

A MANCHA CRIMINAL E O ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO DOS MUNICÍPIOS DO RIO DE JANEIRO POR MODELO TOPSIS-PARETO

Luiz Octávio Gavião

Escola Superior de Guerra (ESG)
Av. João Luiz Alves, s/nº - Urca – Rio de Janeiro-RJ - CEP: 22291-090
E-mail: luiz.gaviao67@gmail.com

Sergio Kostin

Escola Superior de Guerra (ESG)
Av. João Luiz Alves, s/nº - Urca – Rio de Janeiro-RJ - CEP: 22291-090
E-mail: sfkostin@gmail.com

Pauli Adriano de Almada Garcia

Universidade Federal Fluminense (UFF)
Rua Des. Ellis Hermydio Figueira, 783 - Aterrado, Volta Redonda - RJ, CEP: 27213-145
E-mail: pauliadriano@gmail.com

Gilson Brito Alves Lima

Universidade Federal Fluminense (UFF)
Rua Passo da Pátria, 156, Bloco D, São Domingos, Niterói-RJ, CEP: 24.220-240
E-mail: glima@id.uff.br

RESUMO

O Índice de Desenvolvimento Humano é medido com base em indicadores de longevidade, educação e renda. A longevidade está associada à vida longa em ambiente saudável, a educação está associada ao acesso ao conhecimento, e a renda está associada ao padrão de vida do cidadão. Entretanto, indicadores específicos de segurança pública não integram o índice, embora seja razoável assumir que uma cidade com excessiva violência urbana e mancha criminal de países em conflito não pode ter indicador elevado de desenvolvimento humano. A pesquisa busca esse tipo de distorção, através do cálculo de 40 indicadores de mancha criminal do Estado do Rio de Janeiro, com o método TOPSIS e a classificação dos resultados por princípio de Pareto, para comparar à última medição desse índice dos municípios. Os resultados mostram distorções significativas entre a mancha criminal e o desenvolvimento humano de diversas cidades do Rio de Janeiro.

PALAVRAS-CHAVE. Segurança Pública; Mancha Criminal; Municípios do RJ; TOPSIS; Pareto.
Tópicos: (1) D&SP – PO em Defesa e Segurança Pública; (2) SE- P. Marítimo, Defesa e PO.

ABSTRACT

The Human Development Index is based on indicators of longevity, education and income. Longevity is associated with long life in a healthy environment, education is associated with access to knowledge, and income is associated with the citizen's standard of living. However, specific public security indicators are not included in the index, although it is reasonable to assume that a city with excessive urban violence and the criminal stain of countries in conflict cannot have a high human development indicator. The research seeks this type of distortion, through the calculation of 40 criminal stain indicators in the State of Rio de Janeiro, using the TOPSIS method and classifying the results using the Pareto principle, to compare to the last measurement of this index in the municipalities. The results show significant distortions between the criminal stain and human development in several cities in Rio de Janeiro.

KEYWORDS. Public Security; Criminal Stain; Municipalities of RJ; TOPSIS; Pareto.

1. Introdução

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) busca agregar dados em um indicador de bem-estar dos cidadãos, em perspectiva que se opõe à ideia de desenvolvimento humano mensurada exclusivamente no crescimento econômico, através do Produto Interno Bruto (PIB). O IDHM brasileiro é um indicador similar, que segue a metodologia do IDH, porém reúne dados dos municípios de uma Unidade da Federação em três critérios: longevidade, educação e renda. A longevidade está associada à vida longa em ambiente saudável, com acesso à saúde de qualidade, para que os habitantes possam atingir o padrão mais elevado possível de saúde física e mental. A educação está associada ao acesso ao conhecimento, considerado fundamental para expandir as habilidades pessoais, construindo confiança, dignidade, ampliando os horizontes e as perspectivas de vida. A renda está associada ao padrão de vida, sendo essencial para garantir o acesso a suprimentos básicos (água, alimentação e moradia digna) [IPEA 2024; PNUD 2010].

Entretanto, o IDHM não considera indicadores diretos de segurança pública. Estão ausentes, por exemplo, os dados da mancha criminal dos municípios. Isto gera distorções, pois é possível que um município possua alto IDHM e conviva com estatísticas inaceitáveis de furtos, roubos, homicídios, latrocínios, estupros, entre outras evidências de uma sociedade primitiva, humanamente subdesenvolvida [Borde e Hernández-Álvarez 2022; Costa et al. 2023; Magaloni et al., 2020]. Por exemplo, a imprensa carioca noticia diariamente casos de violência urbana nos municípios de Niterói e do Rio de Janeiro. Porém, a última medição do IDHM dessas cidades, no censo demográfico de 2010, indicaram o 1º e 2º postos entre os 92 municípios do ERJ [PNUD 2010]. Em contrapartida, os resultados da modelagem desta pesquisa, que considerou 40 indicadores de mancha criminal por 100 mil habitantes, mostraram que esses municípios se colocaram em 79º e 90º postos em 2023, corroborando com os fatos na mídia.

As necessidades de segurança, juntamente com as necessidades de subsistência, constituem a base da pirâmide de Maslow, que estabelece prioridades a fatores que motivam o ser humano na busca por seu bem estar pleno [Maslow 1943]. Sua tese corrobora o argumento defendido nesta pesquisa, sobre a importância de considerar a segurança pública em qualquer indicador de desenvolvimento humano. Assim, a finalidade desse artigo é avaliar a mancha criminal dos 92 municípios do Estado do Rio de Janeiro (ERJ), para oferecer um contrapeso ao IDHM, no sentido de confirmar ou reavaliar a qualidade de vida dos cidadãos cariocas em seus municípios.

O problema de pesquisa pode ser modelado por métodos de apoio à decisão multicritério disponíveis na Pesquisa Operacional, pois existe um conjunto finito de alternativas (92 municípios), um conjunto finito de 40 indicadores de mancha criminal no ERJ, monitorados mensalmente pelo Instituto de Segurança Pública (ISP), sendo registrados por taxa da quantidade de casos para uma população de 100 mil habitantes [ISP 2024].

2. Revisão da Literatura

Uma busca realizada na base SCOPUS, em maio/2024, no conjunto título-resumo-palavras chave, com as expressões “*public safety*” ou “*public security*”, em simultaneidade com as expressões “*multi criteria*” ou “*multi-criteria*” ou “*multicriteria*”, retornaram 46 artigos científicos, um artigo de revisão, um capítulo de livro e 17 artigos de congressos. Desse conjunto de pesquisas publicadas, seis aplicaram métodos que fundamentam suas preferências em relação à aproximação das alternativas a soluções ideais: o TOPSIS e o VIKOR (Tabela 1). Nenhuma pesquisa associou esses termos de busca para analisar o IDH ou IDHM.

Tabela 1 – Amostra de artigos da “família” TOPSIS/VIKOR

Autores	Título	Periódico/Livro/Evento	Métodos
[Alawiah et al. 2023]	Decision support systems to choose the type of tourist object that are opened after COVID 19 pandemic using TOPSIS method	2 nd International Conference on Advanced Information Scientific Development (ICAISD) 2021	TOPSIS

Autores	Título	Periódico/Livro/Evento	Métodos
[Tuskan e Basari 2023]	Evaluation of sustainable slope stability with anti-slide piles using an integrated AHP-VIKOR methodology	Sustainability (Switzerland)	AHP-VIKOR
[Rodrigues et al. 2021]	Evaluation of the operational viability of forensic units in Brazil: A hybrid approach based on the BWM and R-TOPSIS	Decision Science Letters	Best Worst Method e TOPSIS
[Otay e Jaller 2020]	Multi-expert disaster risk management response capabilities assessment using interval-valued intuitionistic fuzzy sets	Journal of Intelligent and Fuzzy Systems	Interval-valued Intuitionistic Fuzzy Sets (IVIFSs) e TOPSIS
[Dadelo et al. 2013]	Integrated multi-criteria decision making model based on wisdom-of-crowds principle for selection of the group of elite security guards	Archives of Budo	TOPSIS
[Opricovic e Tzeng 2002]	Multicriteria planning of post-earthquake sustainable reconstruction	Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering	VIKOR

Dessas 65 publicações encontradas na base SCOPUS, verifica-se que o Brasil tem especial interesse nas pesquisas sobre segurança pública com modelos de apoio à decisão multicritério. O uso do aplicativo “bibliometrix” no software R [Aria e Cuccurullo 2017] permitiu identificar 142 instituições de ensino e de pesquisa envolvidas nessa amostra de publicações, sendo 22 brasileiras, com destaque para a Universidade Federal de Pernambuco, que produziu onze artigos e a Universidade Federal Fluminense, com dez artigos. A Tabela 2 mostra a frequência da produção acadêmica por país nessa amostra, indicando o significativo engajamento do Brasil nessa temática.

Tabela 2 – Frequência da produção acadêmica por país

País	Qtde	País	Qtde	País	Qtde	País	Qtde
Brasil	57	Portugal	4	Emirados Árabes Unidos	2	Kuwait	1
Espanha	9	Turquia	4	Austrália	1	Malásia	1
China	8	Indonésia	3	Chile	1	Nigéria	1
México	8	Itália	3	Dinamarca	1	Macedonia do Norte	1
Canadá	7	Filipinas	3	Etiópia	1	Paquistão	1
EUA	6	Bulgária	2	Alemanha	1	Arábia Saudita	1
França	4	Colômbia	2	Índia	1	Servia	1
Lituânia	4	Reino Unido	2	Irã	1	Total	142

3. Metodologia

As etapas seguidas para atingir os resultados envolvem a coleta inicial de dados, a avaliação de pesos aos critérios, aplicação das equações do TOPSIS para a ordenação dos coeficientes TOPSIS dos municípios e, por fim, a agregação dos resultados por princípio de Pareto.

3.1 Coleta e tratamento dos dados

A base de dados do ISP, referente à mancha criminal do ERJ, foi extraída da planilha “Estatísticas de segurança: série histórica mensal por município desde 01/2014 (taxas por 100 mil habitantes)”, disponível em <https://www.ispdados.rj.gov.br/estatistica.html>. Essa planilha possui variáveis com dados nulos em quantidade significativa, sendo então eliminadas para essa pesquisa, permanecendo 40 variáveis de mancha criminal dos 92 municípios. Entre as variáveis com excesso de dados nulos, foram eliminadas: lesão corporal com morte, roubo a banco, roubo a caixa eletrônico, roubo em condução de saque, roubo de bicicleta, total de roubos, total de furtos, sequestro, sequestro “relâmpago”, encontro de ossada, policiais militares mortos em serviço e policiais civis mortos em serviço. A pesquisa foi delimitada ao período de 2021 a 2023, pois os

dados de 2024 ainda estão em registro e antes de 2020 alguns municípios não tiveram seus dados computados [ISP 2024]. A Tabela 3 mostra um estrato da base de dados original. Os dados completos e tratados podem ser obtidos em contato com os autores.

Tabela 3 – estrato dos dados (taxas por 100 mil habitantes)

Municípios do Estado do Rio de Janeiro	Ano	Homícidio doloso	Tentat. de homicídio	Lesão corporal dolosa	Estupro
Angra dos Reis	2023	20,44	46,06	303,41	36,12
Aperibé	2023	0,00	8,34	480,92	41,48
Araruama	2023	38,12	21,98	332,30	30,81
Areal	2023	7,85	15,65	344,25	54,81
Armação dos Búzios	2023	22,77	56,88	657,17	68,32
Arraial do Cabo	2023	12,98	35,61	404,88	51,86

Fonte: [ISP 2024].

3.2 Cálculo dos pesos por entropia

Os pesos dos critérios da matriz de decisão foram obtidos através do conceito de entropia (E), proposto por [Zeleny 1982], a partir da teoria da informação de [Shannon 1949]. Sua ideia era utilizar exclusivamente os dados, sem julgamentos de especialistas, para determinar os pesos de forma objetiva. Ele recorreu ao princípio da entropia, associando o maior peso ao j -ésimo critério que apresenta a maior dispersão nas avaliações das alternativas. Assim, os critérios mais importantes são aqueles que têm o maior poder de discriminação entre as alternativas.

A Equação (1) mostra a matriz de decisão, com as alternativas do problema nas linhas i , que variam de “1” a “ m ”, os critérios nas colunas j , que variam de “1” a “ n ” e os desempenhos ou avaliações, representadas pelos elementos “ x_{ij} ”. Em geral, esses desempenhos ou avaliações são coletados de diferentes escalas, sendo necessário normalizar os valores para a mesma escala. Diversas técnicas de normalização podem ser aplicadas nessa etapa, sendo aqui usada a da Equação (2), sendo a base de dados normalizada conforme a Equação (3).

A sequência envolve o cálculo da entropia (E), na Equação (4), o cálculo da medida de dispersão ($Disp$), na Equação (5) e a definição dos pesos (w) com a normalização das dispersões, na Equação (6). Essas equações foram apresentadas por [Pomerol e Barba-Romero 2012] e podem ser modeladas em diferentes softwares (Excel, R, Python, outros).

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & \dots & x_{m,n} \end{bmatrix} \quad \text{Base de dados inicial} \quad (1)$$

$$y_{ij} = x_{ij} / \sum_{i=1}^m x_{ij} \quad \text{Normalização dos dados à mesma escala, proposta em [Pomerol e Barba-Romero 2012].} \quad (2)$$

$$Y = \begin{bmatrix} y_{11} & \dots & y_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ y_{m1} & \dots & y_{m,n} \end{bmatrix} \quad \text{Base de dados normalizada} \quad (3)$$

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m y_{ij} \cdot \log(y_{ij}) \quad \text{Cálculo da entropia, em que } k \text{ é uma constante } k = 1/\log(m) \quad (4)$$

$$Disp_j = 1 - E_j \quad \text{Medida de dispersão dos critérios} \quad (5)$$

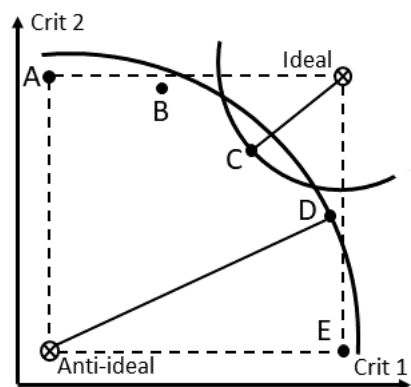
$$w_j = \frac{Disp_j}{\sum_{j=1}^n Disp_j} \quad \text{Cálculo dos pesos dos critérios} \quad (6)$$

3.3 Cálculo dos coeficientes TOPSIS

O TOPSIS foi proposto em 1981 por [Hwang e Yoon 2012] e se fundamenta na premissa de que a melhor solução é representada pela alternativa que está localizada à menor e à maior distância para duas alternativas virtuais, respectivamente: a solução ideal positiva e a solução ideal negativa. Essas soluções são virtuais porque são compostas pelos melhores e piores desempenhos de cada alternativa sob cada critério. Essas distâncias são compostas em um índice global, denominado de coeficiente TOPSIS, cujo maior valor indica a alternativa com maior preferência. As alternativas são ordenadas do maior ao menor coeficiente TOPSIS [Chakraborty 2022].

[Pomerol e Barba-Romero 2012] sintetizaram graficamente a lógica do TOPSIS na Figura 1, que mostra cinco alternativas A, B, C, D e E, com avaliações já normalizadas em dois critérios para facilitar a visualização em dois eixos e as soluções ideal e anti-ideal. A alternativa C está mais próxima da solução ideal e a alternativa D está mais distante da solução anti-ideal.

Figura 1 – ilustração do TOPSIS



Fonte: [Pomerol e Barba-Romero 2012].

As Equações (7) a (16) descrevem os cálculos do TOPSIS. A Equação (7) mostra a matriz de decisão. A normalização dos elementos “ x_{ij} ”, proposto por [Chakraborty 2022], consta da Equação (8), com a base de dados normalizada na Equação (9). No TOPSIS os critérios precisam receber pesos, aqui representados pelo vetor W_j . Os pesos podem ser obtidos por diferentes técnicas, sendo aqui obtidos por entropia, apresentada na Seção 3.1. Os pesos multiplicam todos os elementos “ y_{ij} ”, conforme a Equação (10). A matriz “ V ” mostra a base de dados normalizada e ponderada, na Equação (11). Os elementos “ v_{ij} ” com maior valor nos critérios tipo “benefício” (quanto maior, melhor para a solução) e menor valor para os critérios tipo “custo” (quanto menor, melhor para a solução) compõem o vetor A^+ , denominado “solução ideal positiva”, na Equação (12). O inverso forma o vetor A^- , denominado “solução anti-ideal negativa”, na Equação (13). As distâncias Euclidianas de cada alternativa à solução ideal positiva constam na Equação (14) e as inversas conforme a Equação (15). Por fim, os coeficientes TOPSIS são calculados conforme a Equação (16). O maior coeficiente indica a alternativa de maior preferência. O aplicativo “topsis” do software R otimiza essas equações em três linhas de comandos, de maneira relativamente simples [Yazdi 2022].

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & \dots & x_{m.n} \end{bmatrix} \quad \text{Base de dados inicial} \quad (7)$$

$$y_{ij} = x_{ij} / \sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2} \quad \text{Normalização dos dados à mesma escala} \quad (8)$$

$$Y = \begin{bmatrix} y_{11} & \dots & y_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ y_{m1} & \dots & y_{m.n} \end{bmatrix} \quad \text{Base de dados normalizada} \quad (9)$$

$$v_{ij} = W_j \cdot y_{ij} \quad \text{Produto da base de dados normalizada pelos pesos dos critérios} \quad (10)$$

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & \dots & v_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ v_{m1} & \dots & v_{m.n} \end{bmatrix} \quad \text{Base de dados ponderada} \quad (11)$$

$$A^+ = [v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+] \quad \text{Solução ideal positiva} \quad (12)$$

$$A^- = [v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-] \quad \text{Solução anti-ideal negativa} \quad (13)$$

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad \text{Distância Euclidiana de cada alternativa à solução ideal positiva} \quad (14)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad \text{Distância Euclidiana de cada alternativa à solução anti-ideal negativa} \quad (15)$$

$$CT = \frac{D_i^-}{D_i^- + D_i^+} \quad \text{Coeficiente TOPSIS} \quad (16)$$

3.4 Agregação dos resultados por Pareto

Vilfredo Pareto é mais conhecido por sua pesquisa sobre distribuição de renda e riqueza, que levou ao desenvolvimento do princípio de Pareto (também conhecido como regra 80-20) e do conceito de otimização de Pareto. As suas ideias continuam a desempenhar um papel importante no desenvolvimento da tecnologia, da teoria econômica e da política, e as suas contribuições tiveram um impacto duradouro na academia [Das e Kumar 2023].

A análise de Pareto foi aqui aplicada para classificar os resultados do TOPSIS. A ideia central do princípio de Pareto é de que 20% das fontes causam 80% de consequências. No caso da pesquisa, as fontes foram associadas aos municípios e as consequências aos coeficientes TOPSIS, após normalização e ordenação do maior ao menor. Esses resultados foram agregados de modo cumulativo, para classificar os municípios em três categorias: municípios que somam 80% dos coeficientes TOPSIS normalizados, municípios com soma entre 80% e 95% e o grupo final entre 95% e 100%. Esses perfis que separam as classes são normalmente usados em cadeias de suprimentos, no processo denominado de classificação ABC [Avdekins e Savrasovs 2019; Ravinder e Misra 2016; Xu et al. 2022].

4. Análise dos Resultados

Um estrato dos resultados do TOPSIS está descrito na Tabela 4, para os dez municípios com os menores indicadores de mancha criminal em 2023. Nos anos anteriores, eles mantiveram índices similares, à exceção de Rio das Flores, que oscilou entre 10º (2021), 17º (2022) e 12º (2023) no ranking do ERJ. A lista completa dos resultados do TOPSIS está disponível com os autores.

Tabela 4 – Estrato dos resultados do TOPSIS

Municípios do Estado do Rio de Janeiro	TOPSIS 2021	Rank 2021	TOPSIS 2022	Rank 2022	TOPSIS 2023	Rank 2023
Sumidouro	0,9708	2	0,9740	1	0,9730	1
São Sebastião do Alto	0,9713	1	0,9708	3	0,9698	2
Trajano de Moraes	0,9696	3	0,9736	2	0,9670	3
Paty do Alferes	0,9633	5	0,9686	4	0,9658	4
São José do Vale do Rio Preto	0,9601	6	0,9648	5	0,9616	5
Varre-Sai	0,9683	4	0,9618	6	0,9576	6
Areal	0,9559	7	0,9584	7	0,9552	7
Rio Claro	0,9539	8	0,9539	8	0,9532	8
Aperibé	0,9508	10	0,9491	9	0,9487	9
Rio das Flores	0,9429	12	0,9359	17	0,9424	10

Os coeficientes TOPSIS de 2023 foram normalizados e somados cumulativamente, para a classificação por Pareto, conforme as Tabelas 5, 6 e 7.

Tabela 5 – Municípios da primeira classe (coeficientes cumulativos até 80%)

Ordem 2023	Municípios do RJ	Topsis Norm	Cumul.	Ordem 2023	Municípios do RJ	Topsis Norm	Cumul.
1	Sumidouro	0,01238	0,01	36	Quissamã	0,01144	0,43
2	São Sebastião do Alto	0,01234	0,02	37	Mangaratiba	0,01143	0,44
3	Trajano de Moraes	0,01231	0,04	38	Macaé	0,01142	0,45
4	Paty do Alferes	0,01229	0,05	39	Porto Real	0,01137	0,46
5	São José do Vale do Rio Preto	0,01224	0,06	40	São Pedro da Aldeia	0,01137	0,47
6	Varre-Sai	0,01219	0,07	41	Piraí	0,01127	0,48
7	Areal	0,01216	0,09	42	Engenheiro Paulo de Frontin	0,01125	0,50
8	Rio Claro	0,01213	0,10	43	Araruama	0,01124	0,51
9	Aperibé	0,01207	0,11	44	Campos dos Goytacazes	0,01124	0,52
10	Rio das Flores	0,01199	0,12	45	Barra do Piraí	0,01117	0,53
11	Cantagalo	0,01197	0,13	46	Vassouras	0,01115	0,54
12	Natividade	0,01196	0,15	47	Duas Barras	0,01114	0,55
13	São José de Ubá	0,01193	0,16	48	Magé	0,01113	0,56
14	Valença	0,01191	0,17	49	Cabo Frio	0,01110	0,57
15	Santa Maria Madalena	0,01191	0,18	50	Angra dos Reis	0,01109	0,58
16	São Fidélis	0,01191	0,19	51	Guapimirim	0,01105	0,60
17	Cambuci	0,01188	0,21	52	Laje do Muriaé	0,01105	0,61
18	Carmo	0,01184	0,22	53	Tanguá	0,01105	0,62
19	Teresópolis	0,01181	0,23	54	Casimiro de Abreu	0,01096	0,63

Ordem 2023	Municípios do RJ	Topsis Norm	Cumul.	Ordem 2023	Municípios do RJ	Topsis Norm	Cumul
20	Barra Mansa	0,01180	0,24	55	Rio das Ostras	0,01089	0,64
21	Cordeiro	0,01178	0,25	56	São Francisco de Itabapoana	0,01084	0,65
22	Cardoso Moreira	0,01177	0,26	57	Iguaba Grande	0,01082	0,66
23	Paraíba do Sul	0,01173	0,28	58	Santo Antônio de Pádua	0,01081	0,67
24	Italva	0,01172	0,29	59	Pinheiral	0,01080	0,68
25	Mendes	0,01171	0,30	60	Maricá	0,01073	0,69
26	Itaperuna	0,01171	0,31	61	Três Rios	0,01070	0,70
27	Rio Bonito	0,01169	0,32	62	Miracema	0,01062	0,71
28	Macuco	0,01166	0,33	63	Comendador Levy Gasparian	0,01062	0,73
29	Nova Friburgo	0,01164	0,35	64	Bom Jardim	0,01061	0,74
30	Porciúncula	0,01158	0,36	65	Cachoeiras de Macacu	0,01059	0,75
31	Resende	0,01157	0,37	66	Seropédica	0,01056	0,76
32	Volta Redonda	0,01157	0,38	67	Itaguaí	0,01056	0,77
33	Paracambi	0,01156	0,39	68	Miguel Pereira	0,01049	0,78
34	Bom Jesus do Itabapoana	0,01146	0,40	69	Itaocara	0,01049	0,79
35	Saquarema	0,01145	0,42	70	Itatiaia	0,01046	0,80

Tabela 6 – Municípios da segunda classe (coeficientes cumulativos entre 80% e 95%)

Ordem 2023	Municípios do RJ	Topsis Normalizado	Cumulativo
71	Armação dos Búzios	0,0104	0,8096
72	Conceição de Macabu	0,0104	0,8200
73	Arraial do Cabo	0,0103	0,8303
74	São João da Barra	0,0103	0,8406
75	Silva Jardim	0,0100	0,8506
76	Paraty	0,0100	0,8605
77	Carapebus	0,0099	0,8704
78	Itaboraí	0,0099	0,8803
79	Niterói	0,0097	0,8900
80	Sapucaia	0,0096	0,8996
81	Quatis	0,0096	0,9092
82	Petrópolis	0,0096	0,9188
83	Queimados	0,0094	0,9282
84	Nova Iguaçu	0,0089	0,9370
85	Nilópolis	0,0088	0,9458
86	São Gonçalo	0,0086	0,9544

Tabela 7 – Municípios da terceira classe (coeficientes cumulativos entre 95% e 100%)

Ordem 2023	Municípios do RJ	Topsis Normalizado	Cumulativo
87	Japeri	0,0086	0,9630
88	Belford Roxo	0,0082	0,9712
89	Duque de Caxias	0,0078	0,9790
90	Rio de Janeiro	0,0073	0,9863

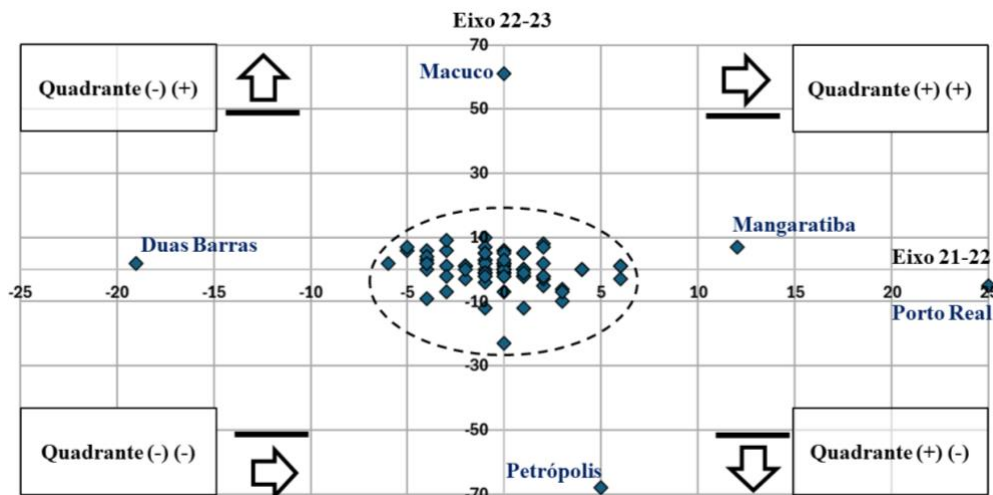
91	Mesquita	0,0072	0,9936
92	São João de Meriti	0,0064	1,0000

Os gráficos das Figuras 2 e 3 mostram as diferenças entre os rankings dos coeficientes TOPSIS 2021 e 2022, no eixo das abscissas e dos coeficientes 2022 e 2023, no eixo das ordenadas. Esses eixos definem quatro quadrantes: (1) superior direito, dos municípios que mantiveram desempenho satisfatório nos dois períodos; (2) superior esquerdo, dos municípios que melhoraram seus indicadores ao longo do tempo; (3) inferior esquerdo, dos municípios que mantiveram desempenho insatisfatório nos dois períodos; e (4) inferior direito, dos municípios que pioraram seus indicadores ao longo do tempo.

A diferença entre esses gráficos é a escala. Na Figura 2 são identificados *outliers*, indicados por seus nomes ao lado das marcas de suas pontuações. Esses municípios mostraram alterações significativas nas diferenças de rankings entre os dois períodos. Por exemplo, Petrópolis subiu 5 posições de 2021 para 2022 e caiu 68 de 2022 para 2023. Sua “queda” nos indicadores representou uma perda de 73 posições de 92 possíveis em apenas três anos. Seus dados devem ser recheckados, porque os 40 indicadores de mancha criminal mostram que o município teve sua segurança pública bastante depreciada no ERJ. Ou então as iniciativas de segurança pública para reduzir a violência no município foram muito mal sucedidas. Em resumo, esse desempenho de Petrópolis deve ser reavaliado em dados e em medidas de gestão.

O município de Macuco manteve seu ranking de 2021 para 2022, porém subiu 61 posições de 2022 para 2023. Esses dados mostram um caminho inverso ao de Petrópolis, pois a segurança pública melhorou consideravelmente em três anos. Porto Real melhorou seus índices de 2021 para 2022, subindo 25 posições e caindo 5 de 2022 para 2023. Mangaratiba subiu continuamente, com 12 posições entre 2021 e 2022 e 7 posições entre 2022 e 2023. Sua melhoria em 19 postos em três anos também precisa ser checada pelo ISP. Por fim, Duas Barras piorou 19 postos e subiu dois nesses respectivos períodos. A região pontilhada foi expandida, conforme a Figura 3.

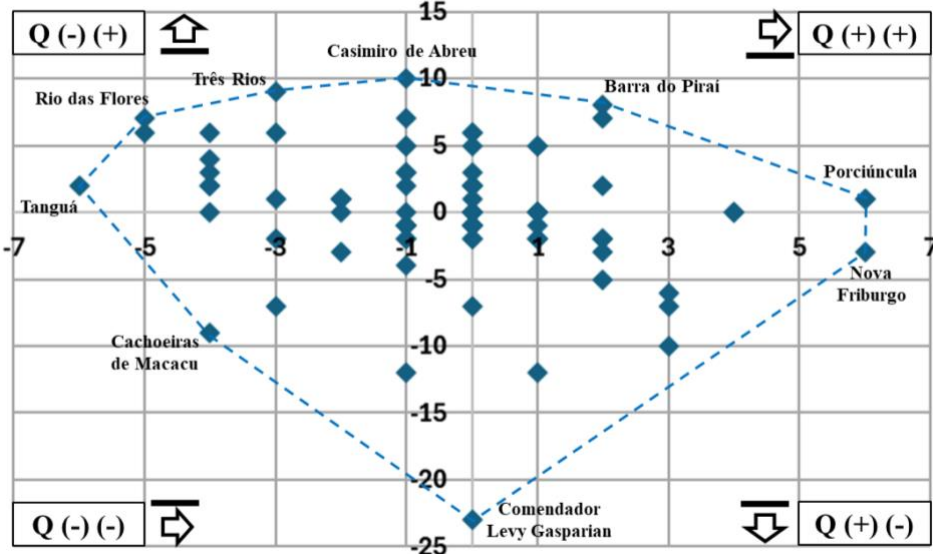
Figura 2 – diferenças de rankings 2021-2022 e 2022-2023 (completa)



A Figura 3 mostra os municípios sem os *outliers* da Figura 2, destacando a fronteira pontilhada dos resultados mais significativos em cada quadrante. No quadrante superior direito, destacam-se Porciúncula e Barra do Piraí, que mantiveram resultados positivos nos dois períodos. No quadrante superior esquerdo, os municípios de Casimiro de Abreu, Três Rios, Rio das Flores e Tanguá evoluíram de uma queda no período de 2021 e 2022, para um crescimento entre 2022 e 2023. No quadrante inferior esquerdo, Cachoeiras de Macacu manteve um desempenho insatisfatório nos dois períodos, sendo acentuado no último período, caindo nove posições no

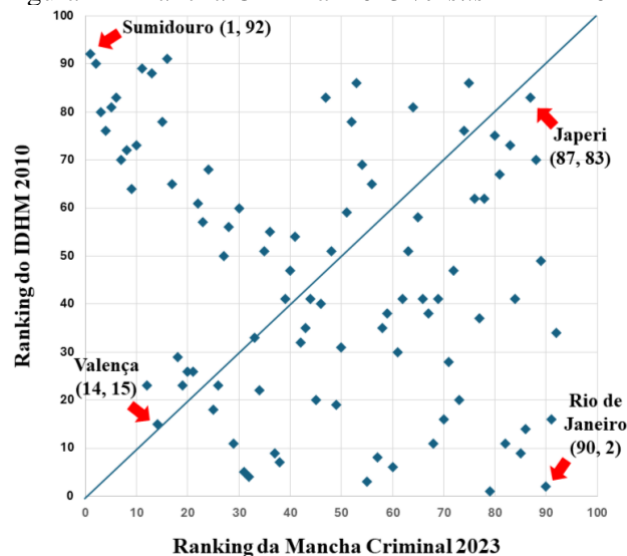
ranking. No quadrante inferior direito, Comendador Levy Gasparian despencou 23 posições de 2022 para 2023 e Nova Friburgo deteriorou seus indicadores positivos do período inicial para 2023.

Figura 3 – diferenças de rankings 2021-2022 e 2022-2023 (sem outliers)



A Figura 4 compara a Mancha Criminal de 2023 (eixo das abscissas) com a última medição do IDHM (eixo das ordenadas), ocorrida em 2010 através do censo demográfico do IBGE. A defasagem de dez anos entre esses resultados foi aqui relaxada para amparar o argumento de que a segurança pública é uma parcela da maior relevância para medir desenvolvimento humano. Nesse contexto, quatro municípios foram destacados para análise. Os extremos da linha isoquântica mostram Sumidouro e o Rio de Janeiro. A primeira é uma cidade pequena e pacata, com excelentes indicadores de segurança pública, porém sua pequena extensão e infraestrutura não lhe conferem elevados índices de renda, educação e saúde. Um indicador composto talvez atribuisse um patamar intermediário, aparentemente mais justo que essas posições extremas. Em 2010, a cidade do Rio de Janeiro obteve a 2ª posição em desenvolvimento humano, porém os 40 indicadores de segurança pública lhe conferem a 90ª posição entre 92 municípios. Nessas condições, o IDHM perde credibilidade e produz um número distante da realidade carioca.

Figura 4 – Mancha Criminal 2023 versus IDHM 2010



5. Conclusão

A pesquisa versou sobre a avaliação da mancha criminal dos municípios do ERJ por modelo de apoio à decisão multicritério, produzindo um indicador agregado que permitisse ordenar as cidades por nível de segurança pública. Esse indicador é relevante pois funciona como contrapeso ao IDHM, para confirmar ou mesmo contestar a qualidade de vida dos cidadãos de uma Unidade da Federação. Os autores não consideram aceitável que um município com IDHM dos mais elevados possa conviver com indicadores de mancha criminal de países em conflito, em que seus moradores perdem a liberdade de “ir e vir”, vivem em regiões governadas por poderes paralelos, pagam taxas de segurança para milicianos e traficantes, entre outras mazelas sociais vividas nas grandes metrópoles brasileiras.

A revisão da literatura mostrou que esse tipo de problema de pesquisa é estudado no Brasil, gerando considerável quantidade de produtos acadêmicos, bem superior a de outros países. A revisão também mostrou que o método escolhido para a modelagem também é usual. A base de dados, coletada junto ao ISP, permitiu extrair dados de 40 indicadores de mancha criminal dos 92 municípios do ERJ. Os cálculos do TOPSIS permitiram ordenar esses municípios e classificá-los pelo princípio de Pareto, em três categorias. As diferenças de rankings foram cruzadas em gráficos bidimensionais, para verificar o quanto cada município melhorou, manteve ou piorou a sua segurança pública ao longo dos últimos três anos. Por fim, os resultados do TOPSIS em 2023 foram comparados ao IDHM de 2010, último produzido no país, para verificar distorções entre as medidas de segurança pública e do desenvolvimento humano.

Mais do que sugerir aprofundamentos da pesquisa, é evidente que o IDHM precisa ser acompanhado com maior periodicidade, pois políticas públicas dependem desse tipo de resultado para serem avaliadas e, se for o caso, redirecionadas. Isto é um trabalho do IBGE, do IPEA, da PNUD, entre outros órgãos e institutos com experiência anterior e capazes de tal medição. Cabe também ao ISP uma reavaliação dos dados e confirmação de efetivas medidas de gestão em relação aos *outliers* identificados, pois não parece normal verificar significativas alterações de posição do indicador de segurança pública de um ano para outro.

A comparação entre um resultado de 2023 com outro indicador de 2010 sem dúvida é uma fragilidade da pesquisa, entretanto não existem indicadores do ERJ mais recentes. Além disso, não se estima que um IDHM de determinada cidade suba ou desça uma quantidade de posições tão considerável ao longo de uma década. Se isto ocorrer, acredita-se que seja com ínfima quantidade de municípios, assumindo que a tendência é a de poucos movimentos em melhoria ou piora das condições de segurança pública.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 (PRO-DEFESA-V3092454P). O co-autor Gilson B. A. Lima agradece o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) no Projeto de Produtividade em Pesquisa - PQ 311961/2023-1.

Referências

- Alawiah, E. T., Mardewi, T., Sefrika, S., Putri, D. A., & Nurwahyuni, S. (2023). Decision support systems to choose the type of tourist object that are opened after covid 19 pandemic using TOPSIS method. *AIP Conference Proceedings*, 2714(1).
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975.
- Avdekins, A., & Savrasovs, M. (2019). Making warehouse logistics smart by effective placement strategy based on genetic algorithms. *Transport and Telecommunication Journal*, 20(4), 318–324.
- Borde, E., & Hernández-Álvarez, M. (2022). Fractured lives in fractured cities: Towards a critical understanding of urban violence in the context of market-driven urban restructuring processes in Bogotá and Rio de Janeiro. *Social Science & Medicine*, 298, 114854.

- Chakraborty, S. (2022). TOPSIS and Modified TOPSIS: A comparative analysis. *Decision Analytics Journal*, 2, 100021.
- Costa, V. C., Baptista, T. W. de F., & Cunha, M. B. da. (2023). O SUS em territórios vulnerabilizados: reflexões sobre violência, sofrimento mental e invisibilidades nas favelas do Rio de Janeiro. *Saúde Em Debate*, 46, 974–986.
- Dadelo, S., Turskis, Z., Zavadskas, E. K., & Dadelienė, R. (2013). Integrated multi-criteria decision making model based on wisdom-of-crowds principle for selection of the group of elite security guards. *Archives of Budo*, 9(2), 135–147.
- Das, K., & Kumar, R. (2023). Assessment of electric two-wheeler ecosystem using novel pareto optimality and TOPSIS methods for an ideal design solution. *World Electric Vehicle Journal*, 14(8), 1–14.
- Hwang, C.-L., & Yoon, K. (2012). *Multiple attribute decision making: methods and applications a state-of-the-art survey* (Vol. 186). Springer Science & Business Media.
- IPEA. (2024). *Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil*. AtlasBR. <http://www.atlasbrasil.org.br/acervo/atlas>
- ISP. (2024). *Estatísticas de segurança: série histórica mensal por município desde 01/2014 (taxas por 100 mil habitantes)*. ISP Dados Abertos. <https://www.ispdados.rj.gov.br/estatistica.html>
- Magaloni, B., Franco-Vivanco, E., & Melo, V. (2020). Killing in the slums: Social order, criminal governance, and police violence in Rio de Janeiro. *American Political Science Review*, 114(2), 552–572.
- Maslow, A. H. (1943). A Theory of Human Motivation. *Psychological Review*, 50, 370–396.
- Opricovic, S., & Tzeng, G. (2002). Multicriteria planning of post-earthquake sustainable reconstruction. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 17(3), 211–220.
- Otay, I., & Jaller, M. (2020). Multi-expert disaster risk management & response capabilities assessment using interval-valued intuitionistic fuzzy sets. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 38(1), 835–852.
- PNUD. (2010). *IDHM Municípios 2010*. <https://www.undp.org/pt/brazil/idhm-municipios-2010>
- Pomerol, J.-C., & Barba-Romero, S. (2012). *Multicriterion decision in management: principles and practice*. Springer.
- Ravinder, H. V., & Misra, R. B. (2016). ABC analysis for inventory management: Bridging the gap between research and classroom. *American Journal of Business Education (AJBE)*, 9(1), 39–48.
- Rodrigues, F. L., Costa Júnior, J. F. da, & Souza, R. P. de. (2021). Evaluation of the operational viability of forensic units in Brazil: A hybrid approach based on the BWM and R-TOPSIS. *Decision Science Letters*, 10(4), 487–496.
- Shannon, C. E. (1949). Communication theory of secrecy systems. *Bell System Technical Journal*, 28(4), 656–715.
- Tuskan, Y., & Basari, E. (2023). Evaluation of Sustainable Slope Stability with Anti-Slide Piles Using an Integrated AHP-VIKOR Methodology. *Sustainability*, 15(15), 12075.
- Xu, L., Zhang, M., & Abdullayeva, I. (2022). Improving the Supply Chain Management. *Foundations of Management*, 14(1), 127–142.
- Yazdi, M. M. (2022). TOPSIS method for multiple-criteria decision making (MCDM). In *Package "topsis"* (1.0; pp. 1–3). R-CRAN. <https://cran.r-project.org/web/packages/topsis/index.html>
- Zeleny, M. (1982). *Multi criteria decision making*. McGraw-Hill.