) e de acordo com interesses futuros.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil/ The evaluation of water resources management in Brazil. Brasília, ANA, 2002.
- ANANDA, J.; HERATH, G. A critical review of multi-criteria decision making methods with special reference to forest management and planning. **Ecological Economics**, v. 68, n. 10, p. 2535–2548, 15 ago. 2009.
- BANA E COSTA, C. A.; VINCKE, P. Multiple Criteria Decision Aid: An Overview. In: BANA E COSTA, C. A. (Ed.). **Readings in Multiple Criteria Decision Aid**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1990. p. 3–14.
- BANA E COSTA, C. A.; VANSNICK, J.-C. MACBETH - An Interactive Path Towards the Construction of Cardinal Value Functions. **International Transactions in Operational Research**, v. 1, n. 4, p. 489–500, 1 out. 1994.
- BANA E COSTA, C. A.; VANSNICK, J.-C. Applications of the MACBETH Approach in the Framework of an Additive Aggregation Model. **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, v. 6, n. 2, p. 107–114, 1 mar. 1997.
- BANA E COSTA, C. A.; CHAGAS, M. P. A career choice problem: An example of how to use MACBETH to build a quantitative value model based on qualitative value judgments. **European Journal of Operational Research**, Management of the Future MCDA: Dynamic and Ethical Contributions. v. 153, n. 2, p. 323–331, 1 mar. 2004.
- BANA E COSTA, C. A.; DE CORTE, J.-M.; VANSNICK, J.-C. Macbeth. **International Journal of Information Technology & Decision Making**, v. 11, n. 02, p. 359–387, 1 mar. 2012.
- BASCO-CARRERA, L. et al. Collaborative modelling or participatory modelling? A framework for water resources management. **Environmental Modelling & Software**, v. 91, p. 95–110, 1 mai. 2017.
- BISWAS, A. K. Integrated Water Resources Management: Is It Working? **International Journal of Water Resources Development**, v. 24, n. 1, p. 5–22, 1 mar. 2008.
- BOULOMYTIS, V. T. G.; ZUFFO, A. C.; IMTEAZ, M. A. Hydrological impacts of urban developments: modelling and decision-making concepts. **Theoretical and Empirical Researches in Urban Management**, v. 12, n. 4, p. 5–19, 2017.

BRASIL. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Código de Águas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 7 out. 1934.

BRASIL. Constituição da república federativa do Brasil de 1988. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 5 out. 1988.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 9 jan. 11 abr. 1997.

CANADA, C. B. DOS S.; MARIOTTONI, C. A. Analysis of multicriteria in the practice of environmental services in areas of watersheds. **Journal of Sustainable Forestry**, v. 35, n. 7, p. 500–514, 2 out. 2016.

CARAYANNIS, E. G. et al. Developing a socio-technical evaluation index for tourist destination competitiveness using cognitive mapping and MCDA. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 131, p. 147–158, 1 jun. 2018.

CARVALHO, J. R. M. DE et al. Análise da sustentabilidade hidroambiental de municípios da região da sub-bacia do alto piranhas, PB. **HOLOS**, v. 6, n. 31, p. 13–31, 11 dez. 2015.

CARVALHO, J. R. M. DE; CURI, W. F. Sistema de indicadores para a gestão de recursos hídricos em municípios: uma abordagem através dos métodos multicritério e multidecisor. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 12, n. 2, 25 jun. 2016.

DARÉ, W. et al. Problemshed or Watershed? Participatory Modeling towards IWRM in North Ghana. **Water**, v. 10, n. 6, p. 721, jun. 2018.

DEMESOUKA O. E.; VAVATSIKOS A. P.; ANAGNOSTOPOULOS K. P. Using MACBETH Multicriteria Technique for GIS-Based Landfill Suitability Analysis. **Journal of Environmental Engineering**, v. 142, n. 10, p. 04016042, 1 out. 2016.

DIAZ-BALTEIRO, L. et al. Measuring the sustainability of a natural system by using multi-criteria distance function methods: Some critical issues. **Journal of Environmental Management**, v. 214, p. 197–203, 15 maio 2018.

EDEN, C.; ACKERMANN, F. Cognitive mapping expert views for policy analysis in the public sector. **European Journal of Operational Research**, Applications of Soft O.R. Methods. v. 152, n. 3, p. 615–630, 1 fev. 2004.

ENGLE, N. et al. Integrated and Adaptive Management of Water Resources: Tensions, Legacies, and the Next Best Thing. **Ecology and Society**, v. 16, n. 1, 15 fev. 2011.

FABBRO NETO, F. et al. Leitura integrada da gestão dos recursos hídricos com o uso do solo em Caraguatatuba (SP). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 5, p. 853–862, out. 2017.

FANTINATTI, P. A. P.; ZUFFO, A. C. Mudança de paradigma no planejamento dos recursos hídricos por meio da abordagem MCDA: avaliação da bacia do ribeirão Anhumas, em Campinas [São Paulo], Brasil. **Labor & Engenho**, Campinas, Brasil v.6, n.3, p.01- 19. 2012.

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

FARIA, P. A. M. et al. Combining cognitive mapping and MCDA for improving quality of life in urban areas. **Cities**, v. 78, p. 116–127, 1 ago. 2018.

FERNANDES, I. D. S. et al. Assessing sustainable development in urban areas using cognitive mapping and MCDA. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v. 25, n. 3, p. 216–226, 3 abr. 2018.

FERREIRA, F. A. F.; JALALI, M. S.; FERREIRA, J. J. M. Integrating qualitative comparative analysis (QCA) and fuzzy cognitive maps (FCM) to enhance the selection of independent variables. **Journal of Business Research**, Set-Theoretic research in business. v. 69, n. 4, p. 1471–1478, 1 abr. 2016.

FERREIRA, F. A. F.; SPAHR, R. W.; SUNDERMAN, M. A. Using multiple criteria decision analysis (MCDA) to assist in estimating residential housing values. **International Journal of Strategic Property Management**, v. 20, n. 4, p. 354–370, 1 out. 2016.

FILIFE, M. N. M.; FERREIRA, F. A. F.; SANTOS, S. P. A multiple criteria information system for pedagogical evaluation and professional development of teachers. **Journal of the Operational Research Society**, v. 66, n. 11, p. 1769–1782, 1 nov. 2015.

FILHO, J. L. E S.; FONTANA, M. E.; MORAIS, D. C. **Strategic Options Development and Analysis to identify criteria to evaluate segmentation problems of a water distribution network**. **Anais...** In 2014 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC) San Diego, CA, 5-8 out. 2014

FLORES, K. M. O reconhecimento da água como direito fundamental. **Revista da Faculdade de Direito da UERJ**, v. 0, n. 19, 16 jun. 2011.

GOVINDAN, K.; KHODAVERDI, R.; JAFARIAN, A. A fuzzy multi criteria approach for measuring sustainability performance of a supplier based on triple bottom line approach. **Journal of Cleaner Production**, Cleaner Production: initiatives and challenges for a sustainable world. v. 47, p. 345–354, 1 mai. 2013.

GUIMARÃES, L. T.; MAGRINI, A. A Proposal of Indicators for Sustainable Development in the Management of River Basins. **Water Resources Management**, v. 22, n. 9, p. 1191–1202, 1 set. 2008.

HARFUCH, C. A. C. et al. Qualidade da água no trecho superior da bacia do rio Pirapó: um rio urbano no sul do Brasil. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 8, n. 2, p. 513–538, 28 jun. 2019.

IVEY, J. L.; DE LOË, R. C.; KREUTZWISER, R. D. Planning for source water protection in Ontario. **Applied Geography**, v. 26, n. 3, p. 192–209, 1 out. 2006.

JARDIM, J. et al. Airports' Operational Performance and Efficiency Evaluation Based on Multicriteria Decision Analysis (MCDA) and Data Envelopment Analysis (DEA) Tools. **Journal of Spatial and Organizational Dynamics**, v. 3, n. 4, p. 296–310, 15 dez. 2015.

KUSTERKO, S. et al. Gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água: uma abordagem construtivista. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 23, n. 3, p. 615–626, jun.

LACERDA, C.S.; CÂNDIDO, G.A. Modelos de indicadores de sustentabilidade para gestão de recursos hídricos. In: LIRA, W.S.; CÂNDIDO, G.A. Campina Grande: EDUEPB, 2013, p.13-30.

LABREUCHE, C.; MAYAG, B.; DUQUEROIE, B. Extension of the MACBETH approach to elicit an ordered weighted average operator. **EURO Journal on Decision Processes**, v. 3, n. 1, p. 65–105, 1 jun. 2015.

LAVOIE, R.; JOERIN, F.; RODRIGUEZ, M. ATES: a geo-informatics decision aid tool for the integration of groundwater into land planning. **Journal of Hydroinformatics**, v. 17, n. 5, p. 771–788, 1 set. 2015.

MALHEIROS, T.F.; COUTINHO, S.M.V.; PHILIPPI JR., A. Indicadores de sustentabilidade: uma abordagem conceitual. In: PHILIPPI JR, A.; MALHEIROS, T.F. (Ed). **Indicadores de sustentabilidade e gestão ambiental**. Barueri, SP: Manole, 2012. p.31-76

MACHADO, E. P.; GOMES, L.F.A.M.; CHAUVEL, M.A. Avaliação de estratégias em marketing de serviços: um enfoque multicritério. **Revista de administração Mackenzie**, v. 4, n.2, p. 61 – 85, 2003.

MARTTUNEN, M.; LIENERT, J.; BELTON, V. Structuring problems for Multi-Criteria Decision Analysis in practice: a literature review of method combinations. **European Journal of Operational Research**, v. 263, n. 1, p. 1–17, 16 nov. 2017.

MOURA, L. V. G. Gestão participativa de recursos hídricos: sociedade civil e governança. **Anais...In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Bento Gonçalves, RS, 2013. Brasil, ABRH, 2013.

NEL, J. L. et al. Strategic water source areas for urban water security: Making the connection between protecting ecosystems and benefiting from their services. **Ecosystem Services**, Protected area services. v. 28, p. 251–259, 1 dez. 2017.

NOURI, J.; MAGHSOUDLOU, B.; ABOUSHAHAB, Z. Utilization multi attribute decision making models for spatial prioritization and environmental decision making in new towns. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 10, n. 3, p. 443–454, 1 maio 2013.

OPRICOVIC, S. Fuzzy VIKOR with an application to water resources planning. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 10, p. 12983–12990, set. 2011.

OSTANELLO, A. **Complexity Issues and New Trends in Multiple Criteria Decision Aid**. (J. Clímaco, Ed.) Multicriteria Analysis. **Anais...Berlin, Heidelberg: Springer**, 1997

PEREIRA, T.; DIAS, E.; FONTES, D.B.M.M. A MCDA model for olive oil supplier selection using MACBETH. **International Journal for Quality Research**, v.13, n. 4, p. 849-862, 5 set. 2019.

PEREIRA, V. I. G.; FERREIRA, F. A. F.; CHANG, H.-C. A constructivist multiple criteria framework for mortgage risk analysis. **Information Systems and Operational Research**, v.57, n. 3, p. 361-378, 5 jun. 2017.

RABELO; LIMA, 2012. Indicadores de sustentabilidade em cultivos de algas vermelhas. In: PHILIPPI JR, A.; MALHEIROS, T.F. (Ed). **Indicadores de sustentabilidade e gestão ambiental**. Barueri, SP: Manole, 2012. p.401-444.



RIGON, O.; PASSOS, M. M. DOS. Estudo Fisiográfico da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó-PR. **GEOGRAFIA (Londrina)**, v. 23, n. 1, p. 35–56, 21 maio 2015.

RODRIGUEZ, D. S. S.; COSTA, H. G.; CARMO, L. F. R. R. S. DO. Métodos de auxílio multicritério à decisão aplicados a problemas de PCP: mapeamento da produção em periódicos publicados no Brasil. **Gestão & Produção**, v. 20, n. 1, p. 134–146, mar. 2013.

ROUHOLAHNEJAD, E. et al. Water resources of the Black Sea Basin at high spatial and temporal resolution. **Water Resources Research**, v. 50, n. 7, p. 5866–5885, 1 jul. 2014.

ROY, B. Decision-aid and decision-making. **European Journal of Operational Research**, OR for Engineers Expert Systems and Decision-Aid. v. 45, n. 2, p. 324–331, 13 abr. 1990.

SANAYEI, A.; FARID MOUSAVI, S.; YAZDANKHAH, A. Group decision making process for supplier selection with VIKOR under fuzzy environment. **Expert Systems with Applications**, v. 37, n. 1, p. 24–30, 1 jan. 2010.

SELLER, E.P. La Mediacion como servicio publico de la administracion local en las sociedades relacionales contemporaneas. **Revista Brasileira de Gestao e Desenvolvimento Regional**. v.10, n.1, p.3- 27, fev. 2014.

SCHNEIDER, R. M. et al. Estudo da influência do uso e ocupação de solo na qualidade da água de dois córregos da Bacia hidrográfica do rio Pirapó. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 33, n. 3, p. 295–303, 25 jul. 2011.

SILVA, G. H. S. DA; LIMA, V. Análise e mapeamento da vegetação da bacia hidrográfica do rio Pirapó. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 6856–6867, 2017.

SJÖSTRAND, K. et al. Sustainability assessments of regional water supply interventions – Combining cost-benefit and multi-criteria decision analyses. **Journal of Environmental Management**, v. 225, p. 313–324, 1 nov. 2018.

SOLTANI, A. et al. Multiple stakeholders in multi-criteria decision-making in the context of Municipal Solid Waste Management: A review. **Waste Management**, v. 35, p. 318–328, 1 jan. 2015.

TORRES, C.J.F. **Desenvolvimento metodológico para apoio à tomada de decisão sobre o programa de efetivação do enquadramento dos corpos d'água**. 2014. 176f. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia – UFBA, Salvador, 2014.

TSAUR, S.-H.; WANG, C.-H. The Evaluation of Sustainable Tourism Development by Analytic Hierarchy Process and Fuzzy Set Theory: An Empirical Study on the Green Island in Taiwan. **Asia Pacific Journal of Tourism Research**, v. 12, p. 127–145, 1 jun. 2007.

VAN CAUWENBERGH, N.; CIURÓ, A. B.; AHLERS, R. Participatory processes and support tools for planning in complex dynamic environments: a case study on web-GIS based participatory water resources planning in Almeria, Spain. **Ecology and Society**, v. 23, n. 2, 2018.

VEIGA, L. B. E; MAGRINI, A. The Brazilian Water Resources Management Policy: Fifteen Years of Success and Challenges. **Water Resources Management**, v. 27, n. 7, p. 2287–2302, 1 maio 2013.

WENG, S. Q.; HUANG, G. H.; LI, Y. P. An integrated scenario-based multi-criteria decision support system for water resources management and planning – A case study in the Haihe River Basin. **Expert Systems with Applications**, v. 37, n. 12, p. 8242–8254, 1 dez. 2010.

YU, H. Implementing water users' association in Shiyang River Basin, China: a review from local's perspective. **Environment, Development and Sustainability**, v. 20, n. 2, p. 809–824, 1 abr. 2018.

ZANGHELINI, G. M.; CHERUBINI, E.; SOARES, S. R. How Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) is aiding Life Cycle Assessment (LCA) in results interpretation. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p. 609–622, 20 jan. 2018.

ZUFFO, Antonio Carlos; ZUFFO, Monica Soares Resio. Gerenciamento de recursos hídricos: conceituação e contextualização. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016. 456 p.



ANEXO A – FOTOS DA CONFERÊNCIA DE GESTÃO PARTICIPATIVA



