



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ – UFPA  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA – ITEC  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL – FEC

EDELICIO CELIO KORELL NETO  
RODOLFO SILVA BARBOSA

**MAPEAMENTO ESTRATÉGICO PARA AQUISIÇÃO DE APARTAMENTOS EM  
ZONA URBANA DA CIDADE DE BELÉM/PA: PROPOSTA DE MODELAGEM  
MULTICRITÉRIO AHP-TOPSIS**

BELÉM – PA  
2022

EDELICIO CELIO KORELL NETO

RODOLFO SILVA BARBOSA

**MAPEAMENTO ESTRATÉGICO PARA AQUISIÇÃO DE APARTAMENTOS EM  
ZONA URBANA DA CIDADE DE BELÉM/PA: PROPOSTA DE MODELAGEM  
MULTICRITÉRIO AHP-TOPSIS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito para obtenção  
do Título de Bacharel em Engenharia Civil  
no Instituto de Tecnologia – ITEC da  
Universidade Federal do Pará – UFPA.

Orientador: Professor Dr. Ricardo Bentes  
Kato.

BELÉM – PA

2022

**EDELICIO CELIO KORELL NETO  
RODOLFO SILVA BARBOSA**

**Título: MAPEAMENTO ESTRATÉGICO PARA AQUISIÇÃO DE APARTAMENTOS  
EM ZONA URBANA DA CIDADE DE BELÉM/PA: PROPOSTA DE MODELAGEM  
MULTICRITÉRIO AHP-TOPSIS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
submetido à Faculdade de Engenharia  
Civil, FEC, da Universidade Federal do  
Pará, como requisito para obtenção de  
Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Este trabalho foi julgado em 16 de dezembro de 2022 adequado para obtenção do  
Grau de Engenheiro Civil, e aprovado na sua forma final pela banca examinadora que  
atribuiu o conceito BOM.

---

Prof.º Dr. Ricardo Bentes Kato  
ORIENTADOR

---

Prof.º Dr. Frederico Guilherme Pamplona Moreira  
MEMBRO DA BANCA EXAMINADORA

---

Prof.º Dr. Érico Gaspar Lisboa  
MEMBRO DA BANCA EXAMINADORA

## **AGRADECIMENTOS**

Queremos começar agradecendo primeiramente a Deus, pois sem ele nada disso seria possível, e fez com que nossos objetivos fossem alcançados, durante todos esses anos de estudo.

Aos amigos e familiares por todo apoio e pela ajuda, que muitos contribuíram para a realização deste curso.

Aos professores, pelos ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso.

À instituição UFPA, essencial no processo de formação educacional e profissional.

A todos aqueles que contribuíram, de alguma forma, para a realização desse sonho.

*“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”.*

*Albert Einstein*

## RESUMO

Este trabalho apresenta o mapeamento estratégico para aquisição de apartamentos na cidade de Belém do Pará utilizando um método multicritério de apoio à decisão. As alternativas foram escolhidas aleatoriamente no caderno Classificados de um jornal local de grande circulação e também em um marketplace, respeitando limites previamente estabelecidos para cada critério. O método utilizado foi o AHP-TOPSIS para classificar e ordenar as alternativas e, ao final, produzir o mapeamento estratégico. O método aplicado foi considerado confiável, pois apresentou resultados satisfatórios, embora tenha apresentado um ponto negativo, que foi a pouca variação dos valores dos IPA'S, o que resultou em mapas com cores sem grandes variações.

**Palavras-chave:** AHP. TOPSIS. Mapeamento. Método. Multicritério.

## **ABSTRACT**

This work presents the strategic mapping for the acquisition of apartments in the city of Belém do Pará using a multicriteria decision support method. The alternatives were randomly chosen from the Classifieds section of a local newspaper with large circulation and also from a marketplace, respecting previously established limits for each criterion. The method used was the AHP-TOPSIS to classify and order the alternatives and, in the end, produce the strategic mapping. The applied method was considered reliable, as it presented satisfactory results, although it had a negative point, which was the little variation in the values of the IPA'S, which resulted in maps with colors without great variations.

**Key words:** AHP. TOPSIS. Mapping. Method. Multicriteria.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 – Fases da construção de modelos multicritérios .....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 2 – Área de estudo.....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 3 – Matriz hierárquica.....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 4 – Importância relativa dos critérios .....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 5 – Mapeamento estratégico – perfil 1.....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 6 – Mapeamento estratégico – perfil 2.....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 7 – Mapeamento estratégico – perfil 3.....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 8 – Mapeamento estratégico – perfil 4.....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 9 – Mapeamento estratégico – perfil 5.....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 10 – Mapeamento estratégico – perfil 6.....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 11 – Mapeamento estratégico – perfil 7.....</b>	<b>39</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 2 – Escala fundamental de Saaty</b> .....	21
<b>Tabela 3 - Limites de cada critério</b> .....	29
<b>Tabela 4 – Tabela de Padrão Construtivo</b> .....	30
<b>Tabela 5 – Tabela de Suscetibilidade</b> .....	30
<b>Tabela 6 – Tabela de Localização</b> .....	31
<b>Tabela 7 – Valores obtidos da verificação de consistência</b> .....	32

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>1.1. OBJETIVO .....</b>	<b>11</b>
1.1.1. Objetivos gerais.....	11
1.1.2. Objetivos específicos.....	11
<b>1.2. ESTRUTURA DA MONOGRAFIA .....</b>	<b>11</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1. CONCEITOS INICIAIS.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2. AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO COM ENFOQUE MULTICRITÉRIO ..</b>	<b>14</b>
<b>2.3. MÉTODO AHP-TOPSIS.....</b>	<b>20</b>
<b>2.4. SOFTWARE GOLDEN SURFER® .....</b>	<b>24</b>
2.4.1. Método de interpolação Inverso da Distância à Potência.....	24
<b>3. PROPOSTA METODOLOGICA .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1. CARACTERIZAÇÃO DA AREA DE ESTUDO .....</b>	<b>26</b>
<b>3.2. ÍNDICE DE PRIORIDADE DE AQUISIÇÃO (IPA) DE IMOVEIS .....</b>	<b>27</b>
<b>3.3. MAPEAMENTO ESTRATÉGICO COM BASE NO IPA .....</b>	<b>33</b>
<b>4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DO RESULTADOS .....</b>	<b>33</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>41</b>
<b>TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>43</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>44</b>
<b>ANEXO A – Dados_Avaliação.....</b>	<b>44</b>
<b>ANEXO B – Dados_Avaliação_Interpolação.....</b>	<b>44</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A avaliação de imóveis é utilizada na grande maioria dos negócios, discussões e pendências interpessoais e sociais em nossas comunidades. Podemos ver ela presente em diversas situações, como na compra ou na venda de casas, lojas comerciais, instalações industriais, aluguéis, na reavaliação de ativos de empresas, em atendimento à legislação vigente, na partilha oriunda de heranças, meações ou divórcios, no lançamento de impostos, nas hipotecas imobiliárias, nas divergências que originam ações demarcatórias, possessórias, nas indenizações, nas desapropriações e servidões. Dessa forma, avaliação de imóveis está presente em um número expressivo de ações oriundas de problemas inerentes aos relacionamentos humanos, onde o valor de um bem assume importância fundamental (NADAL, JULIANO E RATTON, 2003).

Atualmente o mercado imobiliário vem crescendo progressivamente. No decorrer de uma transação imobiliária é habitual um bem possuir valores diferentes em cada etapa do processo de compra e venda. Com isso são usados métodos e técnicas diferentes na hora de calcular e de obter o valor de um bem. Podemos identificar as particularidades que caracterizam uma residência em particular e os aspectos que influenciam seu valor. Para fazer tais coisas são necessárias, além do conhecimento teórico e técnico, também a experiência acumulada na vivência prática e no bom senso. É importante lembrarmos que nenhum imóvel é totalmente igual ao outro, do mesmo modo que o mercado imobiliário é dinâmico, visto que representa uma realidade temporal e comercial e seus principais agentes são seres humanos, ainda que ditados por imposições socioculturais e procedimentos legais (FARIAS, 2018).

Dessa forma, no contexto de avaliação de imóveis, foi proposto a elaboração de um mapeamento estratégico de auxílio à tomada de decisão por meio de um método multicritério para aquisição de imóveis do tipo apartamento na cidade de Belém do Pará.

## 1.1. OBJETIVO

### 1.1.1. Objetivo geral

O objetivo deste trabalho consiste na elaboração do mapeamento estratégico para aquisição de apartamentos da zona urbana da cidade de Belém do Pará utilizando o método multicritério AHP-TOPSIS de apoio à tomada de decisão.

### 1.1.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos do presente trabalho são:

- Fazer um survey e obter os principais critérios para a compra de um apartamento;
- Fazer o levantamento dos dados dos imóveis, consultando classificados de jornais locais e marketplace;
- Obter uma matriz hierárquica entre os critérios, utilizando os pesos obtidos através do método AHP;
- Fazer a verificação de consistência para garantir que a matriz de comparação de pares seja razoável e aceitável;
- Integrar o valor dos pesos, obtidos pelo método AHP, ao método TOPSIS;
- Obter os valores dos IPA's, a partir do método TOPSIS;
- Montar o mapeamento estratégico utilizando o GOLDEN SURFER®.

## 1.2. ESTRUTURA DA MONOGRAFIA

A estrutura deste trabalho está organizada em 5 capítulos. No capítulo 1 apresenta-se uma introdução sobre o tema abordado, bem como o objetivo deste trabalho. O capítulo 2 traz uma revisão bibliográfica sobre os conceitos envolvidos no desenvolvimento do trabalho. O capítulo 3 apresenta a base teórica sobre os métodos AHP-TOPSIS, utilizado neste trabalho, e também o desenvolvimento metodológico para aplicação dos métodos, bem como o procedimento para produzir os mapeamentos estratégicos para aquisição de unidades imobiliárias do tipo

apartamento. Para a produção dos referidos mapas, recorre-se ao método de interpolação determinístico do tipo IDW (*Inverse Distance Weighted*) operacionalizado pelo software GOLDEN SURFER®. O capítulo 4 mostra os resultados e as discussões a respeito da aplicação do método. O capítulo 5 apresenta as conclusões.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo reúne os principais conceitos sobre o assunto em questão. Para a sua elaboração, foram consultadas literaturas relevantes que abordam o tema.

### 2.1. CONCEITOS INICIAIS

Os procedimentos de cálculo para estimar o valor de um bem imóvel urbano são normatizados pela ABNT NBR 14.653 e suas partes integrantes. Com ênfase nas partes 1 e 2 desta norma, o método comparativo direto de mercado (MCDDM) deve ter sua utilização preferenciada.

O MCDDM é desenvolvido por tratamento de fatores homogeneizantes ou científico. Em geral, pelas limitações de alguns fatores, face as restrições quanto a validação, abrangências regionais na sua aplicação; condiciona-se que, na prática da Engenharia de Avaliações, é usual adotar o tratamento científico.

O tratamento científico é caracterizado pela aplicação da regressão estatística linear (simples ou múltipla). Referido na NBR 14.653/2 (ABNT, 2011), a prática da regressão linear recorre ao método dos mínimos quadrados ordinários para calcular o(s) estimador(es) da(s) variável(is) independente(s), produzindo uma função que estima o valor da variável dependente (geralmente associado ao valor total ou unitário de um bem imóvel), a uma parcela de erros correspondentes.

Para aplicar a estatística de regressão linear, se deve analisar o cumprimento de alguns requisitos, os ditos pressupostos ou axiomas (hipóteses de Gauss-Markov), os quais sejam:

- Modelo de regressão é linear nos parâmetros;
- Amostragem aleatória;
- Homocedasticidade;
- Normalidade dos resíduos [erros];
- Multicolinearidade.

Casos estes pressupostos não sejam violados, o teorema de Gauss-Markov considera que os estimadores, calculados pelo método dos mínimos quadrados ordinários, são do tipo BLUE (*Best Linear Unbiased Estimators*). Assim, o modelo estatístico produzido pode estimar o valor médio, mínimo e máximo de um bem imóvel, por um intervalo de confiança admissível e com nível de significância satisfatória.

Entretanto, os referidos pressupostos são condicionantes limitadores para a utilização do modelo para extrapolações. Ainda assim, embora os estimadores sejam aferidos na tentativa de minimizar a parcela de erros, a própria imprecisão dos dados coletados no mercado imobiliário também é um limitador da utilização do modelo de regressão linear que podem implicar em restrições quanto a precisão das estimativas de valor.

Neste contexto, Balchin e Kieve (1986); Robinson (1979) referiram que a comparação entre bens imóveis, considerando o efeito dos atributos de cada um, a natureza heterogênea de valor, a imobilidade e durabilidade, exige a ponderação entre variados destes atributos de interesse, de modo que bens imóveis são denominados de “bens compostos”.

Deste modo, recorrer a modelizações que possam superar tais limitações, tem levado o desenvolvimento de muitos trabalhos que utilizam métodos multicritérios de auxílio à decisão no processo de avaliação e definição de valores referenciais de imóveis.

Considerando que, inúmeros são os atributos que podem agregar valor a um bem imóvel, os métodos multicritérios têm sido aplicados para auxiliar a tomada de decisão pelo ponto de vista dos decisores (compradores, vendedores e investidores). Por esta concepção, a avaliação de imóveis é um problema de natureza multiatributo (ou multiobjetivo ou multicritério).

Neste contexto, pela aplicação do método multicriterial proposto por Gomes e Lima (1992), nomeadamente o método TODIM (método de Tomada de Decisão Interativa Multicritério), poucos estudos como o de Range e Gomes (2007) foram conduzidos para avaliar o valor de aluguéis residenciais, sob o ponto de vista do locador e locatário. Assim se faz necessário referenciar sobre como esse processo de auxílio de tomada de decisão é concebido.

## 2.2. AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO COM ENFOQUE MULTICRITÉRIO

O principal objetivo de uma análise multicritério de auxílio à tomada de decisão é proporcionar ferramentas que permitam a resolução de problemáticas que, na maioria das vezes, se apresentam com pontos de vistas contraditórios (VINCKE, 1992). No geral, a análise multicritério foi colocada como crítica à teoria clássica das escolhas econômicas, que maximiza uma função de utilidade única, impessoal e estática baseada no princípio de agregação unicriterial.

Jacquet-Lagrize (1983) referiu que este princípio representa racionalidade econômica que se abstrai dos interesses particulares de cada ator ou decisor (e.g., técnicos, população, grupos de interesse, responsáveis políticos) para a tomada de decisão. A este propósito, os primeiros estudos formais sobre a análise de múltiplos critérios foram desenvolvidos no início do século XIX pós-revolução francesa (BARBAROMERO e POMEROL, 1997).

A formalização dos métodos para avaliação de múltiplos critérios para auxílio à tomada de decisão, como atualmente se enquadra na área da pesquisa operacional, tiveram suas bases na teoria do planejamento (MAASS, 1962). Por esta base teórica, Belton e Steward (2003) distinguiram, pelo menos, três fases fundamentais para a construção de um modelo multicritério:

- Identificação e estruturação do problema;
- Construção e utilização de um modelo multicritério; e,
- Desenvolvimento, cuja interação entre as fases é intercedida pela concordância entre os diversos atores, mostrado na Figura 1.

**Figura 1 – Fases da construção de modelos multicritérios**



**Fonte: Autores, 2022.**

A fase de identificação e estruturação de um problema é caracterizada a partir da identificação e geração de diferentes tipos de elementos primários (objetivos e características) de avaliação e pelo estabelecimento das relações estruturais entre eles, pela diferenciação das suas funções no processo de avaliação e por uma descrição tão completa e rigorosa quanto possível deste todo (BANA e COSTA, 1993). É nesta fase que também se identifica os pontos de vistas do decisores.

Roy e Bouyssou (1993), Figueiras et al., (2005) referiram e analisaram que esta fase trata de pelo menos quatro problemáticas de referência:

- Seleção ( $P_{\alpha}$ ): tem como objetivo selecionar (ou escolher) uma alternativa considerada a “melhor” (ou “ideal”) para a globalidade dos critérios e no conjunto de todas as alternativas a serem consideradas;
- Classificação ( $P_{\beta}$ ): tem como objetivo atribuir para cada uma das alternativas uma correspondente categoria (ou classe), a qual seja pré-definida e mais adequada;
- Ordenação ( $P_{\gamma}$ ): tem como objetivo recomendar uma ordenação (ou seriação), parcial ou completa, do conjunto de alternativas; e,
- Descrição ( $P_{\delta}$ ): tem como objetivo descrever as alternativas a serem consideradas através de suas consequências e formalizar um respectivo

procedimento cognitivo (i.e., esclarecer qual a decisão a ser tomada por uma descrição em linguagem adequada).

Dias (2000) argumentou que, tanto a problemática  $P_\alpha$  como  $P_\gamma$  são baseadas em julgamentos relativos, que envolvem comparações de pares de alternativas. Por outro lado, a problemática  $P_\beta$  é baseada em julgamentos absolutos, de tal modo que para cada alternativa seja atribuída uma categoria específica e pré-definida.

A este propósito, Dias (2000) referiu que, existem métodos que enfatizam as quatro problemáticas de decisão, evidenciando que os métodos que se dedicam a problemática  $P_\gamma$  podem ser utilizados no contexto de uma problemática  $P_\alpha$ .

Entretanto, para que a estruturação de uma problemática de decisão seja correta, se faz necessário que um conjunto de critérios forme uma família de critérios coerentes e que satisfaçam os axiomas de Roy (ROY, 1985; 1996):

- Exaustividade: consideram-se como indiferentes duas alternativas que apresentam desempenhos iguais em todos os critérios;
- Coesão: impõe-se uma análise correta de quais são os critérios de maximização e quais os de minimização;
- Não-redundância: impõe-se a excluir critérios que estejam avaliando características já avaliadas por outro critério. Para cumprir este axioma, é requerido que não se possa retirar nenhum critério da família de critérios, sem que ao menos se possa afetar a exaustividade e coesão.

A fase de construção e utilização de um modelo multicritério é dependente do contexto, dos agentes de decisão (atores) e da estrutura de preferência para eleição de uma alternativa em detrimento de um conjunto de alternativas. Assim, seja um conjunto  $A$  das alternativas; constituem-se um conjunto de relações binárias  $H (H_1, \dots, H_i)$  sobre  $A$  que satisfaçam às exigências de exaustividade e não redundância.

Gomes e Gomes (2002) referiram que, a relação  $H$  sobre um conjunto  $A$  é uma partição do conjunto de pares ordenados  $a \times a$ . Esta partição cria dois subconjuntos de  $a \times a$ : o primeiro identificado por  $b$ , que é o subconjunto de pares ordenados que estão na relação  $H$ ; o segundo, identificado por  $b^-$ , se for igual a  $\{a \times a\} - b$ , de modo que os pares ordenados que não estão na relação  $H$ .

Devido à importância das relações  $H$  para a modelagem de preferências de um agente de decisão, cinco propriedades clássicas de  $H$  sobre um conjunto  $A$  apresentam-se:

- Reflexividade:  $a H a$  ou  $(a,a) \in b$ ;
- Irreflexibilidade: não  $[a H a]$  ou  $(a,a) \notin b$ ;
- Simetria:  $a H b$  ou  $(a,b) \in b \rightarrow (b,a) \in b$ ;
- Assimetria: não  $a H b$  ou  $(a,b) \in b \rightarrow (b,a) \notin b$ ;
- Transitividade:  $[a H b \text{ e } b H c] \rightarrow a H c$  ou  $(a,b) \in b \text{ e } (b,c) \in b \rightarrow (a,c) \in b$ .

Considerando o exemplo citado por Roy e Bouyssou (1993), dadas duas alternativas  $a$  e  $b$  do conjunto  $A$ , existe só uma relação  $H$  que se aplica ao par, de modo que se apresentam quatro relações fundamentais de preferência:

- Indiferença ( $a I b$ ): significa que há razões claras e positivas que possam justificar a indiferença na escolha entre as duas alternativas  $a$  e  $b$ . Esta relação é simétrica e reflexiva;
- Preferência estrita ( $a P b$ ): significa que a existência de critérios que possam provocar o favorecimento da escolha da alternativa  $a$  em relação à alternativa  $b$ . A relação binária  $P$  é assimétrica e irreflexiva;
- Preferência fraca ( $a Q b$ ): significa que existe dúvidas entre ( $a I b$ ) e ( $a P b$ ). A relação binária  $Q$  é assimétrica e irreflexiva;
- Incomparabilidade ( $a R b$ ): significa a inexistência de situações que legitimem a indiferença e as preferências estritas e fracas. A relação binária  $R$  é simétrica e irreflexiva.

Passadas em revista as relações fundamentais de preferências, ressalta-se que há inúmeros métodos de análise multicritérios de auxílio à decisão. A maioria dos autores que aplicam a modelagem multicritério para analisar os diversos tipos de problemas de decisão, recorrem a seguinte classificação:

- Métodos de subordinação e síntese ou escola francesa (ou europeia);
- Métodos da escola norte-americana;
- Métodos interativos;
- Métodos híbridos;
- Métodos da Escola Holandesa.

A escola francesa (europeia) caracteriza-se por utilizar modelos flexíveis, de tal modo que não se necessita de comparações entre alternativas e da obrigação de decidir, por meio de uma estrutura hierárquica de critérios. Os métodos mais expressivos da escola francesa de auxílio à decisão são os métodos ELECTRE e PROMÉTHEÉ (FÜLÖP, 2005; HYDE e MAIER, 2006).

Por outro lado, foi com impulso da pesquisa operacional durante a 2ª guerra mundial, que a análise multicritério de auxílio à decisão no ambiente militar norte-americano ganhou destaque. Os métodos desta escola caracterizam-se por serem do tipo aditivo (ou de agregação), os quais consideram a lógica da compensação, de tal modo que entre os critérios existe uma relação de importância (peso) que advém do conceito de “taxa de substituição” (*trade-off*).

Pela lógica da compensação, os métodos MAUT (*Multiattribute Utility Theory*); SMART (*Simple Multi-Attribute Rating Technique*) (KEENEY e RAIFFA, 1976); (SALOMON, 2004); SAW (*Simple Additive Weighting*) (JANIC-REGGIANI, 2002) são frequentemente adotados pela concepção da escola norte-americana. Por esta concepção, um dos modelos multicritérios mais utilizados é o modelo AHP (SAATY, 1980).

Costa (2002) referiu que o modelo AHP baseia-se numa concepção newtoniana e cartesiana de pensar, tratando complexidades pela decomposição e divisão do problema em fatores. Estes fatores podem ainda ser decompostos em novos fatores até ao nível mais baixo, claros, dimensionáveis e estabelecendo relações para depois sintetizar.

Ainda no âmbito dos métodos de agregação, Behzadian et al., (2012) referiram sobre o método TOPSIS. Proposto por Hwang e Yoon (1981), o TOPSIS é útil para priorizar alternativas. Além da menor complexidade computacional, uma de suas vantagens é ser adequado à problemas com grande número de critérios e alternativas, especialmente nos casos em que os critérios são de natureza quantitativa (LIMA JUNIOR; CARPINETTI, 2015). Entretanto, o método TOPSIS é inadequado para modelizar variáveis qualitativas. Ainda assim, apresenta dificuldade para definir pesos, de modo que pode haver inversão no *ranking*.

No geral, implícita ou explicitamente, Gomes e Gomes (2002) consideraram que todos os métodos multicritério de auxílio à decisão fundamentam-se pela teoria

da preferência e teoria da não-dominância. Neste âmbito, Linkov et al., (2006), por meio de uma vasta revisão de literatura, compararam vários modelos multicritérios de auxílio à decisão, quer da escola francesa, quer da escola americana.

Os modelos que incorporaram critérios subjetivos, de difícil representação matemática, e.g., aqueles associados a critérios de natureza social e socioambientais, apresentam limitações para que as técnicas de otimização sejam utilizadas. Diante desta limitação, Zuffo (2009) referiu que se pode recorrer a matemática “fuzzy”, que é capaz de representar a subjetividade de alguns critérios de difícil compreensão.

Os métodos interativos têm por objetivo auxiliar e melhorar os processos de tomada de decisão, especialmente em tarefas complexas e mal estruturadas que requerem a apreciação crítica e o julgamento dos atores (GOMES e GOMES, 2002). Referidos por Steuer et al., (1996) e Steuer and Gardiner (1994), estes métodos, com interações de tentativa e erro, estão divididos em: métodos de pesquisa de linha, de redução de espaço de pesos (coeficiente de peso), de redução do espaço das funções objetivo; e, métodos de contração de cones dos gradientes das funções objetivos.

Os métodos multicritérios híbridos se caracterizam por utilizarem conceitos de duas ou mais escolas anteriormente referidas.

No âmbito das escolas não anteriormente referidas, a escola holandesa e a pesquisa operacional (P.O) “Soft” não utilizam os conceitos das escolas americanas e francesas e não possuem nenhuma base axiomática.

Para caracterizar estes métodos, Rosenhead (1989) exemplificaram os métodos SODA (*Strategic Options Development and Analysis*) e SSM (*Soft Systems Methodology*), bem como o método *Strategic Choice*, que inclui a *Analysis of Inter-connected Decision Areas* (AIDA) e a *Strategic Choice and Robustness Analysis*.

A fase de desenvolvimento se caracteriza por efetuar análises de sensibilidades e robustez dos resultados do modelo multicritério. Por esta análise torna-se possível verificar os componentes essenciais da elaboração de recomendações sobre a atratividade de diferentes alternativas.

Após as questões introdutórias e passar em revista o estado-da-arte sobre a teoria das decisões com enfoque multicritério; este trabalho propõe uma metodologia baseada no método multicritério híbrido TOPSIS-AHP, para estimar um índice de preferência de aquisição de apartamento (IPA).

### 2.3. MÉTODO AHP-TOPSIS

Proposto por Hwang e Yoon (1981), o método TOPSIS segue etapas a serem cumpridas:

- Definição de uma matriz de decisão,  $k$ , correspondente ao desempenho de  $n$ -alternativas ( $A_i$ , sendo  $i = 1, 2, \dots, n$ ) associado a  $m$ -critérios ( $C_j$ , sendo  $j = 1, 2, \dots, m$ ).

$$k = \begin{bmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & \dots & x_{1,j} & \dots & x_{1,m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{i,1} & x_{i,2} & \dots & x_{i,j} & \dots & x_{i,m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n,1} & x_{n,2} & \dots & x_{n,j} & \dots & x_{n,m} \end{bmatrix} = [A_i \cdot C_j]_{n,m} \quad (1)$$

- Definição dos pesos ( $w_j$ ) de cada um dos critérios  $C_j$ , de tal modo que seja satisfeito:

$$w_j = [w_1, w_2, \dots, w_m] \quad (2)$$

Os pesos dos critérios foram atribuídos pelo método AHP (SATTY, 2008). Para tanto estrutura-se uma matriz hierárquica entre os critérios, definindo os julgamentos paritários de importância:

$$K = \begin{bmatrix} 1 & x_{1,2}' & \dots & x_{1,j}' \\ \frac{1}{x_{1,2}'} & 1 & \dots & x_{2,j}' \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{1}{x_{i,1}'} & \frac{1}{x_{i,2}'} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Pela matriz  $K$ , os elementos em diagonal são auto comparados e são de igual importância. Os termos  $x_{i,j}$  foram relacionados à escala fundamental de Saaty. É por esta escala que se proporciona um julgamento de importância de cada tipo de critério ( $C_j$ ), sendo expressa pela Tabela 2.

**Tabela 1 – Escala fundamental de Saaty**

$x_{i,j}'$	Grau de Importância entre critérios
1	Um critério é de igual importância a outro
3	Um critério ligeiramente mais importante que outro
5	Um critério é mais importante que outro
7	Um critério é muito mais importante que outro
9	Um critério é extremamente mais importante que outro

**Fonte: Autores, 2022.**

Sobre a escala fundamental, Roche e Vejo (2004) referiram que podem ser inseridos valores intermediários (2, 4, 6, 8) como valores de consenso entre opiniões, bem como a inserção de 0,1 aos valores de  $x_{i,j}$  usados para graduações mais refinadas de opiniões. Portanto, após preencher a matriz de comparações paritárias, obtém-se o vetor de pesos associado a esta matriz, definindo a importância relativa entre a família de critérios considerados.

A importância relativa da  $i$ -ésima variável é comparado com o  $j$ -ésimo atributo sobre os valores nos lados esquerdo e direito da diagonal da matriz. Uma vez que a matriz,  $K$ , é construída, o processo de normalização é implementado simplesmente calculando a média geométrica (MG) da  $i$ -ésima linha e normalizando as médias geométricas das linhas na matriz de comparação. Isso pode ser representado como:

$$MG_i = \left[ \prod_{j=1}^n x_{i,j}' \right]^{\frac{1}{n}} \quad (3)$$

$$w_j = \frac{MG_i}{\left( \sum_{i=1}^m MG_i \right)_i} \quad (4)$$

Forman e Peniwati (1998) referiram que, neste procedimento, normalmente utiliza-se a média aritmética (MA). A “MA” trabalha com medidas e números em escalas com significado intervalar. No entanto, quando se trabalha com medidas em escalas de magnitudes, como no método AHP, tanto a “MA” quanto a “MG” têm significado. Neste propósito, a “MG” é mais consistente, e apresenta um significado intrínseco, uma vez que os julgamentos e as prioridades, requerentes do método AHP, são dadas numa escala de magnitudes.

Assim, é corrente o fato de que, apenas a agregação dos julgamentos por “MG” satisfaça as condições de unanimidade (princípio de Pareto) e homogeneidade. Por esta razão, utilizou-se a “MG” nos procedimentos para atribuir pesos aos critérios,  $w_j$ .

Para garantir que a avaliação da matriz de comparação de pares seja razoável e aceitável, é realizada uma verificação de consistência. Portanto, seja o termo “C” denotando um vetor de coluna  $m$ -dimensional que descreve a soma dos valores ponderados para os graus de importância dos atributos (ou critérios), tem-se:

$$C = [C_j]_{m \times 1} = KW, j = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

Onde:

$$KW = \begin{bmatrix} 1 & x_{1,2}' & \dots & x_{1,j}' \\ \frac{1}{x_{1,2}'} & 1 & \dots & x_{2,j}' \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{1}{x_{i,1}'} & \frac{1}{x_{i,2}'} & \dots & 1 \end{bmatrix} [w_1, w_2, \dots, w_m] = \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ \dots \\ C_m \end{bmatrix} \quad (6)$$

O valor de consistência para os atributos pode ser representado pelo vetor  $CV = [cv_j]_{1 \times m}$ , como sendo um elemento típico definido como  $cv_j = \frac{C_j}{w_j}$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ). No entanto, para evitar inconsistência na matriz de comparação de pares, Saaty (2008) sugeriu o cálculo de um autovalor da matriz hierárquica,  $\lambda_{max}$ , para calcular a eficácia do julgamento:

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{j=1}^m cv_j}{m} \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (7)$$

A partir do valor,  $\lambda_{max}$ , um índice de consistência é aferido por meio da expressão:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - m}{m - 1} \quad (8)$$

Se o valor de IC for igual a 0, a avaliação da matriz de comparação de pares é considerada perfeitamente consistente. E, quanto o valor de  $\lambda_{max}$  for mais próximo

de  $m$ , mais consistente é a avaliação. Deste modo, uma razão de consistência (RC) pode ser usada como um guia para verificar a consistência. A razão RC é estimada pela relação entre o índice IC e o índice randômico (IR). O índice IR é obtido em função do número de  $m$ -critérios. Assim, analisa-se a consistência destes procedimentos de modo que, se  $RC \leq 0,10$  (10%) dos julgamentos de importância entre critérios são consistentes, i.e., torna-se desnecessário o especialista reavaliar os julgamentos (SATTY, 2008).

Se consistente, os pesos dos critérios ( $w_j$ ), obtidos pelo método AHP, integram-se aos cálculos do método TOPSIS. Assim, o processo de cálculo é continuado pelas fases a seguir:

- Normaliza-se e se pondera-se a matriz,  $k$ , que passa a ser matriz  $k_n = [n_{i,j}]_{m \times n}$ , pela seguinte formulação:

$$n_{i,j} = \frac{w_j \cdot x_{i,j}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n w_j \cdot x_{i,j}^2}} \quad (9)$$

- Determina-se uma “*position ideal solution*” – PIS ( $A_i^+$ , benefícios) e “*negative ideal solution*” – NIS ( $A_i^-$ , custo):

$$A^+ = \{^{Max}_j n_{i,j} \mid j = 1, 2, \dots, m\} = \{n_1^+, \dots, n_j^+, \dots, d_m^+\} \quad (10)$$

$$A^- = \{^{Min}_j n_{i,j} \mid j = 1, 2, \dots, m\} = \{n_1^-, \dots, n_j^-, \dots, d_m^-\} \quad (11)$$

- Calculam-se as distâncias euclidianas  $D_i^+$  (benefícios) e  $D_i^-$  (custo) entre elementos da matriz  $k_n$ , por:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^n (n_{i,j} - n_i^+)^2} \quad (12)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{i=1}^n (n_{i,j} - n_j^-)^2} \quad (13)$$

- Calcula-se o desempenho da alternativa “ideal” ( $A_i$ ) por um “closeness coeficiente” ( $CC_i$ ), expresso por:

$$CC_i = \frac{D_i^-}{(D_i^- + D_i^+)} \quad (14)$$

Na expressão acima,  $CC_i$  varia num intervalo entre 0 e 1. Portanto, as melhores alternativas são aqueles em que o coeficiente  $CC_i$  for mais próximo de 1. Portanto, a melhor alternativa é aquela que está mais próxima da solução ideal positiva ( $CC_i = 1$ ) e a mais distante da solução ideal negativa ( $CC_i = 0$ ). A solução ideal positiva maximiza os critérios de benefício e minimiza os critérios de custo. A solução ideal negativa maximiza os critérios de custo e minimiza os de benefício. Por este entendimento, exemplifica-se uma situação: sendo C1 e C2 critérios utilizados para selecionar duas alternativas, A1 e A2, separadas por uma distância euclidiana,  $D_i$ , mínima para a solução ideal em sentido geométrico (SRINIVASAN; SHOC-KER, 1973; ZELENY, 1974).

#### 2.4. SOFTWARE GOLDEN SURFER®

O GOLDEN SURFER® é um pacote de programas comerciais desenvolvidos pela Golden Software Inc. que pode ser utilizado para a confecção de mapas de variáveis a partir de dados espacialmente distribuídos. É uma importante ferramenta para o técnico ou pesquisador, já que facilita o seu trabalho, evitando traçar mapas com réguas, transferidores e outros instrumentos, reduzindo o tempo desse processo e sendo menos subjetivo, pois usa algoritmos matemáticos para gerar suas curvas, otimizando o trabalho do usuário (LANDIM, MONTEIRO e CORSI, 2002).

Para se fazer o mapeamento estratégico proposto neste trabalho, utilizou-se o método Inverso da Distância à Potência.

##### 2.4.1. Método de interpolação Inverso da Distância à Potência

O método a ser utilizado é imprescindível para o resultado a ser alcançado no mapa final. O SURFER® dispõe de diversos métodos, sendo o default a Krigagem, e além desse o Inverso da Distância à Potência (Inverse Distance to a Power), normalmente utilizando a 2ª potência (Inverso do Quadrado da Distância/IQD) e o da Mínima Curvatura, que é um método suavizador (spline) e fornece um resultado

razoável para uma rápida avaliação do comportamento espacial da variável (LANDIM, MONTEIRO e CORSI, 2002).

O uso de um determinado interpolador depende do conhecimento a priori, tanto do conjunto de dados de entrada, como das características intrínsecas do interpolador. Cada interpolador possui uma particularidade e, portanto, deve ser observada antes da aplicação (SILVA et al., 1998).

REIS et al. (2005), por exemplo, aplicaram o IDP variando a potência em 2, 3, 4 e 5, em dados de precipitação do Estado do Goiás. Esses autores concluíram que o IDP com potência 2 é mais preciso do que usando as outras potências estudadas.

No trabalho de LANDIM (2000) são apresentados casos em que é, ou não, possível utilização do IDP. Por exemplo, um caso em que é considerado possível o uso do IDP é a estimativa de propósitos geral, onde o objetivo é apenas analisar o comportamento dos dados. Isso possibilita visualizar a distribuição dos dados possibilitando, assim, um melhor tratamento a posteriori.

O método de interpolação IDP é útil para a solução de problemas específicos. Entretanto, para cada problema deve-se levar em conta a ocorrência da anisotropia e os parâmetros intrínsecos desse interpolador, de forma que seja atendida a necessidade em questão.

### 3. PROPOSTA METODOLOGICA

Neste capítulo será apresentado como foi feito a aplicação do método AHP-TOPSIS para fazer o mapeamento estratégico para aquisição de apartamentos na zona urbana da cidade de Belém do Pará.

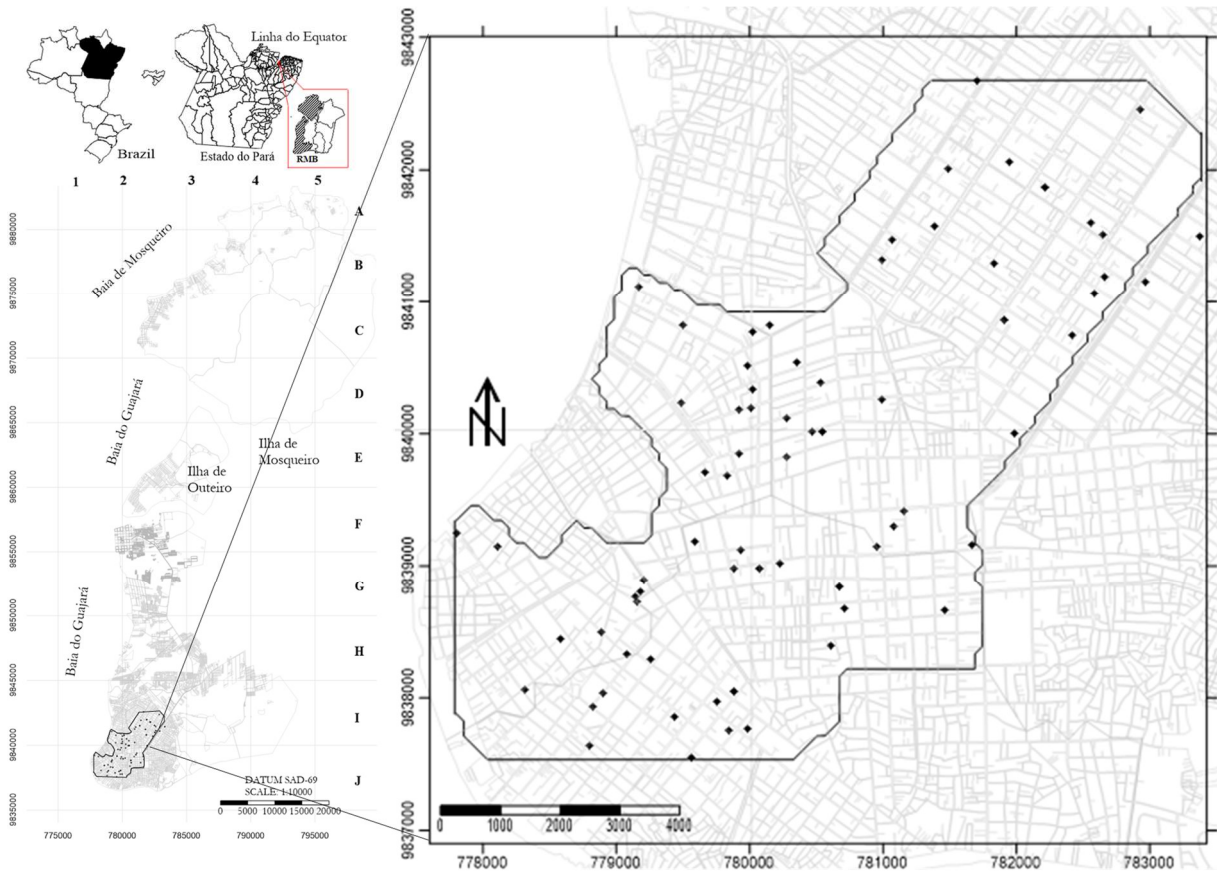
A metodologia desenvolvida neste trabalho propôs a construção de um índice de preferência de aquisição de apartamento (IPA). Para tanto, inicialmente, realizou-se um “survey” em instituições de financiamento imobiliárias, a fim de identificar quais os principais critérios considerados para aquisição (financiamento) de uma unidade habitacional do tipo apartamento.

A partir deste resultado preliminar estruturou-se, hierarquicamente, os referidos critérios. Em seguida atribuiu-se uma escala de valor, de tal modo que, pelo método AHP, de forma consistente, se tornou possível aferir pesos relativos de cada um dos critérios. Pela atribuição consistente de pesos aos critérios considerados, sendo-lhes correspondentes cenários estratégicos à aquisição de apartamentos numa zona urbana da cidade de Belém/PA, aplicou-se o método TOPSIS

#### 3.1. CARACTERIZAÇÃO DA AREA DE ESTUDO

A área de estudo, mostrada na Figura 2, é o município de Belém – Pará (Figura 3), localizado na latitude 01°27'20” sul e longitude 48°30'15”oeste, com altitude de 4 metros e com área territorial de aproximadamente 1059 km<sup>2</sup>. A cidade possui uma população estimada de 1.506.420 pessoas e uma densidade demográfica de 1.315,26 hab/km<sup>2</sup>. O município pertencente à mesorregião metropolitana de Belém e à microrregião de Belém, localizada no norte brasileiro, distante 2.140 km de Brasília. (IBGE, 2021; PREFEITURA DE BELÉM, 2000).

**Figura 2 – Área de estudo**



**Fonte: Autores, 2022.**

### 3.2. ÍNDICE DE PRIORIDADE DE AQUISIÇÃO (IPA) DE IMOVEIS

A partir do “survey” em instituições de financiamento imobiliárias, foram identificados os principais critérios considerados para aquisição de apartamentos. Para isso, foi feita uma pesquisa de mercado, e, a partir desta pesquisa, foi gerado um banco de dados, cedidos gentilmente por empresas especializadas, mas que não desejaram ser identificadas. Os principais critérios identificados foram utilizados na aplicação do método, que são:

- Idade aparente;
- Valor;
- Número de quartos;
- Número de vagas de garagem;
- Área privativa;
- Padrão construtivo.

Como o trabalho é voltado para a cidade de Belém do Pará, e é uma cidade que chove com bastante frequência, esta somada ao fato da cidade ser um pouco acima do nível do mar, ocasiona várias inundações pela cidade. Por conta disto, julgou-se necessário acrescentar o critério:

- Suscetibilidade à inundação.

Com os critérios definidos, foi necessário fazer o levantamento dos apartamentos à venda na cidade de Belém do Pará. Para isso, foi necessário coletar informações de imóveis disponíveis em classificados de jornais locais e marketplace (Olx e Facebook), que são lojas online.

Após a obtenção dos dados iniciais, considerou-se, de forma arbitrária, sete perfis diferentes de compradores. Cada um dos perfis teve alguns critérios como prioridade. A hierarquização dos critérios para cada perfil não foi feita através do survey, mas sim de maneira em que cada um dos perfis pudesse ter uma maior diversificação. A Tabela 2 mostra cada um dos perfis com a ordem de prioridade dos critérios.

Tabela 2 – Prioridade de critérios por perfil

	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Perfil 5	Perfil 6	Perfil 7
Maior prioridade	Valor	Localização	Nº Quartos	Idade Aparente	Nº Vagas de Garagem	Área Privativa	Suscetibilidade à inundação
	Localização	Valor	Valor	Localização	Padrão Construtivo	Padrão Construtivo	Localização
	Área Privativa	Área Privativa	Área Privativa	Área Privativa	Localização	Localização	Valor
	Nº Vagas de Garagem	Nº Vagas de Garagem	Nº Vagas de Garagem	Nº Vagas de Garagem	Idade Aparente	Idade Aparente	Nº Quartos
Menor prioridade	Nº Quartos	Padrão Construtivo	Localização	Padrão Construtivo	Suscetibilidade à inundação	Valor	Área Privativa
	Padrão Construtivo	Nº Quartos	Idade Aparente	Nº Quartos	Nº Quartos	Nº Quartos	Nº Vagas de Garagem
	Idade Aparente	Idade Aparente	Padrão Construtivo	Valor	Área Privativa	Nº Vagas de Garagem	Padrão Construtivo
	Suscetibilidade à inundação	Suscetibilidade à inundação	Suscetibilidade à inundação	Suscetibilidade à inundação	Valor	Suscetibilidade à inundação	Idade Aparente

Fonte: Autores, 2022.

Cada critério possui uma faixa de variação, com os limites máximo e mínimo, de forma coerente com os perfis considerados. A Tabela 3 mostra os limites de cada critério.

Tabela 2 - Limites de cada critério

CRITÉRIOS	INTERVALO	
	MIN	MAX
NÚMERO DE QUARTOS	1	5
VAGAS NA GARAGEM	0	4
ÁREA PRIVATIVA (m <sup>2</sup> )	20	470
PADRÃO CONSTRUTIVO	1	5
SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO	1	4
IDADE APARENTE (anos)	1	25
LOCAL	1	5
VALOR (R\$)	73000	1980000

Fonte: Autores, 2022.

Os valores atribuídos para o padrão construtivo foram considerados baseados nos critérios de acordo com a Tabela 4.

**Tabela 3 – Tabela de Padrão Construtivo**

Valor	Padrão construtivo	Características: área de lazer, churrasqueira, piscina, quadra de futebol, sauna, academia, etc.
1	péssimo	Nenhuma
2	baixo	Pelo menos uma
3	médio	Entre duas e três
4	bom	Entre quatro e cinco
5	excelente	Mais de cinco

**Fonte: Autores, 2022.**

Os valores atribuídos para a idade aparente foram determinados da seguinte forma: considerou-se a idade desde a construção, e a última reforma feita no prédio, juntamente com uma análise de depreciação estrutural.

Os valores de suscetibilidade à inundação foram considerados baseando-se nos critérios mostrados na Tabela 5.

**Tabela 4 – Tabela de Suscetibilidade**

Código alocado	Zona de suscetibilidade a inundação	Distância para corpos d'água
1	Sem inundação	> 300 m
2	Baixa suscetibilidade	Entre 200 a 300 m
3	Média suscetibilidade	Entre 100 m e 200 m
4	Alta suscetibilidade	< 100 m

**Fonte: Autores, 2022.**

Os valores atribuídos para Localização foram determinados de acordo com o valor do metro quadrado de cada bairro, conforme mostrado na Tabela 6.

**Tabela 5 – Tabela de Localização**

Bairro	Valor m <sup>2</sup>	Localização
campina	R\$ 3.457,58	1
guama	R\$ 3.638,63	1
pedreira	R\$ 4.310,48	2
jurunas	R\$ 4.413,66	2
são bras	R\$ 4.466,74	3
cremação	R\$ 4.479,57	3
Fatima	R\$ 4.567,59	4
Batista Campos	R\$ 4.632,51	4
Nazare	R\$ 4.711,40	4
Reduto	R\$ 5.080,03	5
Marco	R\$ 5.170,96	5
umarizal	R\$ 5.623,31	5

Fonte: Autores, 2022.

Considerando os critérios propostos, aplicou-se o método em questão. Inicialmente, montou-se a matriz de decisão, definiu-se os pesos (atribuídos pelo método AHP, definindo os julgamentos paritários de importância) e posteriormente montou-se a matriz hierárquica, mostrada na Figura 3.

**Figura 3 – Matriz hierárquica**

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1	1	3	3	3	9	9	9	9
C2	1/3	1	3	3	3	5	7	9
C3	1/3	1/3	1	3	3	3	7	5
C4	1/3	1/3	1/3	1	3	3	5	5
C5	1/9	1/3	1/3	1/3	1	3	3	3
C6	1/9	1/5	1/3	1/3	1/3	1	3	3
C7	1/9	1/7	1/7	1/5	1/3	1/3	1	3
C8	1/9	1/9	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1

Fonte: Autores, 2022.

A partir da matriz hierárquica montada, implementou-se o processo de normalização, calculando a média geométrica de cada linha da matriz e normalizando na matriz de comparação. A partir disto, obteve-se a importância relativa entre a família de critérios considerada, mostrada na Figura 4.

**Figura 4 – Importância relativa dos critérios**

C1	37,09%
C2	22,12%
C3	14,65%
C4	10,67%
C5	6,22%
C6	4,43%
C7	2,73%
C8	2,09%

**Fonte: Autores, 2022.**

Em seguida, para garantir que a matriz de comparação de pares é aceitável, foi feita uma verificação de consistência. Para isso, calculou-se o autovalor ( $\lambda_{max}$ ) da matriz hierárquica, depois aferiu-se o índice de consistência (IC). Com o valor deste índice, calculou-se o valor da razão de consistência (RC), que também depende do valor do índice randômico (IR). Os valores obtidos são mostrados na Tabela 7.

**Tabela 6 – Valores obtidos da verificação de consistência**

$\lambda_{max} =$	8,613149824
n =	8
IC =	0,087592832
IR =	1,41
RC =	6,21%

**Fonte: Autores, 2022.**

A partir dos valores obtidos na verificação, chegou-se à conclusão de que o modelo é consistente, pois o valor de razão de consistência (RC) foi igual a 0,061, ou seja, menor que 0,1.

Como a matriz de comparação de pares foi considerada consistente, então integrou-se os valores dos pesos, obtidos pelo método AHP, aos cálculos do método TOPSIS.

A partir disso, aplicou-se o método TOPSIS para cada um dos perfis propostos inicialmente, para obter-se o valor do índice de preferência de aquisição de apartamento (IPA).

O Índice de Prioridade de Aquisição (IPA) de Imóveis é um número que varia de 0 a 1, e é calculado individualmente para cada um dos imóveis escolhidos. Para a sua obtenção, é levado em consideração o perfil de cada comprador. Logo, quanto mais o imóvel em questão estiver de acordo com os critérios tidos como prioridade para o perfil do comprador, mais próximo de 1 o valor do IPA deste imóvel se

aproxima. Por outro lado, quanto menos o imóvel em questão estiver de acordo com os critérios tidos como prioridade para o perfil do comprador, mais próximo de 0 o valor do IPA deste imóvel se aproxima

### 3.3. MAPEAMENTO ESTRATÉGICO COM BASE NO IPA

O mapeamento estratégico com base no Índice de Prioridade de Aquisição (IPA), explicado anteriormente e obtido através do método AHP-TOPSIS, busca mostrar quais são as regiões da cidade de Belém do Pará mais adequadas para a obtenção de imóvel para cada um dos perfis de compradores, levando em consideração as particularidades de cada um destes perfis.

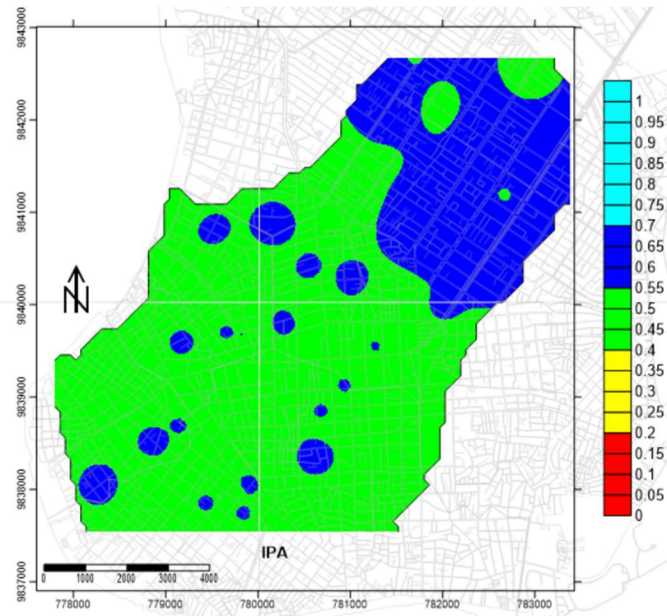
Com os valores dos IPA's, obtidos através do método TOPSIS, foi possível fazer a elaboração dos mapas estratégicos de aquisição de apartamentos. Para isso, foi utilizado o software GOLDEN SURFER®, e nele foi necessário inserir as informações da localização (latitude e longitude) de cada um dos imóveis, juntamente com os IPA's obtidos.

## 4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DO RESULTADOS

Aplicando o método AHP-TOPSIS foi possível obter os IPA's, e a partir dos IPA's foi possível fazer o mapeamento estratégico através do software GOLDEN SURFER®. Os mapas obtidos estão mostrados nas Figuras 5 a 11.

A Figura 5 mostra o mapeamento estratégico para o perfil 1. Este perfil de comprador tinha como prioridade o valor do imóvel e em seguida a localização do mesmo.

**Figura 5 – Mapeamento estratégico – perfil 1**



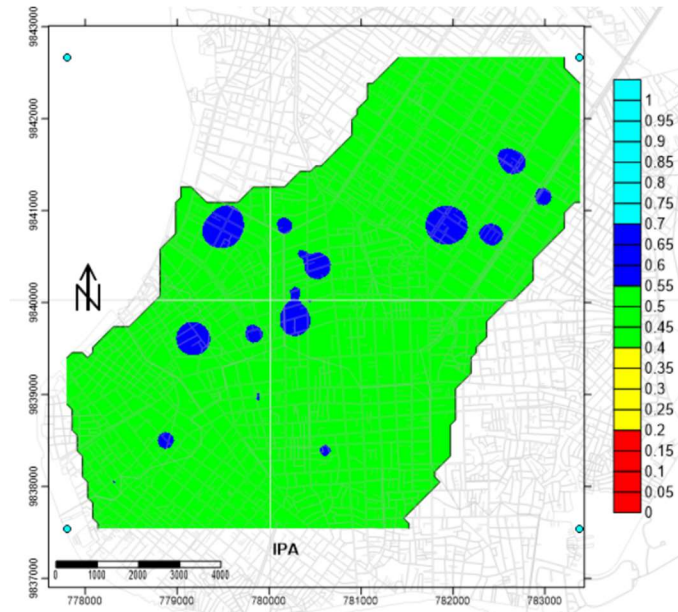
**Fonte: Autores, 2022.**

Analisando o mapeamento obtido para o perfil 1, observa-se que em azul escuro mostra a região do mapa onde encontram-se os imóveis que mais se adequam às prioridades do comprador de perfil 1. Em verde mostra a região onde encontram-se os imóveis que menos se adequam às prioridades do comprador de perfil 1.

Baseado no mapeamento estratégico e nos valores dos IPA's obtidos, conclui-se que o imóvel que melhor se enquadra nos requisitos do comprador de perfil 1 é o imóvel que fica localizado na Tv. Mauriti, n° 1439, bairro da Pedreira.

A Figura 6 mostra o mapeamento estratégico para o perfil 2. Este perfil de comprador tinha como prioridade a localização do imóvel e em seguida o valor do mesmo.

**Figura 6 – Mapeamento estratégico – perfil 2**



**Fonte: Autores, 2022.**

Analisando o mapeamento obtido para o perfil 2, observa-se que o mesmo tem mais região em verde do que azul escuro, ou seja, nesse caso, menos regiões do mapa se enquadram nas preferências do comprador de perfil 2. A região onde melhor se enquadra às preferências do comprador de perfil 2 está marcado no mapa em azul escuro.

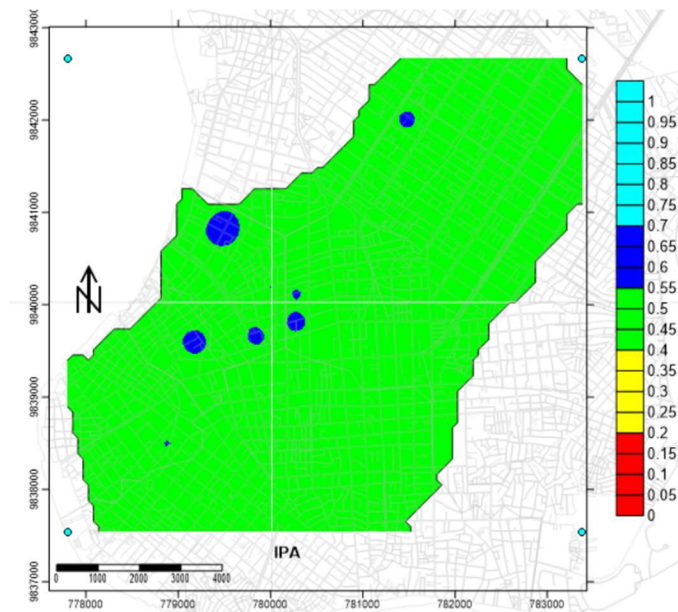
Baseado no mapeamento estratégico e nos valores dos IPA's obtidos, conclui-se que o imóvel que melhor se enquadra nos requisitos do comprador de perfil 2 é o imóvel que fica localizado na Rua João Balbi, nº 753, bairro do Umarizal.

A Figura 7 mostra o mapeamento estratégico para o perfil 3. Este perfil de comprador tinha como prioridade o número de quartos do imóvel e em seguida o valor do mesmo.

Analisando o mapeamento obtido para o perfil 3, observa-se que o mapa é predominantemente em região na cor verde, ou seja, a maior parte do mapa não se enquadra nas preferências do comprador de perfil 3. Nessa situação, as poucas regiões em azul escuro representam o local do mapa onde melhor se enquadra às preferências do comprador em questão.

Baseado no mapeamento estratégico e nos valores dos IPA's obtidos, conclui-se que o imóvel que melhor se enquadra nos requisitos do comprador de perfil 3 é o imóvel que fica localizado na Av. Senador Lemos, n° 500, bairro do Umarizal.

**Figura 7 – Mapeamento estratégico – perfil 3**



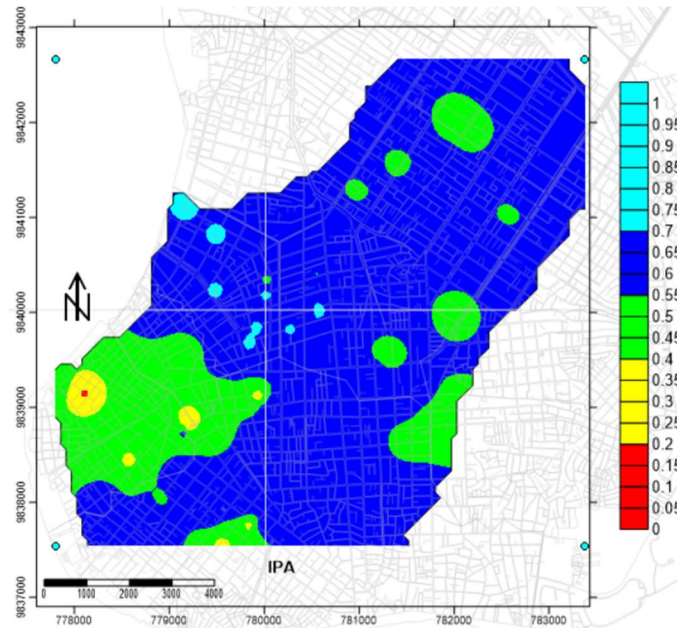
**Fonte: Autores, 2022.**

A Figura 8 mostra o mapeamento estratégico para o perfil 4. Este perfil de comprador tinha como prioridade a idade aparente do imóvel e em seguida a localização do mesmo.

Analisando o mapeamento obtido para o perfil 4, observa-se que o mesmo tem mais região em azul escuro, ou seja, nesse caso, possui mais região que se enquadra razoavelmente com as preferências do comprador de perfil 4. Todavia, em azul claro mostra a região que melhor se enquadra às preferências deste perfil de comprador. Nota-se também que existem regiões em amarelo e em vermelho, onde em vermelho encontra-se o pior cenário.

Baseado no mapeamento estratégico e nos valores dos IPA's obtidos, conclui-se que o imóvel que melhor se enquadra nos requisitos do comprador de perfil 4 é o imóvel que fica localizado Rua Boaventura da Silva, n° 1277, bairro do Umarizal.

**Figura 8 – Mapeamento estratégico – perfil 4**



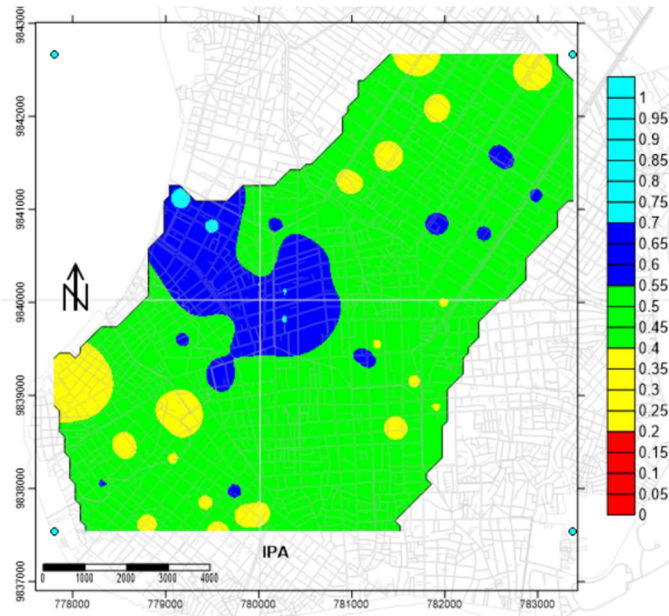
**Fonte: Autores, 2022.**

A Figura 9 mostra o mapeamento estratégico para o perfil 5. Este perfil de comprador tinha como prioridade o número de vagas de garagem do imóvel e em seguida o padrão construtivo do mesmo.

Analisando o mapeamento obtido para o perfil 5, observa-se que o mesmo é mais heterogêneo, se comparado aos mapas anteriores. A região onde melhor se enquadra às preferências do comprador de perfil 5 está marcado no mapa em azul claro.

Baseado no mapeamento estratégico e nos valores dos IPA's obtidos, conclui-se que o imóvel que melhor se enquadra nos requisitos do comprador de perfil 5 é o imóvel que fica localizado Rua Boaventura da Silva, nº 1277, bairro do Umarizal.

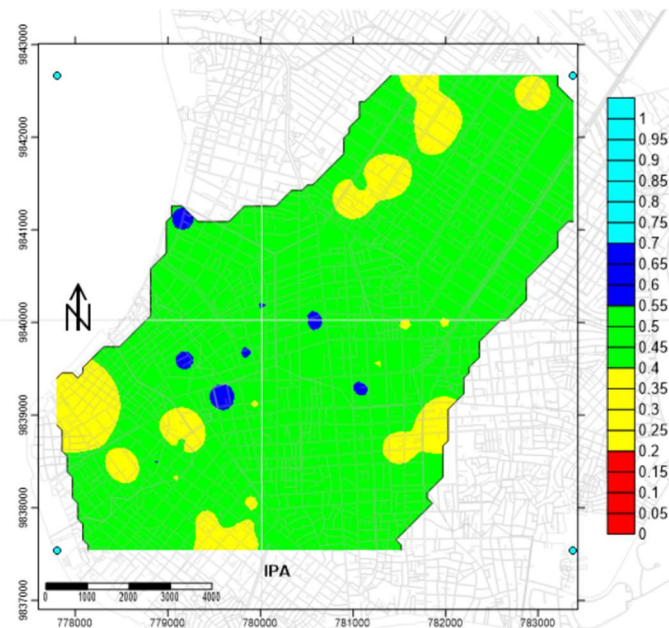
**Figura 9 – Mapeamento estratégico – perfil 5**



**Fonte: Autores, 2022.**

A Figura 10 mostra o mapeamento estratégico para o perfil 6. Este perfil de comprador tinha como prioridade área privativa do imóvel e em seguida o padrão construtivo do mesmo.

**Figura 10 – Mapeamento estratégico – perfil 6**



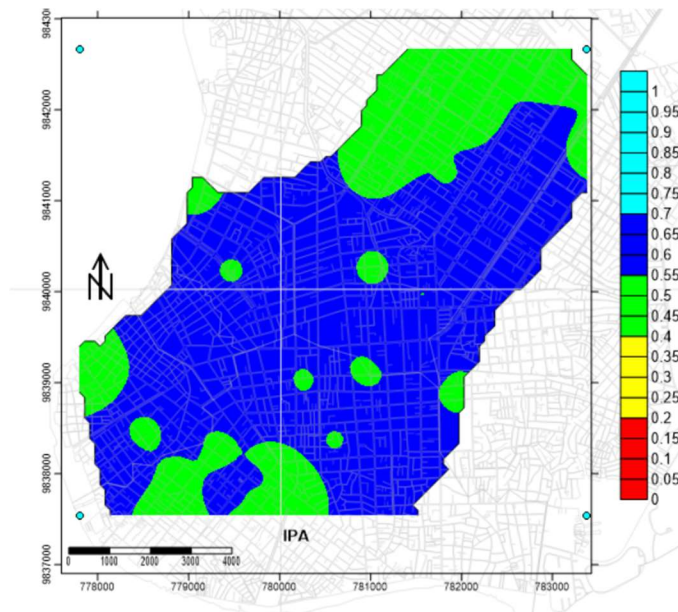
**Fonte: Autores, 2022.**

Analisando o mapeamento obtido para o perfil 6, observa-se que o mesmo possui grande parte da região em verde, ou seja, representa que não é o melhor caso, mas também não é o pior caso. Todavia, também possui algumas regiões em amarelo, o que indica um cenário não muito bom. A região onde melhor se enquadra às preferências do comprador de perfil 6 está marcado no mapa em azul claro.

Baseado no mapeamento estratégico e nos valores dos IPA's obtidos, conclui-se que o imóvel que melhor se enquadra nos requisitos do comprador de perfil 4 é o imóvel que fica localizado Rua Boaventura da Silva, nº 1277, bairro do Umarizal.

A Figura 11 mostra o mapeamento estratégico para o perfil 7. Este perfil de comprador tinha como prioridade a área privativa do imóvel e em seguida o padrão construtivo do mesmo.

**Figura 11 – Mapeamento estratégico – perfil 7**



**Fonte: Autores, 2022.**

Analisando o mapeamento obtido para o perfil 4, observa-se que o mesmo tem mais região em azul escuro, ou seja, nesse caso, possui mais região que se enquadra razoavelmente com as preferências do comprador de perfil 7. Todavia, em verde mostra a região que menos se enquadra às preferências deste perfil de comprador.

Baseado no mapeamento estratégico e nos valores dos IPA's obtidos, conclui-se que o imóvel que melhor se enquadra nos requisitos do comprador de perfil 4 é o imóvel que fica localizado Av. Senador Lemos, nº 500, bairro do Umarizal.

## 5. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo a elaboração de um mapeamento estratégico de auxílio à tomada de decisão por meio de um método multicritério para aquisição de imóveis do tipo apartamento na cidade de Belém do Pará.

Ao aplicar o método AHP-TOPSIS, foi possível obter os valores dos Índices de Prioridade de Aquisições (IPA's), e com eles montou-se o mapeamento estratégico através do software GOLDEN SURFER®.

A partir dos mapeamentos estratégicos obtidos para cada um dos perfis de compradores, foi possível observar no mapa de maneira bastante intuitiva quais as regiões da cidade de Belém do Pará eram melhores para cada perfil fazer a aquisição de imóveis do tipo apartamento.

Para cada um dos perfis foi possível verificar, através dos IPA's obtidos, quais os imóveis do tipo apartamento eram a melhor opção.

O marketplace é considerado uma fonte de dados aceitável para o método, porque os valores anunciados condizem com a realidade do mercado.

O survey foi utilizado porque era necessário fazer uma investigação para saber de forma direta quais eram os critérios que as pessoas mais achavam relevante na compra de um apartamento, e o survey era o método que mais se mostrava adequado para este fim.

O método é considerado confiável, pois ele se adequa ao que foi proposto de forma eficaz. Ele pode ser utilizado por vendedores, como imobiliárias, e compradores, para proporcionar agilidade (economia de tempo), porque ele mostra de maneira direta o apartamento mais adequado para o comprador, pois funciona como um filtro. Ao invés do comprador pesquisar vários apartamentos, o mapa direciona aos apartamentos que mais se adequam ao seu perfil. Porém, um ponto negativo do método é que os IPA's possuem valores muito próximos, o que acaba gerando mapas sem muita variação de cores.

Portanto, todos os objetivos deste trabalho foram alcançados de maneira satisfatória.

## TRABALHOS FUTUROS

Outros trabalhos podem ser desenvolvidos com a finalidade de melhorar o presente projeto.

- O método utilizado necessita de cálculos feitos no Excel e também precisa do SURFER para montar o mapa. Dessa forma, seria interessante desenvolver um aplicativo que utilizasse o método, e nele mesmo fosse feito todos os cálculos e também a plotagem dos mapas.
- O presente trabalho foi feito a partir da realidade da cidade de Belém do Pará. Dessa forma, seria interessante aplicar o mesmo método, porém em cidades diferentes.

## REFERÊNCIAS

AMADOR, Achlley Orben; FARIAS, Douglas Tristão. **Avaliação De Imóveis Urbanos: Comparativo De Métodos Avaliativos**. Universidade do Sul de Santa Catarina, UNISUL. 2018.

LANDIM, P.M.B., MONTEIRO, R. C.& CORSI, A.C. Introdução á confecção de mapas pelo software SURFER. DGA,IGCE,UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto Didático 08, 21 pp. 2002.

LANDIM, P. M. B. Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas. DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro. Laboratório de Geomatemática. Texto Didático 02, 20 pp. 2000.

NADAL, Carlos Aurélio; JULIANO, Katia Aparecida; RATONN, Eduardo. **Testes Estatísticos Utilizados Para A Validação De Regressões Múltiplas Aplicadas Na Avaliação De Imóveis Urbanos**. Universidade Federal do Paraná, UFPR. 2003.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e estados: Belém**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/belem.html>>. Acesso em 17 de abr. de 2022.

PREFEITURA DE BELÉM. **Governo da nossa gente**. Disponível em: <<http://www.belem.pa.gov.br/>>. Acesso em 17 de abr. de 2022.

REIS, M. H.; GRIEBELER, N. P.; SARMENTO, P. H. L.; OLIVEIRA, L. F. C.; OLIVEIRA, J. M. **Espacialização de dados de precipitação e avaliação de interpoladores para projetos de drenagem agrícola no estado de Goiás e Distrito Federal**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil. INPE, p. 229-236, 2005.

SILVA, J. L. B.; SOUZA, S. F.; DANI, N.; LAHM, R. **Interpoladores em Altimetria: uma Quantificação dos Resultados**. COBRAC 98 - Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, UFSC Florianópolis, 1998.

## **ANEXOS**

ANEXO A – DADOS\_AVALIAÇÃO

ANEXO B – DADOS\_AVALIAÇÃO\_INTERPOLAÇÃO