

**AVALIAÇÃO DE ÁREAS AMBIENTAIS UMA ABORDAGEM
MULTICRITÉRIO UTILIZANDO INDICADORES ECOSISTÊMICOS**

AUTORES

Ailton Moises Xavier Fiorentin

Marcelo Rossi de Camargo Lima

Luciana Márcia Gonçalves

REALIZAÇÃO

RESUMO

A valoração ambiental por meio de serviços ecossistêmicos é uma abordagem que busca quantificar o valor dos serviços que a natureza oferece à sociedade. No entanto, a monetização desses serviços é uma das principais dificuldades no processo de avaliação ambiental, devido às complexidades em mensurar os benefícios e serviços fornecidos. Este trabalho tem como objetivo apresentar uma proposição metodológica para a valoração ambiental por meio do uso de indicadores ecossistêmicos, empregando o método multicritério para tomada de decisão. O artigo detalha os indicadores, a forma de obtê-los a partir de dados cartográficos, o cálculo para sua caracterização e a criação de coeficientes de importância ambiental a serem utilizados para a quantificação do "Valor Ambiental". Conclui-se que o método atingiu seu objetivo final na determinação dos coeficientes de importância ambiental para cada grau de importância identificado pelos indicadores ecossistêmicos, fornecendo uma base sólida para que o profissional da engenharia de avaliações possa tomar decisões de forma objetiva, imparcial e livre de interesses pessoais, minimizando o risco de viés no processo decisório e, assim, aumentando a precisão na valoração dos serviços ecossistêmicos prestados por áreas ambientais.

Palavras-chave: Valoração, Ambiental, Indicadores, Matriz, Multicritério.

ABSTRACT

Environmental valuation through ecosystem services is an approach that seeks to quantify the value of the services that nature provides to society. However, monetizing these services is one of the main difficulties in the environmental assessment process, due to the complexities involved in measuring the benefits and services provided. This paper aims to present a methodological proposal for environmental valuation using ecosystem indicators, employing the multicriteria method for decision-making. The article details the indicators, the way to obtain them from cartographic data, the calculation for their characterization, and the creation of coefficients of environmental importance to be used for quantifying the "Environmental Value". It is concluded that the method achieved its final objective in determining the coefficients of environmental importance for each level of importance identified by the ecosystem indicators, providing a solid foundation for the real estate appraiser to make objective, impartial, and interest-free decisions, minimizing the risk of bias in the decision-making process and, thus, increasing precision in the valuation of ecosystem services provided by environmental areas.

Keywords: Valuation, Environmental, Indicators, Matrix, Multicriteria.

1. INTRODUÇÃO

A valoração ambiental através de serviços ecossistêmicos é uma abordagem que busca quantificar o valor dos serviços que a natureza fornece à sociedade. Isso inclui os serviços de provisão, regulação, culturais e de suporte.

Os conceitos atribuídos a essa abordagem são que os serviços ecossistêmicos são frequentemente subestimados e negligenciados na composição do valor de um bem. Ao atribuir um valor monetário aos serviços ecossistêmicos, os profissionais da engenharia de avaliações podem compreender de forma clara a precificação dos custos e benefícios ambientais.

Entretanto, a monetização é uma das principais dificuldades na valoração ambiental, pelas dificuldades em mensurar os benefícios e serviços ecossistêmicos.

Para superar tais dificuldades, é necessário desenvolver métodos mais precisos e eficazes de medição e quantificação dos bens e serviços prestados, através de indicadores ecossistêmicos.

Neste íterim, a matriz de decisão é uma importante ferramenta capaz de subsidiar a quantificação dos indicadores ecossistêmicos, tendo como vantagem principal a consideração de múltiplos fatores na avaliação.

Os indicadores ecossistêmicos permitem qualificar o funcionamento do ambiente natural, enquanto a matriz de decisão possibilita a quantificação dos serviços prestados em termos sociais, econômicos e ambientais. Combinadas, essas abordagens permitem uma avaliação mais completa e integrada dos ecossistemas e dos serviços efetivamente prestados.

Além disso, permite a adaptação às características específicas, às necessidades e prioridades locais, bem como pode ser aplicado em diferentes contextos e regiões, permitindo uma avaliação mais precisa e adequada à realidade local.

O objetivo deste artigo é apresentar uma proposição metodológica para valoração ambiental com o uso de indicadores ecossistêmicos pelo método multicritério para tomada de decisão. O artigo especifica os indicadores, forma de obtê-los através de dados cartográficos, cálculo para sua caracterização e criação de coeficientes de importância ambiental a serem utilizados para quantificação do “Valor Ambiental”.

O método tem por finalidade contribuir para a promoção do desenvolvimento sustentável, proteção e preservação dos recursos naturais e de seus ecossistemas, ao permitir uma avaliação integrada dos aspectos econômicos, sociais e ambientais ofertadas pelas áreas ambientais.

2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1. Serviços ecossistêmicos prestados por áreas ambientais

As áreas ambientais são compostas por ecossistemas que abrigam uma grande diversidade de seres vivos e de recursos não-vivos, como a água e o solo. Conforme a Convenção de Diversidade Biológica (CDB), a biodiversidade pode ser explicada como a variabilidade de organismos vivos de todas as origens, compreendendo os ecossistemas terrestres, marinhos e aquáticos, bem como seus

respectivos complexos ecológicos dos quais fazem parte. Inclui ainda a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas (Monteiro, *et al.*, 2023).

A CDB caracteriza por definição um ecossistema como um complexo dinâmico de comunidades de plantas, animais e microrganismos e seu ambiente não-vivo, como o solo e a água, interagindo como uma unidade funcional. Os ecossistemas podem ser marinhos e terrestres, litorâneos ou interiores, modificados ou naturais, como os urbanos ou rurais. Eles também podem variar em escala: de local a global. Os recifes de coral, as florestas, as zonas úmidas e os mangues são alguns exemplos de ecossistemas (BRASIL, 2023a).

As relações entre os elementos de um ecossistema são chamadas de funções ecossistêmicas. São exemplos destas funções, a transferência de energia, a ciclagem de nutrientes, a regulação de gases, a regulação climática e do ciclo da água (WU *et al.*, 2023).

Tais funções geram serviços ecossistêmicos quando os processos naturais subjacentes a suas interações são capazes de fornecer uma série de benefícios direta ou indiretamente servidos pelo ser humano. O serviço ecossistêmico pode ser o produto entre duas ou mais funções, ou uma única função pode gerar mais do que um serviço ecossistêmico (FAN *et al.*, 2023).

As atividades humanas, como um todo, dependem dos recursos que estão no meio ambiente. Os serviços ecossistêmicos são benefícios fundamentais para a sociedade gerados pelos ecossistemas, em termos de melhoria, recuperação ou manutenção das condições ambientais, refletindo diretamente na qualidade de vida das pessoas (BRASIL, 2023a).

Conforme Brasil (2023b), os serviços ecossistêmicos, segundo a Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021, que institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais, podem ser classificados nas seguintes modalidades:

a) serviços de provisão: os que fornecem bens ou produtos ambientais utilizados pelo ser humano para consumo ou comercialização, tais como água, alimentos, madeira, fibras e extratos, entre outros;

b) serviços de suporte: os que mantêm a perenidade da vida na Terra, tais como a ciclagem de nutrientes, a decomposição de resíduos, a produção, a manutenção ou a renovação da fertilidade do solo, a polinização, a dispersão de sementes, o controle de populações de potenciais pragas e de vetores potenciais de doenças humanas, a proteção contra a radiação solar ultravioleta e a manutenção da biodiversidade e do patrimônio genético;

c) serviços de regulação: os que concorrem para a manutenção da estabilidade dos processos ecossistêmicos, tais como o sequestro de carbono, a purificação do ar, a moderação de eventos climáticos extremos, a manutenção do equilíbrio do ciclo hidrológico, a minimização de enchentes e secas e o controle dos processos críticos de erosão e de deslizamento de encostas;

d) serviços culturais: os que constituem benefícios não materiais providos pelos ecossistemas, por meio da recreação, do turismo, da identidade cultural, de experiências espirituais e estéticas e do desenvolvimento intelectual, entre outros.

Para o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2020), as áreas ambientais apresentam potencial de fornecimento de serviços ecossistêmicos, que dependem de sua natureza e escala de aplicação, conforme evidenciado pelo Quadro 1.

Quadro 1 - Serviços ecossistêmicos associados a áreas ambientais.

Categoria de Serviço Ecossistêmico	Serviços Ecossistêmicos Associados	Função Ecossistêmica Relacionada
Provisão: relacionados com a capacidade dos ecossistemas em prover bens: alimento (frutos, raízes, pescado, caça, mel); matéria-prima para a geração de energia (lenha, carvão, resíduos, óleos); fibras (madeiras, cordas, têxteis); fitofármacos; recursos genéticos e bioquímicos; plantas ornamentais e água.	Provisão de: alimentos, água, recursos medicinais e matéria-prima.	Bem-estar das populações humanas.
Reguladores: benefícios obtidos a partir de processos naturais que regulam as condições ambientais que sustentam a vida humana, como: purificação do ar, regulação do clima, purificação e regulação dos ciclos das águas, controle de enchentes e de erosão, tratamento de resíduos, desintoxicação e controle de pragas e doenças.	Manejo da água de chuva, aumento da drenagem natural, diminuição da sobrecarga do sistema de drenagens convencionais, redução do escoamento superficial, mitigação dos eventos hídricos extremos, controle da poluição difusa, aumento da área filtrante, diminuição da perda de solo, descompactação do solo, manutenção da fertilidade do solo, manutenção da umidade do ar, redução do efeito das ilhas de calor, Melhoria da qualidade do ar, captura de CO ₂ , diminuição do gradiente térmico, controle biológico, polinização, redução de ruído, quebra-vento.	Proteção dos recursos hídricos e do solo, equilíbrio ambiental, biodiversidade e fluxo gênico de fauna e flora e bem-estar das populações humanas.
Culturais: relacionados com a importância dos ecossistemas em oferecer benefícios recreacionais, educacionais, estéticos e espirituais.	Recreação, saúde física e mental, turismo, experiência natural, convívio social e cultural, valorizar os imóveis, diminuir a vulnerabilidade social, identidade, melhoria estética das cidades (beleza cênica) e manutenção de <i>habitat</i> .	Bem-estar das populações humanas.
Suporte: processos naturais necessários para que os outros serviços existam, como a ciclagem de nutrientes, a produção primária, a formação de solos, a polinização e a dispersão de sementes.	Manutenção da diversidade genética.	Biodiversidade e fluxo gênico de fauna e flora.

Fonte: Adaptado do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2020)

2.2. Valoração de áreas ambientais por serviços ecossistêmicos e sua relação em processos de avaliação imobiliária

Segundo IBAPE/SP (2020), a valoração ambiental para fins imobiliários, constitui:

“[...] uma medida de sua importância ambiental associada a uma quantificação financeira e pode ser empregado para fins públicos ou privados. O Valor Ambiental da área está diretamente associado a uma base de valor e ao seu Número de Importância Ambiental, calculado a partir dos bens ambientais, benefícios ambientais e serviços ambientais que esta área confere [...]. A estimativa do valor ambiental pode suplantear a situação de suas características físicas ou de sua propriedade” (IBAPE/SP, 2020).

Para Nadalini (2015), os métodos de avaliação ambiental de recursos naturais, e a consequente atribuição do valor econômico aos benefícios gerados pela conservação, podem contribuir para orientar a tomada de decisão do valorador ambiental¹, sendo indissociáveis ao valor do bem.

Conforme Roque (2022), a valoração dos serviços ecossistêmicos, além da percepção monetária ao imóvel avaliando, pode promover a educação ambiental através do reconhecimento agregado às funções ecológicas produzidas, estando intimamente relacionada às ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável) para 2030, estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015. Esses objetivos buscam promover um desenvolvimento sustentável, equilibrando o crescimento econômico, a inclusão social e a proteção ambiental.

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) representam uma coleção de 17 metas globais, estabelecidas pela Assembleia Geral das Nações Unidas, como parte da Resolução 70/1 da Assembleia Geral das Nações Unidas: “Transformando o nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”, posteriormente denominado Agenda 2030 (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2020).

As 17 metas globais se derivam nos indicadores de desenvolvimento sustentável, os quais são formados por 63 indicadores, que buscam caracterizar e subsidiar o processo de desenvolvimento sustentável a nível nacional e expressar as diversidades características do Brasil. Tais indicadores foram divididos em 4 dimensões: Ambiental, Social, Econômica e Institucional (ALMEIDA; GONÇALVES, 2018).

¹ Conforme IBAPE/SP (2020): “Profissional legalmente habilitado em modalidade que dê atribuição para atuação na área de Avaliações e Perícias.”

Figura 1 – Representação gráfica das 17 metas globais provenientes dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).



Fonte: Nações Unidas Brasil (2020)

A valoração ambiental pode contribuir diretamente para alcançar várias das metas estabelecidas pelas ODS 2030, desde que devidamente relacionadas e monitoradas por indicadores ecossistêmicos.

2.3. Indicadores ecossistêmicos associados às áreas ambientais

Os indicadores ecossistêmicos são mecanismos que permitem avaliar o estado e funcionamento dos ecossistemas naturais. Eles são importantes para o monitoramento da biodiversidade, dos serviços ecossistêmicos e os serviços ofertados.

Para o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 2020), é possível mensurar através de indicadores os serviços prestados por áreas e dispositivos ambientais. O mapeamento e caracterização dos indicadores consiste em reunir informações cartográficas, considerando os dados disponíveis em bases existentes, além do reconhecimento pela vistoria no local.

Segundo IBAPE/SP (2020) os indicadores ecossistêmicos representativos para valoração de áreas ambientais podem ser direcionados conforme:

- **Fator Ambiental 1. Importância da área no ciclo hidrológico**
 - Item 1. Permeabilidade do solo
 - Item 2. Declividade
 - Item 3. Pluviometria
 - Item 4. Cobertura vegetal
- **Fator Ambiental 2. Importância da área no abrigo da fauna**
 - Item 1. Conectividade da Área
 - Item 2. Antropização da Área
 - *Subitem 1. Presença de Visitantes no Local*
 - *Subitem 2. Presença de Moradores no Local*

- *Subitem 3. Presença de Moradores no Entorno*
- *Subitem 4. Presença de Edificação no Local*
- *Subitem 5. Presença de Edificação no Entorno*
- *Subitem 6. Presença de Ruas, Avenidas e Rodovias no Entorno*
- *Item 3. Espécies Arbóreas Frutíferas Atrativas de Fauna*
- *Subitem 1. Presença de Espécies Arbóreas Frutíferas Exóticas Invasoras*
- *Subitem 2. Presença de Espécies Arbóreas Frutíferas Nativas*
- *Subitem 3. Presença de Espécies Arbóreas Frutíferas Endêmicas*
- *Item 4. Espécies Animais Presentes na Área*
- *Subitem 1. Presença de Espécies Animais Exóticas*
- *Subitem 2. Presença de Espécies Animais Nativas*
- *Subitem 3. Presença de Espécies Animais Endêmicas*
- *Subitem 4. Presença de Espécies Animais Ameaçadas de Extinção*
- **Fator Ambiental 3. Importância da área no desenvolvimento da flora da região**
 - *Item 1. Vegetação nativa de porte florestal*
 - *Item 2. Vegetação nativa de porte florestal em área ambientalmente protegida*
 - *Item 3. Contribuição para o desenvolvimento da flora da região*
- **Fator Ambiental 4. Importância da área no ciclo de carbono**
 - *Item 1. Captação de Dióxido de Carbono (CO₂)*
 - *Item 2. Estoque de dióxido de carbono (CO₂)*
- **Fator Ambiental 5. Importância da área no conforto visual dos frequentadores do local**
- **Fator Ambiental 6. Importância da área na conservação solo**
- **Fator Ambiental 7. Importância da área na minimização da ilha de calor da região**
- **Fator Ambiental 8. Importância da área no lazer, atividade física e convivência social**
 - *Item 1. Tamanho*
 - *Item 2. Raridade da área em relação ao entorno*
 - *Item 3. Existência, ou capacidade, de instalação de infraestrutura de lazer, atividade física e convivência social*
 - *Item 4. Mobilidade no entorno*

Para Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 2020), os indicadores ecossistêmicos para caracterização das condições ambientais podem ser representados:

- **F1 - Função Ambiental:** Proteção dos recursos hídricos
 - S1 – Serviço Ambiental
 - I1 – Indicador Ambiental: Manutenção da vazão hídrica - Regulação
 - I1.1 - Nascentes impermeabilizadas
- **F1 - Função Ambiental:** Proteção dos recursos hídricos
 - S2 – Serviço Ambiental

I2 – Indicadores Ambientais: Melhoria da qualidade da água - Regulação

I2.1 - Geração de sedimento,

I2.2 – Área desprotegida dos cursos d'água,

I2.3 – Áreas impermeáveis

- **F1 - Função Ambiental:** Proteção dos recursos hídricos

S3 - Serviço Ambiental

I3 – Indicadores ambientais: Mitigação de eventos hídricos extremos - Regulação

I3.1 - Densidade de alagamentos,

I3.2 - Potencial de inundação,

I3.3 – Potencial de inundação e alagamentos

- **F2 - Função Ambiental:** Biodiversidade e fluxo gênico de fauna e flora

S4 – Serviço Ambiental

I4 – Indicador Ambiental: Manutenção de habitat - Suporte

I4.1 – Cobertura vegetal nativa

- **F2 - Função Ambiental:** Biodiversidade e fluxo gênico de fauna e flora

S5 – Serviço Ambiental

I5 – Indicador Ambiental

Manutenção da diversidade genética (fluxo gênico) - Suporte

I5.1 – Corredores ecológicos

- **F3 - Função Ambiental:** Bem estar das populações humanas

S6 – Serviço Ambiental

I6 – Indicador Ambiental

Recreação/ saúde física e mental - Cultural

I6.1 – Áreas verdes e número de habitantes

- **F3 - Função Ambiental:** Bem estar das populações humanas

S7 – Serviço Ambiental

I7 – Indicador Ambiental

Diminuição da vulnerabilidade social Cultural

I7.1 - Índice de Vulnerabilidade social

- **F4 - Função Ambiental:** Equilíbrio ambiental

S8 – Serviço Ambiental

I8 – Indicador Ambiental

Redução do efeito de ilhas de calor - Regulação

I8.1 – Temperatura de superfície

- **F4 - Função Ambiental:** Equilíbrio ambiental

S9 – Serviço Ambiental

I9 – Indicador Ambiental: Melhoria da qualidade do ar - Regulação

I9.1 – Arborização

2.4. Ferramenta para correlação entre serviços ecossistêmicos prestados por áreas ambientais

As ferramentas para correlação dos efeitos ao meio ambiente, quer sejam os impactos ou serviços prestados ao ecossistema, são geridos em sua maioria por matrizes de verificação (RODRIGUES; LOPES; LOURENÇO, 2019).

A matriz de impacto ambiental é um exemplo de uso adotado para mensurar os danos causados em uma área em processos de regularização no Estudo de Impacto Ambiental - EIA - e posteriormente empregado no Relatório de Impacto Ambiental - RIMA (SILVA; GENUÍ; REIS, 2020).

Segundo os autores Nadalini e Neto Jr. (2021), as metodologias de análise ambiental, baseadas em matrizes de determinação, são importantes instrumentos que servem de subsídio para o planejamento e gestão territorial e, nos casos judiciais, para obter a justa indenização como preconiza a legislação ambiental brasileira.

A matriz de decisão, uma das ferramentas passíveis de utilização em serviços ambientais, permite realizar análises de variáveis através de critérios previamente adotados, sejam eles quantitativos ou qualitativos, dando subsídio a uma visão ampla e sistêmica das sentenças apresentadas (CABRAL, *et al.*, 2019).

A complexidade decorrente pelo aumento da disponibilização de informações e da necessidade de utilizá-las no processo decisório, fez com que surgissem novos métodos na tentativa de alcançar maior assertividade nas tomadas de decisão (BRIOZO; MUSETTI, 2015).

Neste sentido, métodos multicritérios de tomada de decisão surgiram como meio de apoio, o qual são compreendidos como ferramentas matemáticas, eficazes para resolução de problemas em que existem critérios conflitantes (FIORENTIN *et al.*, 2022). Tais métodos fornecem ao usuário uma classificação por ranqueamento das opções disponíveis em função dos critérios adotados (SAATY, 1991; SAATY; VARGAS, 2012).

Dentre as técnicas utilizadas para seleção, o Apoio Multicritério à Decisão (AMD) é uma ferramenta com grande potencial para uso em processos decisórios, na situação em que as escolhas precisam se pautar por critérios técnicos, objetivos e transparentes, além de incorporar os juízos de natureza política e subjetiva dos avaliadores envolvidos (JANNUZZI; MIRANDA; SILVA, 2009).

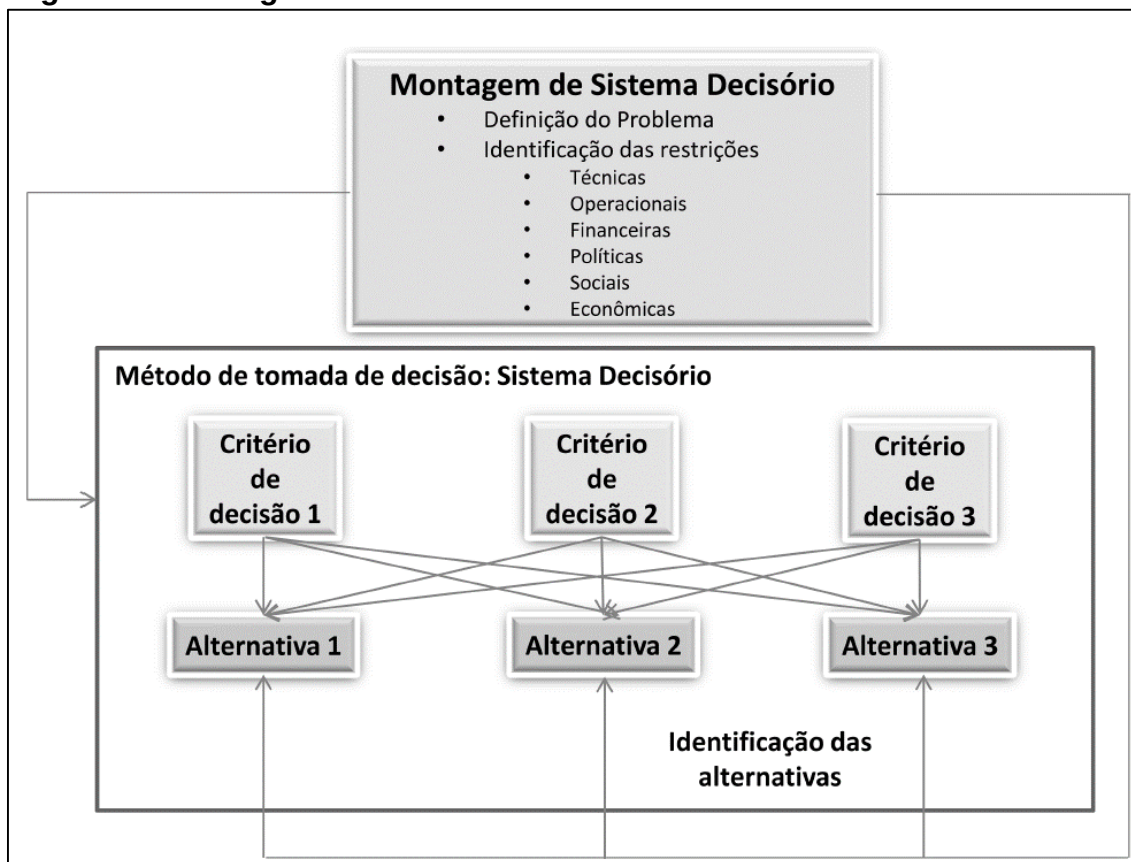
Os Métodos de Decisão Multicritérios (MDMc) são abordagens formais para estruturar a avaliação de informação e decisão em problemas com múltiplos objetivos conflitantes (WANG; CHENG; HUANG, 2009).

Segundo Vincke (1992), a vantagem de utilização por métodos multicritérios ocorre pelo fato de não haver, em geral, decisões que sejam simultaneamente boas sob todos os pontos de análise, fazendo com que ocorra desta forma, a seleção da melhor opção possível.

A diferença entre os métodos multicritérios de tomada de decisão e outros se dá em função de serem considerados diversos aspectos e avaliadas as ações por meio de um conjunto de critérios, derivando de cada conjunto uma função matemática que serve para medir o desempenho de cada ação (ENSSLIN, 2001).

Na Figura 2, visualiza-se a montagem de um sistema decisório para os métodos multicritério de tomada de decisão.

Figura 2 - Montagem do sistema decisório métodos de tomada de decisão



Fonte: Adaptado de Rodrigues *et al.* (2001).

Conforme a Figura 2, a construção esquemática do sistema decisório por multicritério inicia-se pela definição do problema, identificação das restrições, critérios e, por fim, as alternativas a serem avaliadas e selecionadas pelo tomador de decisão. O modelo se desenvolve por meio do cruzamento dos critérios com as alternativas e dos critérios com o objetivo final.

Diversos métodos multicritérios têm sido propostos por muitos pesquisadores, incluindo o AHP (*Analytic Hierarquic Process*), desenvolvido para resolver uma classe específica de problemas que envolvem a priorização de soluções potenciais. Tal condição é possível por meio da avaliação de um conjunto de critérios de elementos e parâmetros de sub-elementos através de uma série de comparações entre os mesmos (SAATY, 1991; VARGAS, 2010).

2.5. Método multicritério - Analytic Hierarchy Process – AHP

O método multicritério *Analytic Hierarchy Process* – AHP - surgiu na segunda metade do século XX e foi desenvolvido pelo matemático Thomas L. Saaty, quando trabalhava para a Agência de Controle de Armas e Desarmamento do Departamento de Estado Americano (CRUZ, 2018).

O método sugere que a modelagem do problema em uma hierarquia de critérios facilita a análise e comparação de alternativas de decisão. No momento em que essa hierarquia lógica está construída, os tomadores de decisão avaliam sistematicamente as alternativas por meio da comparação paramétrica, de duas a duas, dentro de cada

um dos critérios. Essa comparação pode utilizar dados concretos das alternativas ou julgamentos humanos como forma de informação subjacente (SAATY, 1991).

Segundo os autores Besteiro *et al.* (2012), o AHP é um método eficaz para a tomada de decisão e que possibilita ao usuário identificar a melhor opção dentro das múltiplas alternativas possíveis, ajudando-o na determinação das prioridades. Além disso, ele permite a redução de decisões complexas a decisões comparativas pareadas, a partir de uma estruturação do problema, de julgamentos e de síntese dos resultados.

No método AHP, ocorre a elucidação das preferências dos tomadores de decisão através dos julgamentos subjetivos dos usuários, para que quantifiquem numericamente seus julgamentos, levando em consideração a importância relativa dos fatores que estão sob análise (YANG; LEE, 1997; VARGAS, 2014).

Sobretudo, a utilização do método AHP, é indicada como ferramenta de mensuração de critérios tangíveis a partir de elementos intangíveis, por meio de uma escala de razão, podendo a incerteza ser dividido em diversas partes, relacionando-as e conectando os juízos de comparação com o objetivo final da aplicação (VARGAS, 2014).

Assim, nesta pesquisa, a utilização da matriz de decisão, subsidiará a priorização pela escolha de tipologia de SBN mais apropriada a ser empregada nas áreas prioritárias, bem como estabelecer quais os indicadores são relevantes para ofertar os serviços ambientais necessários à região de implantação.

3. MATERIAL E MÉTODO

Conforme IBAPE/SP 2020, o Valor Total (VT)² de um imóvel é compreendido pela somatória do Valor Ambiental (VA), Valor avaliado da área (V) e subtração de eventual Passivo Ambiental (PA), conforme Equação (1):

$$VT = VA + V - PA \quad (1)$$

Onde,

- VT = Valor total da área,
- VA = Valor ambiental da área (Eq. 2)
- V = Valor avaliado da área (inclui terreno ou terra nua, benfeitorias, cultivos e semoventes)
- PA = Valor do passivo ambiental, se existir.

Por sua vez, o Valor Ambiental de uma área é dado conforme Equação (2):

$$VA = (NA - 1) \times V \quad (2)$$

Onde:

- VA = Valor ambiental da área, qual seja, o valor dos ativos ambientais da área,
- NA = Número de importância ambiental da área,

² Pela ausência da definição de Valor Total (VT) em norma técnica, entende-se VT pela resultante da somatória dos valores avaliados (ΣV), podendo estes serem: Valor Ambiental, Valor de Mercado, Valor Histórico, Valor de Liquidação Forçada, Valor Venal, dentre outros.

- V = Valor da área, sendo:
 1. Valor do terreno, se imóvel urbano.
 2. Valor da terra nua, se imóvel rural.
 3. Valor paradigma.

*Nos três casos, não são consideradas edificações, benfeitorias, cultivos ou semoventes.

O Número de importância Ambiental (NA), segundo a Norma de Valoração Ambiental – IBAPE/SP (2020), é obtido por meio da combinação de diversos fatores ambientais ponderados pelo avaliador ambiental, seguindo os critérios e pesos estabelecidos no manual de enquadramento.

Com o intuito de contribuir para esta avaliação, o presente estudo tem como propósito apresentar um conjunto de Coeficientes de Importância Ambiental (C_{IA}) associados aos serviços ecossistêmicos oferecidos pelo imóvel avaliado.

Assim, a equação proposta para o valor ambiental é expressa da seguinte forma:

$$VA = C_{ia} \times F_{CA} \times V \quad (3)$$

Onde:

- VA = Valor ambiental da área, qual seja, o valor dos ativos ambientais da área,
- C_{IA} = Coeficiente de Importância Ambiental,
- F_{CA}^3 = Fator de Comercialização Ambiental (Razão entre o Máximo Valor Ambiental observado frente ao Valor de Mercado), atribuído pelo Valorador Ambiental,
- V = Valor da área, sendo:
 1. Valor do terreno, se imóvel urbano.
 2. Valor da terra nua, se imóvel rural.
 3. Valor paradigma.

*Nos três casos, não são consideradas edificações, benfeitorias, cultivos ou semoventes.

O Coeficiente de Importância Ambiental (C_{IA}) será calculado através de matriz de decisão multicritério, método AHP.

Conforme Saaty (1991), o resultado obtido pela aplicação do método AHP acontece por meio da comparação paritária dos critérios e subcritérios, quantificando e experimentando as alternativas apresentadas.

A construção do método consiste na necessidade de seguir três passos para se atingir o resultado final, a saber:

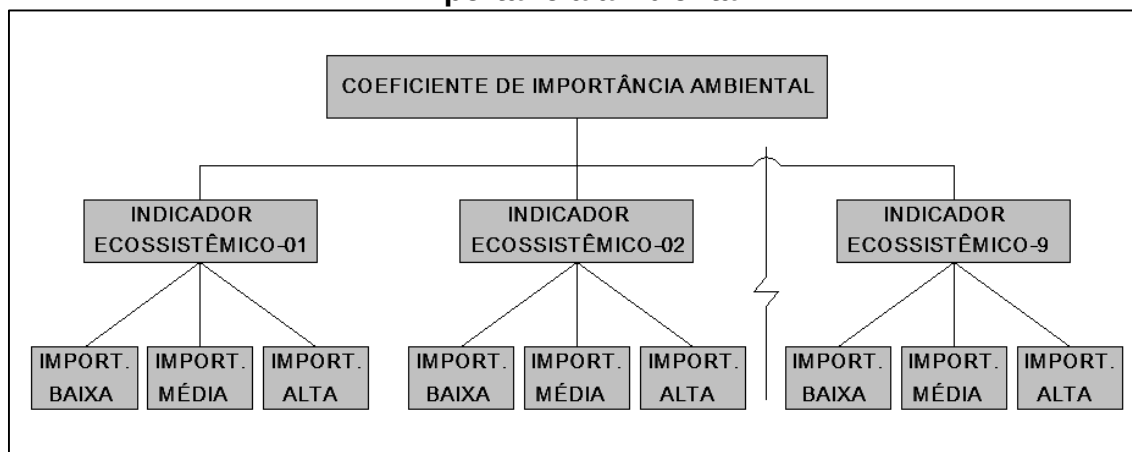
- i. Decomposição do problema em critérios, sendo que estes deverão ser agrupados em subcritérios até o menor nível da hierarquia;
- ii. Análise comparativa paritária entre os critérios por meio de uma escala numérica;
- iii. Síntese das prioridades por meio do cálculo de auto vetores ou análise do mínimo quadrado, sendo o processo repetido para cada nível da hierarquia até a decisão final.

A adoção de uma hierarquia implica na solução da síntese através das interações entre os diversos níveis de ordenamento, não somente entre os elementos do mesmo nível, mas pela combinação dos sub níveis (SAATY, 1991; KE et al., 2012).

³ Para Norma de Valoração Ambiental IBAPE/SP (2020), $F_{CA} = 4$. Equivalente ao máximo valor possível para o Número de Importância (NA=5), desta forma para Eq. (2): $5-1 = 4$.

A Figura 3 representa graficamente as combinações propostas por este estudo, enfatizando o objetivo primário, baseado nas combinações dos critérios e subcritérios para hierarquização e determinação do Coeficiente de Importância Ambiental por meio do método AHP: tem-se no Nível 1 o “Objetivo Final”; no Nível 2, constam os “Critérios”; no Nível 3, os “Subcritérios”; com as correspondentes alternativas.

Figura 3 - Estrutura de decisão hierárquica para obtenção dos coeficientes de importância ambiental



Fonte: Elaborado pelos Autores

Segundo Vargas (1990), os pesos finais ou globais são obtidos por adição de todas as contribuições dos critérios de uma mesma hierarquia, no que diz respeito a todos os critérios no nível acima, conhecido como o princípio da composição da hierarquia. Isto acontece por meio da comparação paritária entre os critérios, subcritérios e alternativas.

O Quadro 2 apresenta a escala fundamental de números absolutos desenvolvida por Saaty (1991) para adoção no julgamento dos critérios, subcritérios e alternativas.

Quadro 2 - Escala fundamental de números absolutos

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Mesma Importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação a outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação a outra.

Intensidade de importância	Definição	Explicação
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é fortemente favorecida em relação a outra; sua dominação de importância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação a outra com o mais alto grau de certeza.
2,4,6,8	Valores intermediários entre os valores adjacentes	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.

Fonte: Adaptado de Saaty (1991)

A aplicação do método consiste na utilização de matrizes, as quais são preenchidas com base na escala fundamental. Através das matrizes são calculados os auto-vetores máximos e mínimos. A Figura 4 ilustra o cálculo do auto-vetor máximo, que ocorre primeiramente pelo cálculo dos somatórios dos pesos da avaliação (Figura 4, à esquerda).

Na sequência, conforme demonstrado pela Figura 4 (à direita), calcula-se a matriz de comparação par a par normalizada, dividindo cada elemento da matriz original pelo somatório dos pesos da avaliação. Por fim, para calcular o auto vetor máximo, divide-se a somatória das linhas da nova matriz normalizada pelo valor numérico de sua ordem. Assim, obtêm-se o auto vetor máximo.

Figura 4 - Cálculo dos somatórios dos pesos da avaliação

HIERARQUIA POR GRAU DE IMPORTÂNCIA DAS VARIÁVEIS ANALISADAS				NORMALIZAÇÃO DA MATRIZ - Par a Par				
FATORES DEPRECIÇÃO	A	B	C	FATORES DEPRECIÇÃO	A	B	C	$\Sigma/3$
A	1	1/3	1/9	A	0,077	0,077	0,077	0,0769
B	3	1	3/9	B	0,231	0,231	0,231	0,2308
C	9	3	1	C	0,692	0,692	0,692	0,6923
Σ	13	4,33	1,44					

Fonte: Fiorentin et. al. (2022)

O próximo passo é calcular o autovalor máximo, por meio da multiplicação da matriz original pelo auto vetor máximo. Na Figura 5 há uma ilustração por representação gráfica o cálculo do λ_{Max} .

Figura 5 - Cálculo do Auto valor Máximo - λ_{Max}

FATORES DEPRECIÇÃO	A	B	C		λ_{Max}
A	1	1/3	1/9	x	0,0769
B	3	1	3/9		0,2308
C	9	3	1		0,6923
					Σ
					2,08

Fonte: Fiorentin et. al. (2022)

Depois do cálculo do autovalor, verifica-se o Índice de Consistência (*Consistency Index*), que mede a consistência das comparações. Aconselha-se que este índice fique abaixo de 0,20. O cálculo é realizado pela Equação (4):

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{(n-1)} \quad (4)$$

Por fim, calcula-se a Razão de Consistência – CR, (*Consistency Ratio*), a qual considera um erro aleatório que está relacionado com a ordem da matriz, dado pelo Índice de Consistência Aleatória (RI – *Random Consistency Index*) (SAATY, 1991). Para se calcular o CR, utiliza-se a Equação (5):

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5)$$

A Tabela 1 apresenta o cálculo dos Índices de Consistência Aleatória para matrizes de ordem 1 a 10.

Tabela 1 - Índice de Consistência Aleatória

Ordem da matriz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R.I	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Adaptado de Saaty (1991)

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 Indicadores ecossistêmicos

Os indicadores utilizados neste estudo foram desenvolvidos a partir da combinação das metodologias propostas pelo IPT (2020) e IBAPE/SP (2020). O processamento adotado para o cálculo de cada indicador é descrito de maneira sistemática nas fichas descritoras dos indicadores, que são apresentadas a seguir. Além de descrever a forma de obtenção dos dados e do cálculo do indicador, as fichas

descritoras apresentam a relação dos indicadores com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), com o intuito de estimular, contribuir e reconhecer a relevância das áreas ambientais.

Quadro 3 - Caracterização do Indicador 01

Dados	Descrição
Função ecossistêmica	Proteção dos Recursos Hídricos
Serviço ecossistêmico	Manutenção da Vazão Hídrica
Categoria	Regulação
ODS associada	Garantir disponibilidade e manejo sustentável da água; Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável.  
Definição e importância	A impermeabilização do solo nas áreas de cabeceiras de drenagens altera a condição e o volume do escoamento de água superficial e o fluxo de água subterrânea, interferindo na vazão das nascentes e na produção de água na área de estudo.
Metodologia de Obtenção dos Dados	Pode ser mapeado através da vetorização sobre as nascentes e a hidrografia sendo delimitadas as respectivas bacias de contribuição e calculadas as porcentagens de área impermeável em relação à área da bacia de contribuição de cada grupo de nascentes. A classificação da área é dada: • Alta importância: Até 20% da área da bacia de contribuição impermeabilizada; • Média importância: entre 20 a 60% da área da bacia de contribuição impermeabilizada; e • Baixa importância: Acima de 60% da área da bacia de contribuição impermeabilizada.

Fonte: Adaptado de IPT (2020) e IBAPE/SP (2020)

Quadro 4 - Caracterização do Indicador 02

Dados	Descrição
Função ecossistêmica	Proteção dos Recursos Hídricos
Serviço ecossistêmico	Melhoria da Qualidade da Água
Categoria	Regulação
ODS associada	Garantir disponibilidade e manejo sustentável da água; Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável.  

Dados	Descrição
Definição e importância	O potencial de geração de sedimentos indica áreas com suscetibilidade à erosão e com uso e ocupação do solo favorável aos processos de assoreamento de cursos d'água e reservatórios de abastecimento.
Metodologia de Obtenção dos Dados	A partir de informações geoespaciais disponibilizadas pela Embrapa (2023). O Mapa da Erodibilidade dos Solos à Erosão Hídrica do Brasil, constitui um modelo espacial, que expressa a capacidade do solo em resistir à erosão hídrica. Corresponde ao fator K da Equação Universal de Perda de Solo (USLE - Universal Soil Loss Equation; Wischmeier). A classificação da área é dada: • Alta importância: áreas com Baixo susceptibilidade à erosão; • Média importância: áreas com média susceptibilidade à erosão; e • Baixa importância: áreas com Alta susceptibilidade à erosão;.

Fonte: Adaptado de IPT (2020) e IBAPE/SP (2020)

Quadro 5 - Caracterização do Indicador 03

Dados	Descrição
Função ecossistêmica	Proteção dos Recursos Hídricos
Serviço ecossistêmico	Mitigação de Eventos Hídricos Extremos
Categoria	Regulação
ODS associada	Garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos. Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos.  
Definição e importância	Eventos de inundações e alagamentos são fenômenos naturais que ocorrem geralmente pela suscetibilidade do terreno e ocorrência de chuvas fortes e rápidas ou chuvas de longa duração. Estes eventos naturais têm sido intensificados, influenciados por alterações antrópicas.
Metodologia de Obtenção dos Dados	A suscetibilidade à inundação pode ser calculada por meio da análise integrada da suscetibilidade das bacias hidrográficas, a partir de índices morfométricos, e dos graus de suscetibilidade a partir da aplicação do modelo denominado HAND (<i>Height Above Nearest Drainage</i>), recortado nas áreas de planícies e terraços. A classificação da área é dada: • Alta importância: áreas de baixa suscetibilidade à inundação; • Média importância: áreas de média suscetibilidade à inundação; e • Baixa importância: áreas de alta suscetibilidade à inundação. Caso o valorador ambiental não disponha dessas informações cartografadas, pode-se utilizar o conhecimento próprio para a identificação das áreas de alta, média e baixa importância ambiental.

Fonte: Adaptado de IPT (2020) e IBAPE/SP (2020)

Quadro 6 - Caracterização do Indicador 04

Dados	Descrição
Função ecossistêmica	Biodiversidade e Fluxo Gênico de Fauna e Flora
Serviço ecossistêmico	Manutenção de habitat
Categoria	Suporte
ODS associada	Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra, assoreamento de rios e deter a perda de biodiversidade.  
Definição e importância	A cobertura vegetal nativa é a grande responsável pela conservação da biodiversidade, do equilíbrio e da manutenção de processos ecológicos essenciais de ecossistemas naturais. O indicador representa a área com cobertura vegetal nativa existente em relação à área total analisada.
Metodologia de Obtenção dos Dados	Divisão da área de estudo em unidades amostrais. Cálculo da porcentagem de cobertura vegetal nativa nas unidades amostrais. A classificação da área é dada: • Alta importância: unidades amostrais com até 30% de cobertura vegetal nativa; • Média importância: unidades amostrais com cobertura vegetal nativa entre 30% e 60%; e • Baixa importância: unidades amostrais com mais de 60% de cobertura vegetal nativa.

Fonte: Adaptado de IPT (2020) e IBAPE/SP (2020)

Quadro 7 - Caracterização do Indicador 05

Dados	Descrição
Função ecossistêmica	Biodiversidade e Fluxo Gênico de Fauna e Flora
Serviço ecossistêmico	Manutenção da Diversidade Genética (Fluxo Gênico)
Categoria	Suporte
ODS associada	Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.  

Dados	Descrição
Definição e importância	A conectividade é a capacidade da paisagem de facilitar os fluxos biológicos de organismos, sementes e grãos de pólen, associada ao tamanho e à distribuição dos fragmentos de habitat. A conectividade da paisagem age nos processos de recolonização após perturbações locais, influenciando na manutenção das populações da fauna e flora. Este indicador calcula a proximidade entre os fragmentos, por meio da distância média entre cada fragmento e o vizinho mais próximo de mesma classe, dividido pelo número de fragmentos da classe na paisagem em análise.
Metodologia de Obtenção dos Dados	Este indicador consiste em um índice composto de duas variáveis: 1) Identificação e quantificação da área com déficit de vegetação ao longo do imóvel e da APP; 2) Distância média do vizinho mais próximo – MNN (m) na área de estudo. Cálculo do índice “Distância média do vizinho mais próximo - MNN” utilizando ferramentas auxiliares de análise espacial da paisagem, tais como o Fragstats ou a ferramenta <i>Patch Analyst</i> que podem ser operados por meio de Sistema de Informações Geográficas. a) Selecionar as classes de vegetação natural com predomínio de porte arbóreo e juntar em uma única classe; b) Calcular o índice MNN para os fragmentos da classe selecionada e classificar em 3 classes, de acordo com o método Natural Breaks (Jenks); c) Desenhar faixa marginal dos fragmentos utilizando como distância a medida da 1ª classe do índice MNN; d) Reclassificar as áreas das faixas marginais conforme as três classes do MNN. Para compor o índice os mapas gerados na etapa 1 e 2 (duas variáveis) foram somados, considerando as 3 classes de cada mapa (1 a 3), resultando em 6 classes (1 a 6). A classificação da área é dada: • Alta importância: Classes 5 e 6. • Média importância: Classes 3 e 4; e • Baixa importância: Classes 1 e 2;

Fonte: Adaptado de IPT (2020) e IBAPE/SP (2020)

Quadro 8 - Caracterização do Indicador 06

Dados	Descrição
Função ecossistêmica	Bem estar das Populações Humanas
Serviço ecossistêmico	Recreação, Saúde Física e Mental
Categoria	Cultural
ODS associada	Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. 
Definição e importância	A distribuição das áreas ambientais e da população no território possibilita identificar a facilidade de acesso da população a essas áreas.

Dados	Descrição
Metodologia de Obtenção dos Dados	Após o mapeamento das áreas ambientais por meio de imagens disponíveis, mapeiam-se os setores censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) indicando os habitantes. Traça-se faixa de 300m a partir dos limites das áreas ambientais mapeadas. Os setores censitários dentro dessa faixa são classificados como de Baixa importância. O restante da área é classificado em Média ou Alta importância, conforme os habitantes por setor censitário: mais habitantes indica maior importância.

Fonte: Adaptado de IPT (2020) e IBAPE/SP (2020)

Quadro 9 - Caracterização do Indicador 07

Dados	Descrição
Função ecossistêmica	Bem estar das Populações Humanas
Serviço ecossistêmico	Diminuição da Vulnerabilidade Social
Categoria	Cultural
ODS associada	Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável. 
Definição e importância	A vulnerabilidade social está associada aos contextos de trabalho e renda, educação e saúde, condições de transporte, habitação e saneamento. O Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) caracteriza as condições dos grupos de indivíduos à margem da sociedade, em processo de exclusão social, principalmente econômicos. Identificar áreas com alta vulnerabilidade social para indicar a necessidade por áreas ambientais, é relevante para planejar atividades produtivas para serem alternativa de geração de renda para a população local.
Metodologia de Obtenção dos Dados	O IVS varia entre 0 e 1. Quanto mais próximo de 1 (um), maior é a vulnerabilidade social do território e, quanto mais próximo de 0 (zero), menor será a vulnerabilidade social. Classificação do IVS: Muito Baixa (0 - 0,2); Baixa (0,2 - 0,3); Média (0,3 - 0,4); Alta (0,4 - 0,5); Muito Alta (0,5 - 1). O Atlas da Vulnerabilidade Social do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) fornece mapa em arquivo <i>shapefile</i> com as Unidades de Desenvolvimento Humano (UDH) de todos os municípios de São Paulo. É necessário inserir o IVS no arquivo <i>shapefile</i> para cada UDH da região de interesse e depois classificar em três níveis de importância: Baixa importância: $0,0 < IVS < 0,3$; Média importância: $0,3 < IVS < 0,4$; e Alta importância: $0,4 < IVS < 1$.

Fonte: Adaptado de IPT (2020) e IBAPE/SP (2020)

Quadro 10 - Caracterização do Indicador 08

Dados	Descrição
Função ecossistêmica	Equilíbrio Ambiental
Serviço ecossistêmico	Redução do efeito de ilhas de calor
Categoria	Regulação
ODS associada	Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis. 
Definição e importância	Ilhas de calor são áreas com temperatura maior que as áreas vizinhas. Áreas com alta taxa de impermeabilização do solo promovem o aumento da temperatura da superfície. Identificar essas áreas num território indica onde é necessário a existência por áreas ambientais para reduzir o efeito de ilhas de calor, melhorando a qualidade de vida da população e reduzindo o consumo de energia para aliviar o calor.
Metodologia de Obtenção dos Dados	Imagem de satélite gratuita Landsat-8, que dispõe de 2 bandas termais com resolução espacial original de 100 m, reamostradas para 30 m; Aster, que apresenta 5 faixas termais com resolução de 90 m; CBERS-4, que possui uma banda com resolução de 80 m. Outra forma de obtenção de imagens para o mapeamento da temperatura de superfície é por meio de sensores acoplados a aeronaves remotamente pilotadas (ARP). Para a obtenção da Temperatura da Superfície Terrestre (TST) a partir de imagens do satélite Landsat-8, utiliza-se as seguintes fórmulas e parâmetros: $L\lambda = ML * Qcal + AL$ Elementos da fórmula para conversão para Radiância: $L\lambda$ = Radiância espectral do sensor de abertura em Watts ($m^2 \text{ sr } \mu m$) ML = Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 = 3.3420E-04 AL = Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 = 0.10000 $Qcal$ = Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = Imagem banda 10 onde: T = Temperatura efetiva do satélite em Kelvin (K) $K2$ = Constante de calibração 2 = 1.321.08 (K) $K1$ = Constante de calibração 1 = 774.89 (K) $L\lambda$ = Radiância espectral em Watts / ($m^2 \text{ sr } \mu m$) Após esses procedimentos realizados na banda 10 do Landsat-8, os valores de temperatura em Kelvin são subtraídos pelo seu valor absoluto, gerando uma nova imagem de temperatura em graus Celsius e gerado o mapa de temperatura de superfície. Para definição de classes de importância, devem-se avaliar os dados gerados para a área de interesse. Quanto maior a temperatura de superfície menor será a importância. $T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)}$

Fonte: Adaptado de IPT (2020) e IBAPE/SP (2020)

Quadro 11 - Caracterização do Indicador 09

Dados	Descrição
Função ecossistêmica	Equilíbrio Ambiental
Serviço ecossistêmico	Melhoria da Qualidade do Ar
Categoria	Regulação
ODS associada	Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. 
Definição e importância	O indicador refere-se à densidade arbórea existente. Identificar áreas sem vegetação nativa permite mensurar a dispersão de material particulado – mistura de partículas líquidas e sólidas em suspensão no ar. A presença de árvores para formar uma barreira vegetal, possibilitando sua retenção na biomassa aérea, com consequente melhoria da qualidade do ar local.
Metodologia de Obtenção dos Dados	Imagens de satélite gratuitas dispõem de bandas de infra-vermelho e vermelho próximo, que combinadas geram o NDVI (<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>). Esse índice de vegetação quanto mais próxima de 1 maior a biomassa. A classificação da área é dada: • Baixa importância: $0,0 < NDVI \leq 0,3$; • Média importância: $0,3 > NDVI \leq 0,5$; e • Alta importância: $0,5 > NDVI < 1$.

Fonte: Adaptado de ROCHA (2022)

4.2 Determinação dos coeficientes de importância ambiental

A determinação dos Coeficientes de Importância Ambiental baseou-se na definição do grau de importância⁴ relativo a cada indicador ecossistêmico. Para esse propósito, os dados de entrada na matriz de decisão foram submetidos a comparações paritárias por meio da atribuição de intensidades de importância na escala fundamental de números absolutos, conforme demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Análise paritária entre indicadores ecossistêmicos

Indicador	S.1	S.2	S.3	S.4	S.5	S.6	S.7	S.8	S.9
S.1	1,00	1,13	1,29	1,00	1,13	1,80	3,00	1,00	1,13
S.2	0,89	1,00	1,14	0,89	1,00	1,60	2,67	0,89	1,00
S.3	0,78	0,88	1,00	0,78	0,88	1,40	2,33	0,78	0,88
S.4	1,00	1,13	1,29	1,00	1,13	1,80	3,00	1,00	1,13
S.5	0,89	1,00	1,14	0,89	1,00	1,60	2,67	0,89	1,00
S.6	0,56	0,63	0,71	0,56	0,63	1,00	1,67	0,56	0,63
S.7	0,33	0,38	0,43	0,33	0,38	0,60	1,00	0,33	0,38
S.8	1,00	1,13	1,29	1,00	1,13	1,80	3,00	1,00	1,13
S.9	0,89	1,00	1,14	0,89	1,00	1,60	2,67	0,89	1,00
Σ	7,33	8,25	9,43	7,33	8,25	13,20	22,00	7,33	8,25

⁴ Os graus de importância atribuídos neste artigo foram definidos por um grupo de especialistas reunidos no âmbito do projeto de doutorado de um dos autores deste trabalho. Entretanto, a referência a este projeto foi omitida em conformidade com as restrições impostas pelo Artigo 10 do Regulamento para apresentação de trabalhos técnico/científicos do XXII COBREAP.

A normalização da matriz de decisão resultante (conforme Tabela 2) permitiu a determinação dos pesos relativos de cada indicador ecossistêmico, como evidenciado pela coluna "Prior." (Prioridade) da Tabela 3.

Tabela 3 - Priorização entre os indicadores ecossistêmicos

Indicador	S.1	S.2	S.3	S.4	S.5	S.6	S.7	S.8	S.9	Prior.
S.1	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	13,64%
S.2	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	12,12%
S.3	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	10,61%
S.4	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	13,64%
S.5	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	12,12%
S.6	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	7,58%
S.7	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	4,55%
S.8	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	13,64%
S.9	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	12,12%

Por fim, os dados resultantes da normalização (conforme Tabela 3) foram submetidos à análise de consistência a fim de detectar possíveis discrepâncias nos graus de intensidade atribuídos na matriz de decisão (conforme Tabela 2), como apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Análise de consistência

Indicador	S.1	S.2	S.3	S.4	S.5	S.6	S.7	S.8	S.9	Σ	λ
S.1	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	1,23	9
S.2	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	1,09	9
S.3	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,95	9
S.4	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	1,23	9
S.5	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	1,09	9
S.6	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,68	9
S.7	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,41	9
S.8	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	1,23	9
S.9	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	1,09	9
										λMax	9
										CI	0,00
										IR	1,45
										CR	0

As subclasses referentes a cada indicador ecossistêmico também foram avaliadas quanto ao seu grau de importância e hierarquizada de acordo com a escala fundamental. Em seguida, foram ajustadas para um valor máximo de 100% e ponderadas em relação às demais classes.

Os graus de importância dos indicadores ecossistêmicos de 1 a 9 foram determinados de acordo com o procedimento descrito nas tabelas 5 a 13.

Tabela 5 - Matriz de decisão: índice ecossistêmico - S1

Grau Importância	Alta	Média	Baixa	Prioridade	Índice
Alta	1,00	2,25	9,00	64,29%	100,00%
Média	0,44	1,00	4,00	28,57%	44,44%
Baixa	0,11	0,25	1,00	7,14%	11,11%
Σ	1,56	3,50	14,00		

Tabela 6 - Matriz de decisão: índice ecossistêmico - S2

Grau Importância	Alta	Média	Baixa	Prioridade	Índice
Alta	1,00	1,29	3,00	47,37%	100,00%
Média	0,78	1,00	2,33	36,84%	77,78%
Baixa	0,33	0,43	1,00	15,79%	33,33%
Σ	2,11	2,71	6,33		

Tabela 7 - Matriz de decisão: índice ecossistêmico – S3

Grau Importância	Alta	Média	Baixa	Prioridade	Índice
Alta	1,00	2,25	27,00	67,50%	100,00%
Média	0,44	1,00	12,00	30,00%	44,44%
Baixa	0,04	0,08	1,00	2,50%	3,70%
Σ	1,48	3,33	40,00		

Tabela 8 - Matriz de decisão: índice ecossistêmico – S4

Grau Importância	Alta	Média	Baixa	Prioridade	Índice
Alta	1,00	1,80	4,50	56,25%	100,00%
Média	0,56	1,00	2,50	31,25%	55,56%
Baixa	0,22	0,40	1,00	12,50%	22,22%
Σ	1,78	3,20	8,00		

Tabela 9 - Matriz de decisão: índice ecossistêmico – S5

Grau Importância	Alta	Média	Baixa	Prioridade	Índice
Alta	1,00	1,50	4,50	52,94%	100,00%
Média	0,67	1,00	3,00	35,29%	66,67%
Baixa	0,22	0,33	1,00	11,76%	22,22%
Σ	1,89	2,83	8,50		

Tabela 10 - Matriz de decisão: índice ecossistêmico – S6

Grau Importância	Alta	Média	Baixa	Prioridade	Índice
Alta	1,00	1,80	3,00	52,94%	100,00%
Média	0,56	1,00	1,67	29,41%	55,56%
Baixa	0,33	0,60	1,00	17,65%	33,33%
Σ	1,89	3,40	5,67		

Tabela 11 - Matriz de decisão: índice ecossistêmico – S7

Grau Importância	Alta	Média	Baixa	Prioridade	Índice
Alta	1,00	1,50	2,25	47,37%	100,00%
Média	0,67	1,00	1,50	31,58%	66,67%
Baixa	0,44	0,67	1,00	21,05%	44,44%
Σ	2,11	3,17	4,75		

Tabela 12 - Matriz de decisão: ecossistêmico – S8

Grau Importância	Alta	Média	Baixa	Prioridade	Índice
Alta	1,00	1,80	27,00	62,79%	100,00%
Média	0,56	1,00	15,00	34,88%	55,56%
Baixa	0,04	0,07	1,00	2,33%	3,70%
Σ	1,59	2,87	43,00		

Tabela 13 - Matriz de decisão: ecossistêmico - S9

Grau Importância	Alta	Média	Baixa	Prioridade	Índice
Alta	1,00	1,80	63,00	63,64%	100,00%
Média	0,56	1,00	35,00	35,35%	55,56%
Baixa	0,02	0,03	1,00	1,01%	1,59%
Σ	1,57	2,83	99,00		

As tabelas 14 e 15 apresentam a combinação dos valores da Tabela 3 (Priorização entre os indicadores ecossistêmicos), com seus respectivos graus de importância provenientes das tabelas 5 a 13.

Tabela 14 – Resumo dos índices ambientais e priorização dos indicadores Ecossistêmicos (S1, S2, S3, S4, S5)

Funções e serviços ambientais	F1 Proteção dos Recursos Hídricos			F2 Biodiversidade e Fluxo Gênico de Fauna e Flora	
	S1. Manutenção da Vazão Hídrica	S2. Mitigação de Eventos Hídricos Extremos	S3. Melhoria da Qualidade da Água	S4. Manutenção de Habitat	S5. Manutenção da Diversidade Genética
Grau Importância	13,64%	12,12%	10,61%	13,64%	12,12%
Alta	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Média	44,44%	77,78%	44,44%	55,56%	66,67%
Baixa	11,11%	33,33%	3,70%	22,22%	22,22%

Fonte: Elaborado pelos Autores

Tabela 15 - Resumo dos índices ambientais e priorização dos indicadores Ecosistêmicas (S6, S7, S8, S9)

Funções e serviços Ecosistêmicos		F3 Bem-estar das Populações Humanas		F4 Equilíbrio Ambiental	
Índice de Indicadores		S6. Recreação, Saúde Física e Mental	S7. Diminuição da Vulnerabilidade e Social	S8. Redução do Efeito de Ilhas de Calor	S9. Melhoria da Qualidade do Ar
Grau Importância					
		7,58%	4,55%	13,64%	12,12%
Alta		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Média		55,56%	66,67%	55,56%	55,56%
Baixa		33,33%	44,44%	3,70%	1,59%

Fonte: Elaborado pelos Autores

Por fim, as tabelas 16 e 17 mostram a interseção entre a priorização dos indicadores ecosistêmicos (Tabela 3) e seus respectivos graus de importância, conforme determinados nas tabelas 5 a 13.

Tabela 16 – Índice das funções Ecosistêmicas (S1, S2, S3, S4, S5)

Funções e serviços ambientais		F1 Proteção dos Recursos Hídricos			F2 Biodiversidade e Fluxo Gênico de Fauna e Flora	
Índice de Indicadores	S1. Manutenção da Vazão Hídrica	S2. Mitigação de Eventos Hídricos Extremos	S3. Melhoria da Qualidade e da Água	S4. Manutenção de Habitat	S5. Manutenção da Diversidade Genética	
Grau Importância						
Alta	13,64%	12,12%	10,61%	13,64%	12,12%	
Média	6,06%	9,43%	4,71%	7,58%	8,08%	
Baixa	1,52%	4,04%	0,39%	3,03%	2,69%	

Fonte: Elaborado pelos Autores

Tabela 17 - Índice das funções Ecológicas (S6, S7, S8, S9)

Funções e serviços ambientais	F3 Bem estar das Populações Humanas		F4 Equilíbrio Ambiental	
Índice de Indicadores	S6. Recreação, Saúde Física e Mental	S7. Diminuição da Vulnerabilidade Social	S8. Redução do Efeito de Ilhas de Calor	S9. Melhoria da Qualidade do Ar
Grau Importância				
Alta	7,58%	4,55%	13,64%	12,12%
Média	4,21%	3,03%	7,58%	6,73%
Baixa	2,53%	2,02%	0,51%	0,19%

Fonte: Elaborado pelos Autores

Desta forma o Coeficiente de Importância Ambiental (C_{ia}) pode ser obtido através da Equação (6):

$$C_{ia} = \sum (I_{S1}, I_{S2}, I_{S3}, I_{S4}, I_{S5}, I_{S6}, I_{S7}, I_{S8}, I_{S9}) \quad (6)$$

5. APLICAÇÃO: ESTUDO DE CASO

Com o intuito de facilitar a compreensão da metodologia proposta neste estudo, optou-se por apresentar um roteiro de cálculo por meio de um estudo de caso hipotético em uma área situada no interior do estado de São Paulo, a saber:

Estudo de caso: O objetivo é calcular o "Valor Total" de um imóvel com área de 2.500 hectares, incluindo o valor ambiental. Abaixo estão listados os dados referentes à propriedade em questão:

- **VTN** (Valor da Terra Nua) = R\$100.000/ha (considerado Nota Agrônômica, respectivas classes de capacidade de uso do solo e localização),
- **F_{CA}** = 1 (adotado),
- **PA** (Passivo Ambiental) = R\$50.000.000 (Cinquenta milhões de reais),
- **V** (Valor avaliado da área: incluído terra nua, benfeitorias, cultivos e semoventes) = R\$300.000.000 (trezentos milhões de reais).

5.1 Roteiro de cálculo pelo método qualitativo

Para o método qualitativo, a caracterização dos indicadores ecológicos será realizada por meio da observação das feições mapeadas na área ambiental. Ao final, o grau de importância será atribuído de forma qualitativa, seguindo o roteiro apresentado a seguir.

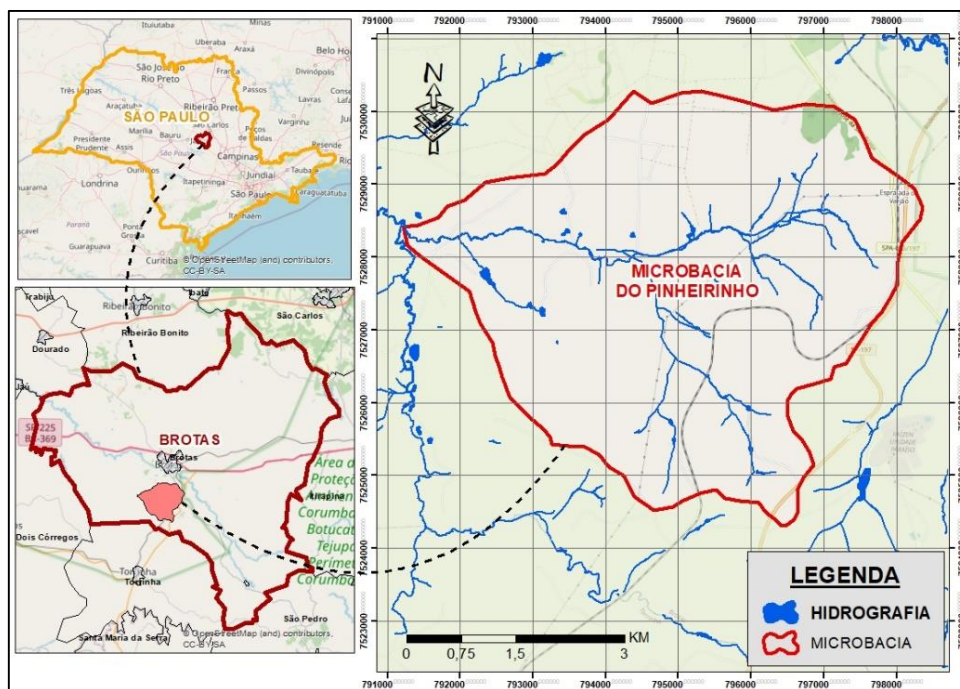


Figura 6 – Localização da Área Ambiental (local estudo de caso)
Fonte: Elaborado pelos Autores

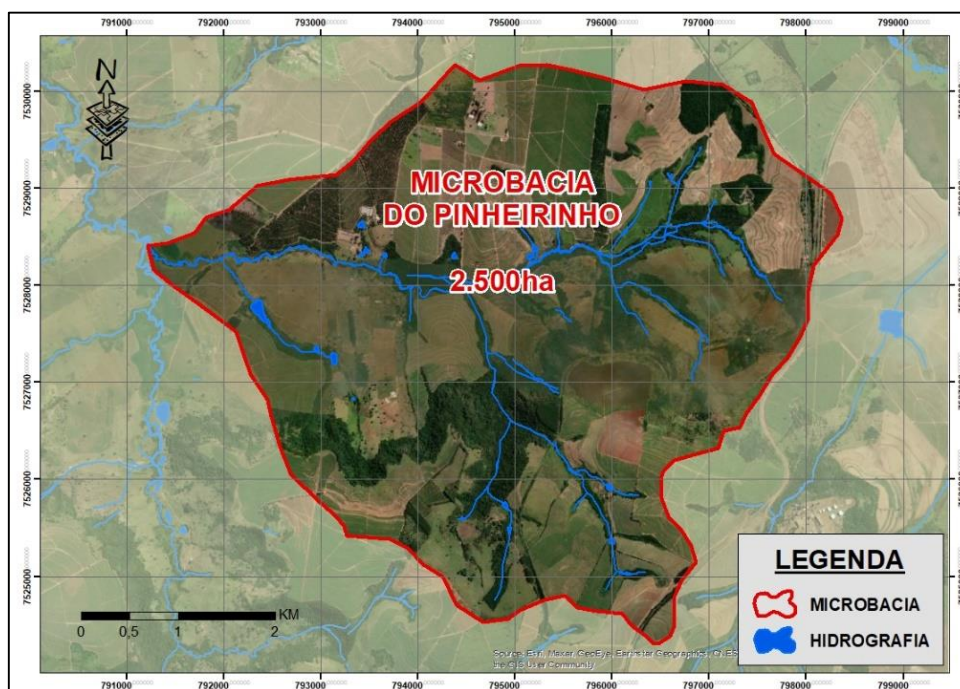
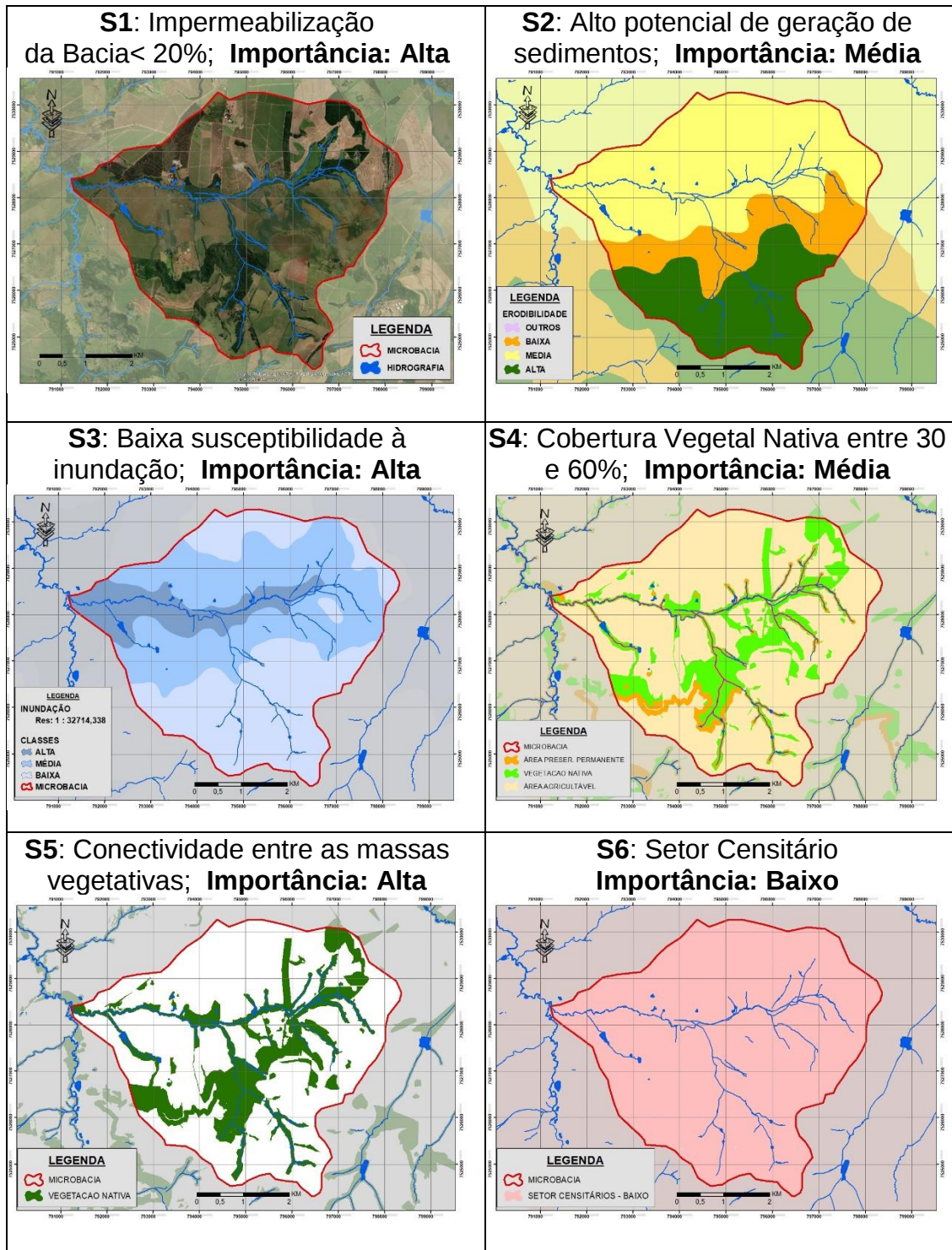
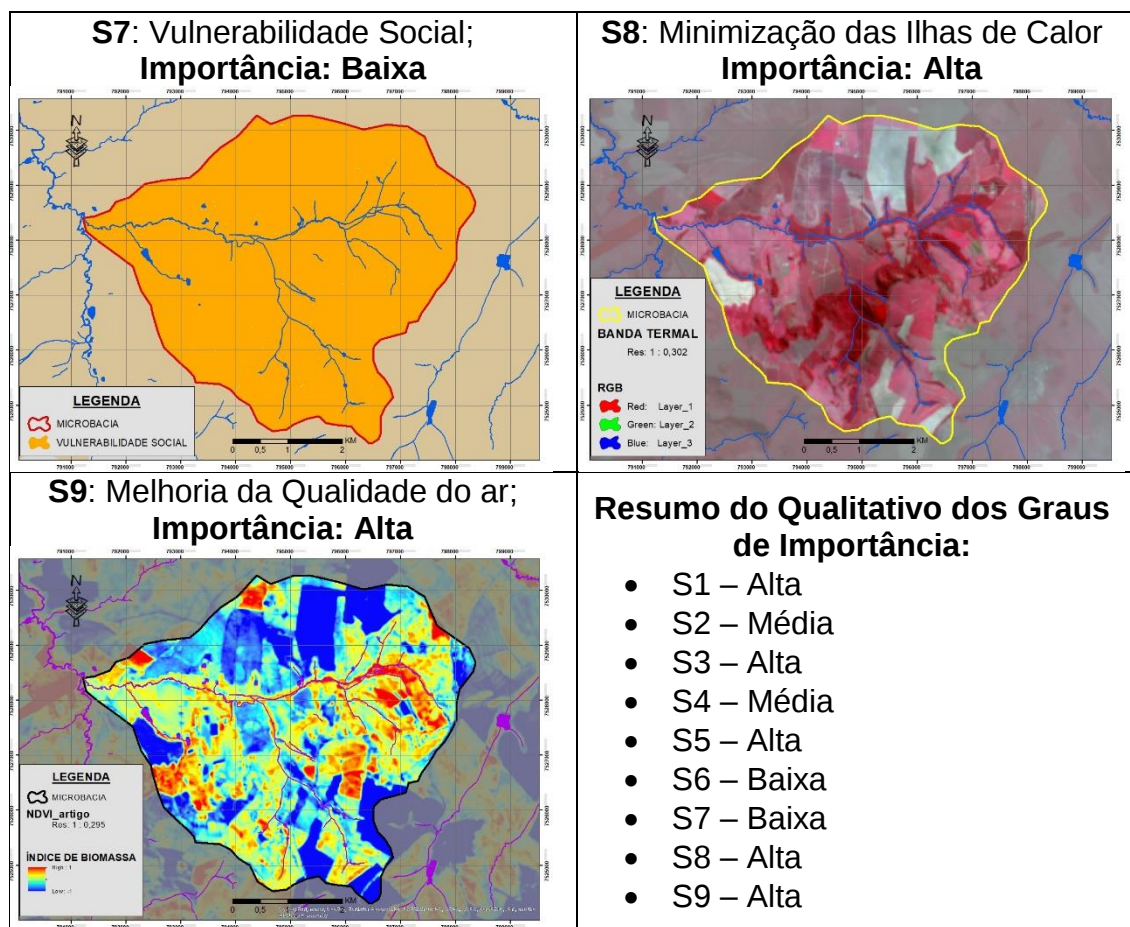


Figura 7 – Imagem de satélite do local estudo de caso
Fonte: Elaborado pelos Autores

O Grau de Importância para os indicadores ecossistêmicos, conforme caracterização do Quadro 12, são apresentados pela Tabela 18:

Quadro 12 – Caracterização dos indicadores ecossistêmicos para o imóvel estudo de caso





Fonte: Elaborado pelos Autores

Tabela 18 – Cálculo do coeficiente de importancia ambiental para o estudo de caso da metodologia

Funções Ecosistêmicas	Indicador Ambiental	Grau de Importância	Índice das Funções Ecosistêmico
F1	S1	Alta	13,64%
	S2	Média	9,43%
	S3	Alta	10,61%
F2	S4	Média	7,58%
	S5	Alta	12,12%
F3	S6	Baixa	2,53%
	S7	Baixa	2,02%
F4	S8	Alta	13,64%
	S9	Alta	12,12%
C_{IA} (Σ)			83,69%

Pela Equação 3, temos:

- $VA = C_{ia} \times F_{CA} \times VTN$
- $VA = 0,8369 \times 1,00 \times (R\$100.000/ha \times 2.500ha)$
- $VA = R\$ 209.225.000$

Pela Equação (1), temos

- $\Sigma V = VA + V - PA$
- $\Sigma V = R\$ 209.225.000 + R\$300.000.000 - R\$50.000.000$
- $\Sigma V = R\$ 459.225.000,00$

Dessa forma, a avaliação completa do imóvel, englobando seu Valor de Mercado (terra, benfeitorias e animais), Passivo Ambiental e Valor Ambiental, o qual foi realizada por meio do método qualitativo, resultando em um valor total de R\$ 459.225.000,00 (quatrocentos e cinquenta e nove milhões, duzentos e vinte e cinco mil reais).

5.2 Roteiro de cálculo pelo método quantitativo

No método quantitativo, a caracterização dos indicadores ecossistêmicos será realizada por meio de análise cruzada das informações cartográficas em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica). Isso permitirá a obtenção do Mapa Síntese de Importância Ambiental, o qual quantificará as áreas em diferentes níveis de importância. Além disso, o valor ambiental será calculado pela soma dos Coeficientes de Importância Ambiental, seguindo o procedimento apresentado na sequência.

A Figura 8 apresenta o Mapa Síntese de Importância Ambiental, cujos valores são obtidos a partir do cruzamento das informações cartográficas expostas no Quadro 12. Adicionalmente, as áreas de importância ambiental são sumarizadas na Tabela 19, juntamente com os respectivos indicadores e o Coeficiente de Importância Ambiental Ponderado (C_{IA} Ponderado).

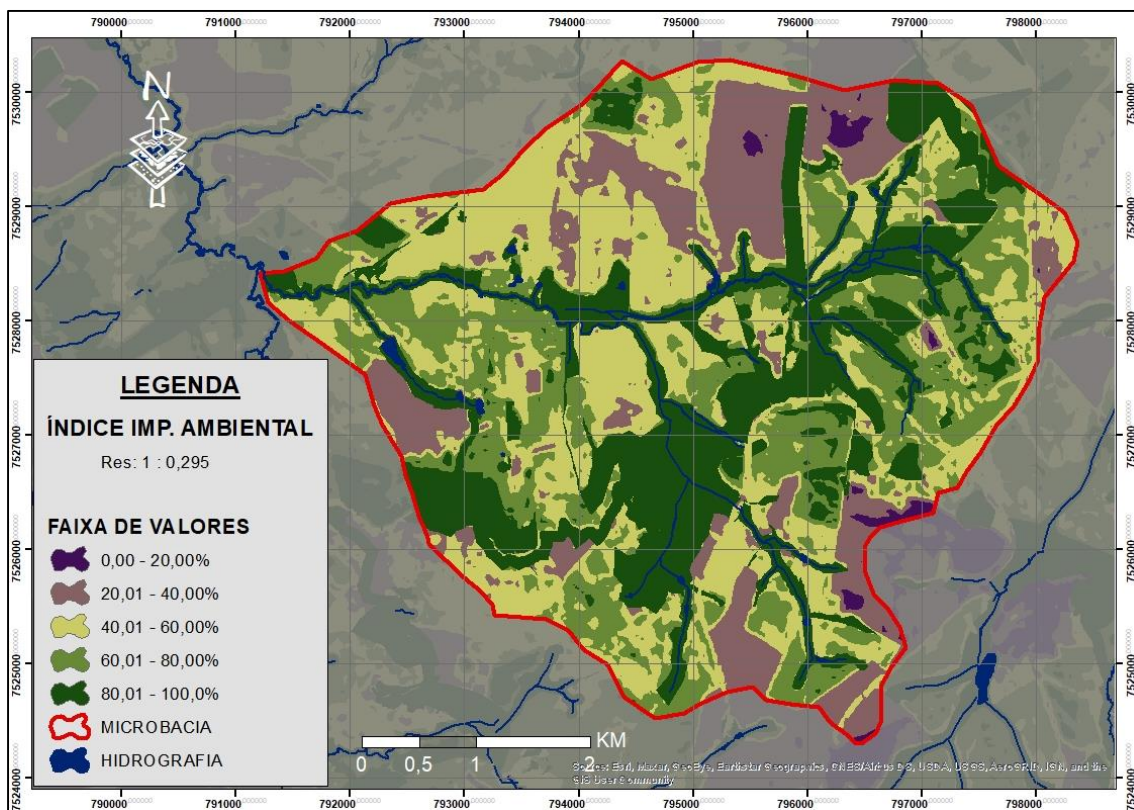
O C_{IA} Ponderado é obtido por meio da relação entre a soma das áreas por grau de importância multiplicado pelo índice do grau de importância e a área total dos indicadores, conforme descrito na Equação (7):

$$C_{IA} \text{ Ponderado} = \frac{\Sigma ((\text{Área}_{Sn.Alto} \times \text{Índice}_{Sn.Alto}) + (\text{Área}_{Sn.médio} \times \text{Índice}_{Sn.médio}) + (\text{Área}_{Sn.baixa} \times \text{Índice}_{Sn.baixa}))}{\Sigma \text{Área Total}} \quad (7)$$

Figura 8 - Mapa síntese de importância ambiental

31

REALIZAÇÃO



Fonte: Elaborado pelos Autores

Tabela 19 – Cálculo do Coeficiente de Importância ambiental ponderado

Indicador Ambiental	Área mapeada por Grau de Importância (ha)			Índices das Funções Ecosistêmicas			CIA Ponderado
	Alta (ha)	Média (ha)	Baixa (ha)	Alta (%)	Média (%)	Baixa (%)	
S1	1.928,98	355,69	215,33	13,64%	6,06%	1,52%	11,52%
S2	116,53	2.116,12	267,35	12,12%	9,43%	4,04%	8,98%
S3	2.037,44	287,12	175,44	10,61%	4,71%	0,39%	9,22%
S4	192,46	2.175,00	132,54	13,64%	7,58%	3,03%	7,81%
S5	2.115,21	197,23	187,56	12,12%	8,08%	2,69%	11,09%
S6	0,00	0,00	2.500,00	7,58%	4,21%	2,53%	2,53%
S7	0,00	0,00	2.500,00	4,55%	3,03%	2,02%	2,02%
S8	1.999,30	302,58	198,12	13,64%	7,58%	0,51%	11,87%
S9	2.036,92	275,59	187,49	12,12%	6,73%	0,19%	10,63%
CIA PONDERADO (Σ)							75,66%

Pela Equação 3, temos:

- $VA = C_{ia} \times F_{CA} \times VTN$
- $VA = 0,7566 \times 1,00 \times (R\$100.000/ha \times 2.500ha)$
- $VA = R\$ 189.150.000,00$

Pela Equação (1), temos

- $\Sigma V = VA + V - PA$
- $\Sigma V = R\$ 189.150.000 + R\$ 300.000.000 - R\$ 50.000.000$
- $\Sigma V = R\$ 439.150.000,00$

Consequentemente, a avaliação total do imóvel, considerando seu, Valor de Mercado (terra, benfeitorias e animais), Passivo Ambiental e Valor Ambiental, o qual foi determinado por meio do método quantitativo pelo Coeficiente de Importância Ambiental Ponderado ($C_{IA \text{ Ponderado}}$), totalizou R\$ 439.150.000,00 (quatrocentos e trinta e nove milhões e cento e cinquenta mil reais).

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Ao resgatar o objetivo do presente estudo, evidencia-se que a sua principal contribuição consiste na apresentação de um método multicritério para tomada de decisão, utilizado na determinação dos coeficientes de importância ambiental, focado nos serviços ecossistêmicos prestados, como meio de valoração ambiental.

O artigo apresentou a construção do método AHP, com suas operações matemáticas, a forma de construir os critérios, subcritérios e alternativas para a aplicação do método, com base nos serviços ecossistêmicos prestados pelas áreas ambientais, os quais devem ser analisados para se atingir o objetivo final.

Verificou-se que o método atingiu o objetivo final de determinar os coeficientes de importância ambiental para cada grau de importância verificado pelos indicadores ecossistêmicos, fornecendo embasamento suficiente para que o profissional da engenharia de avaliações consiga tomar sua decisão na valoração do imóvel. É importante destacar que o método AHP apresenta-se como uma valiosa ferramenta para os avaliadores, permitindo a tomada de decisões imparciais e desprovidas de interesses particulares, contribuindo para minimizar o risco de tendenciosidade no processo decisório. Por meio da aplicação deste método, é possível maximizar a precisão na valoração dos serviços ecossistêmicos prestados por áreas ambientais.

O modelo desenvolvido neste estudo configura-se como um referencial para outras aplicações no campo da engenharia de avaliações ambientais, em virtude da contribuição que oferece ao disponibilizar critérios, subcritérios e indicadores ecossistêmicos que podem ser utilizados como base para outros estudos. Como sugestão para pesquisas futuras, é possível combinar o método AHP com outras metodologias de tomada de decisão e técnicas para a determinação de coeficientes de importância ambiental, bem como incluir novos indicadores ecossistêmicos, visando aprimorar o método e atingir resultados cada vez mais precisos e justos na valoração ambiental. Dessa maneira, será possível obter resultados mais confiáveis na determinação de indenizações em processos de valoração ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, S. C. C.; GONÇALVES, L.M. **Indicadores de Sustentabilidade Urbana no Brasil - uma análise sob a ótica da NBR ISO 37.120/2017**. In: Pluris, 2018, Coimbra - Portugal. Atas do Congresso Pluris. Universidade de Coimbra: Departamento de Engenharia Civil, 2018. v. 1. p. 839-941.

BESTEIRO, A. M.; PAIVA, G.; MIUCCIATO V.; BUENO, J.; SALOMON, V. A. P. (2009). **A Utilização do método AHP para traçar, como ferramenta para o auxílio a decisão de um candidato**, a escolha de um curso de engenharia Universidade Estadual Paulista – UNESP. Disponível em <http://www.aedb.br/seget/artigos09/226>. Acesso em: 20 novembro 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Serviços ecossistêmicos**. Brasília, DF: Presidência da República, [2023]. Disponível em: < <https://antigo.mma.gov.br/component/k2/item/15320-servi%C3%A7os-ecossist%C3%AAmicos.html#servi%C3%A7os-ecossist%C3%AAmicos>>. Acesso em 19 de abril de 2023a.

_____. **Lei nº 14.119, de 13 de Janeiro de 2021**. Brasília, DF: Presidência da República, [2021]. Disponível em: < <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.119-de-13-de-janeiro-de-2021-298899394>>. Acesso em: 19 abril 2023b.

BRIOZO, R. A.; MUSETTI, M. A. Método multicritério de tomada de decisão: aplicação ao caso da localização espacial de uma Unidade de Pronto Atendimento–UPA 24 h. **Gestão & Produção**, v. 22, p. 805-819, 2015.

CABRAL, A. L. A. *et al.* Uso de Instrumento de Suporte à Tomada de Decisão para Gestão dos Recursos Hídricos no Estado de Minas Gerais. **Caminhos de Geografia**, v. 20, n. 72, p. 315-325, 2019.

CRUZ, E. T. L. O. **Analytic hierarchy process no apoio a tomada de decisão em localização de uma base logística de brigada**. 2018. 192f. Dissertação (Mestre em Ciências Militares) – Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, Rio de Janeiro, 2018.

ENSSLIN, L. **Apoio à decisão: Metodologia para a estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas**. Florianópolis: Insular, 2001.

FAN, K.; CHU, H.; ELDRIDGE, D. J.; GAITAN, J. J.; LIU, Y. R.; SOKOYA, B.; DELGADO-BAQUERIZO, M. Soil biodiversity supports the delivery of multiple ecosystem functions in urban greenspaces.. **Nature Ecology & Evolution**, v. 7, n. 1, p. 113-126, 2023.

FIORENTIN, A. M. X.; LIMA, M. R. C.; SCARPINELLA, G., A.; FIORENTIN, T. D.; GONÇALVES, L. M. **Cálculo do coeficiente de servidão de passagem com o uso de métodos de apoio à tomada de decisão com múltiplos critérios**. 21ª Conferência Internacional da LARES. São Paulo, 2022.

IBAPE/SP (Org.). **Norma de Valoração de Áreas Ambientais (IBAPE/SP): 2020.** São Paulo: IBAPE/SP, 2020.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Guia metodológico para implantação de infraestrutura verde.** Livro eletrônico. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo: Fundação de Apoio ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas – FIPT, 2020.

JANNUZZI, P. de M.; MIRANDA, W. L. de; SILVA, D.S.G da. Análise multicritério e tomada de decisão em políticas públicas: aspectos metodológicos, aplicativo operacional e aplicações. **Revista Informática Pública**, v. 11, n. 1, p. 69-87, 2009.

MONTEIRO, R. R., SANTOS, G. R. S., JUNIOR, A. W. B. H., DA SILVEIRA CARVALHO, F. R., COELHO, L. V. O., & DOS SANTOS, A. C. (2023). Convenção da Diversidade Biológica, Lei Federal Nº 13.123/15 e Comunidades Tradicionais: Reflexões Jurídico-Normativas e sobre o Estado da Arte. **Biodiversidade**, v. 22, n. 1, 2023.

NADALINI, A. C. V. **Valoração socioambiental em áreas de preservação permanente no rio do Sal em Aracaju/SE.** XVIII COBREAP - Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias - IBAPE/MG – 2015.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. 2020.** Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 07 ago. 2022.

NADALINI, A. C. V; NETO JR, J. D. S. **Valoração do Dano Ambiental devido à Construção em Área de Preservação Permanente.** XXI COBREAP - Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias - IBAPE/GO – 2021.

ROCHA, V. L. F. **Monitoramento de indicador de qualidade de ar por processamento de imagens de satélite.** 2022. 47f. Universidade Federal de Sergipe, 2022.

RODRIGUES, F. H., MARTINS, W. C.; MONTEIRO, A. B. F. C. (2001). **O Processo de Decisão Baseado em um Método de Análise Hierárquica na Tomada de Decisão Sobre Investimentos.** In J. V. Caixeta Fo. & R. S. Martins (Eds.), *Gestão logística do transporte de cargas.* São Paulo: Atlas.

RODRIGUES, F. R.; LOPES, E. R. N.; LOURENÇO, R. W. Análise Integral dos Impactos Urbanos em Áreas Verdes: Uma Abordagem em Sorocaba, Brasil. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 46, n. 2, p. 135-151, 2019.

ROQUE, A. M. (2022). **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 e Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNS).** 2022. 147f. Tese (Doutorado em Saúde e Ambiente) – Universidade Tiradentes, 2022.

SAATY, T. L. **Método de análise hierárquica.** São Paulo: Makron Books, 1991.

SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. **Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process** (2 ed., International Series in Operations Research & Management Science, 175). New York: Springer. 2012. 345 p.

SILVA, A. J.; GENÚ, J. M.; REIS, J. V. Breve estudo de Impacto Ambiental urbano utilizando a matriz de checklist em um bairro da cidade do Recife (Brasil). **Meio Ambiente (Brasil)**, v. 2, n. 2, 2020.

VARGAS, R. V. (2010). **Utilizando a programação Multicritério (Analytic Hierarchy Process –AHP) para selecionar e priorizar projetos na gestão de portfólio**. PMI Global Congress 2010 – North America. Washington –DC – EUA- 2010. Disponível em www.ricardo-vargas.com. Acesso em 16 janeiro 2014.

VINCKE, P. **Multicriteria decision-aid**. Chichester: John Wiley & Sons, 1992.

WANG, J.; CHENG, C.; HUANG, K. **Fuzzy hierarchical TOPSIS for supplier selection**. **Applied Soft Computing**, v. 9, n. 1, p. 377-386, 2009.

WU, D., XU, C.; WANG, S.; ZHANG, L.; KORTSCH, S. (2023). Why are biodiversity—ecosystem functioning relationships so elusive? Trophic interactions may amplify ecosystem function variability. **Journal of Animal Ecology**, v. 92, n. 2, p. 367-376, 2023.

YANG, J.; LEE, H. (1997). An AHP decision model for facility location selection. **Facilities**, **15**(Iss: 9), 241-254. <http://dx.doi.org/10.1108/02632779710178785>.