



UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Análise da eficiência do TODIM e variantes para seleção de carteiras de investimento

Acadêmico: Menderson Nicolau Costa

Orientador: Professor Dr. Omir Correia Alves Junior

Banca Examinadora

Professor Dr. Adriano Fiorese

Professor Dr. Gilmário Barbosa dos Santos

Contextualização

- Mercado Financeiro
- Portfólio de investimentos
- Seleção de um portfólio
- Métodos Multicritério

Justificativa

- A seleção de portfólios é uma tarefa complexa
- O investidor necessita de ferramentas de gestão adequadas para auxílio à tomada de decisão



Objetivo Geral

- Especificar e implementar um método de apoio baseado no método TODIM clássico e algumas de suas variantes, a fim de realizar a seleção de um portfólio de investimentos baseado em Fundos de Investimentos Imobiliários.

Análise Multicritério

- É aplicada a problemas que tem como característica principal a diversidade de critérios, alguns deles conflitantes
- Leva em consideração os fatores humanos de subjetividade

Indicadores de desempenho

Patrimônio Líquido
em reais

Valorização dos
últimos 12 meses

Número de
cotistas

Número de cotas
emitidas

Valor Patrimonial
por cota / Cotação
no mercado

Rendimento de
dividendos



TODIM

TODIM clássico

Desenvolvido originalmente em 1991 por Gomes e Lima

É Fundamentado na teoria dos prospectos

Pesquisas de Kahneman

TODIM com a Teoria dos Prospectos Cumulativa

Variante proposta por TIAN em 2019

Substitui a normalização da matriz de decisão inicial pela função de cálculo da probabilidade transformada

TODIM com números difusos

Trabalha com a teoria dos conjuntos difusos (Fuzzy Sets)

Adequada para representar cenários de incertezas

TODIM com números difusos hesitantes

Simula situações de incertezas

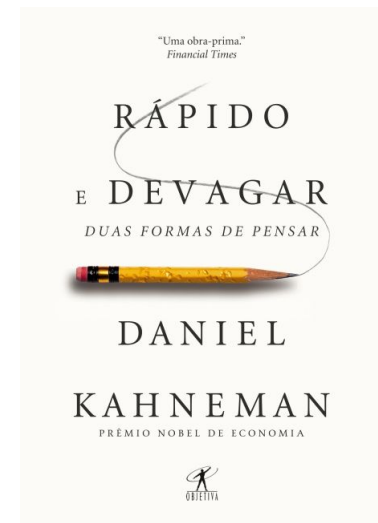
Utiliza-se de conjuntos de números difusos hesitantes (Hesitant fuzzy sets)

TODIM

Tomada de Decisão Interativa e Multicritério

- Desenvolvido originalmente em 1991 por Gomes e Lima (GOMES, 2020)
- É Fundamentado na teoria dos prospectos (Daniel Kahneman)

$$\Phi_c(A_i, A_j) = \begin{cases} \sqrt{\frac{w_{rc}(P_{ic} - P_{jc})}{\sum_{c=1}^m w_{rc}}}, & \text{se } (P_{ic} - P_{jc}) > 0 \\ 0, & \text{se } (P_{ic} - P_{jc}) = 0 \\ \frac{-1}{\theta} \sqrt{\frac{(\sum_{c=1}^m w_{rc})(P_{ic} - P_{jc})}{w_{rc}}}, & \text{se } (P_{ic} - P_{jc}) < 0 \end{cases}$$



TODIM

```
#Carregar a matriz de decisão
todim = Todim(matriz, pesos, codigos, theta, max=True)

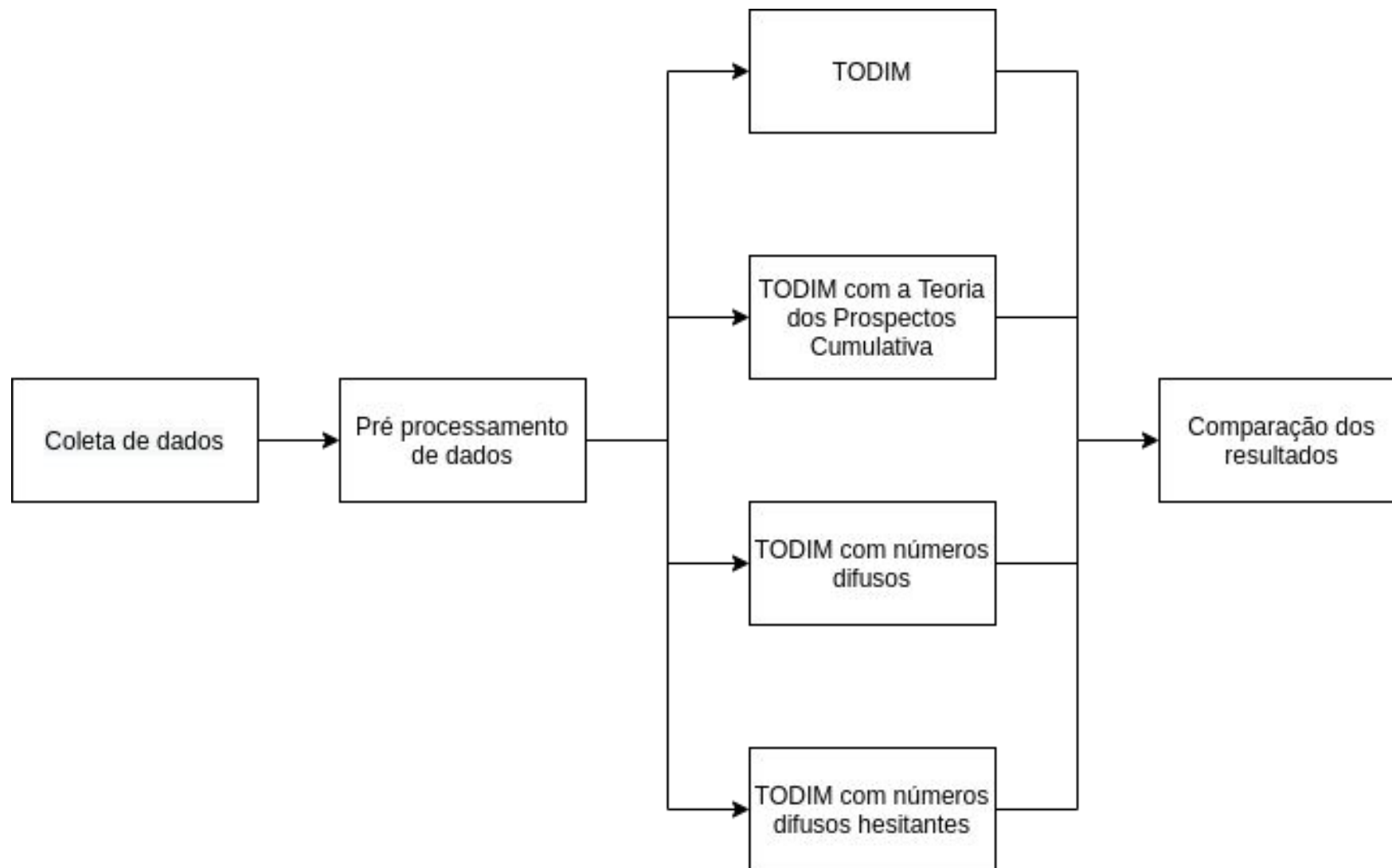
# Normalizar a matriz de decisão de forma que em cada
# coluna o valor total seja igual a um.
todim.normalize_matrix()

# Normalizar ao peso dos criterios para que a soma
# de todos os pesos seja igual a um.
todim.normalize_weights()

# Calcular do grau de domínio global  $\zeta$ 
todim.get_grau_dominio()

# Plotar o gráfico de barras
todim.plotBars()
```

Modelo geral



Método proposto

- A base de dados utilizada para realizar os experimentos, foi a provida pela Economatica
- Foi feita uma divisão dos Fundos de Investimento Imobiliário por segmentos onde atuam

Grupo	Segmentos inclusos
1	Lajes Corporativas, Hotéis, Imóveis Industriais e Logísticos, Imóveis Comerciais – Outros, Imóveis Residenciais
2	Educacional, Hospitalar
3	Shoppings, Varejo, Agências de Bancos
4	Papéis, Fundo de Fundos, Fundo de Desenvolvimento
5	Indefinido, Misto

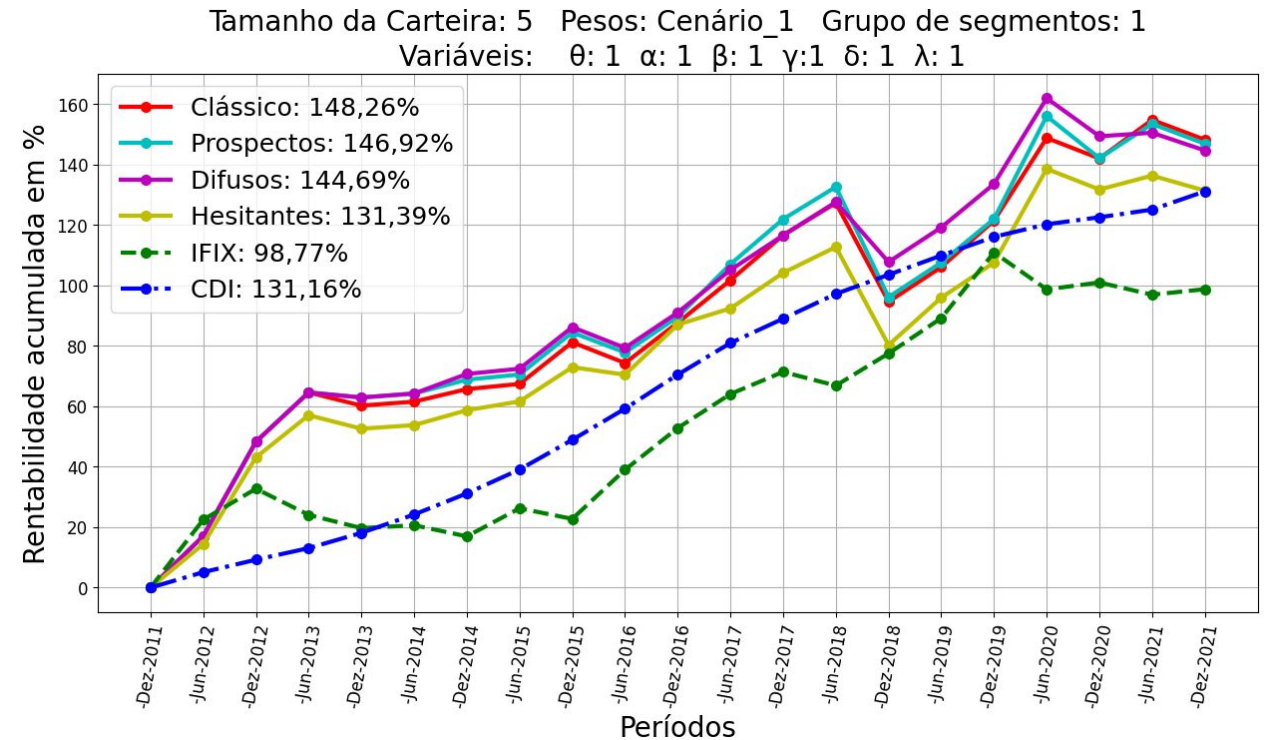
Método proposto

- A estratégia de investimentos que mais se adéqua a esse tipo de ativo é a de médio e longo prazo
- A base de dados utilizada foi a provida pela Economatica
- Os métodos serão executados semestralmente
- Experimentos com três cenários distintos

Critério	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Patrimonio líquido em reais	10	3	1
Valor patrimonial por cota / Cotação no mercado	3	7	1
Valorização dos últimos 12 meses	4	8	1
Número de cotistas	5	2	1
Número de cotas emitidas	2	9	1
Dividend Yield dos últimos 12 meses	6	10	1

Método proposto

- O retorno de um ativo em um determinado período de tempo se dá pela variação do preço do fundo somado de todos os proventos distribuídos em forma de dividendos
- O IFIX mostra o retorno médio dos FIIs na bolsa



Método proposto

- Após executar cada um dos métodos para um período de seis meses, obtém-se o grau de dominância para as alternativas no intervalo entre 0 e 1

Tabela 3 – Grau de dominância das alternativas dos métodos em Dezembro de 2011 para o grupo de segmentos 1

Ativos	TODIM Clássico	Prospectos Cumulativa	Lógica Difusa	Lógica difusa Hesitante
BTLG11	0,00	0,00	0,00	0,16
CNES11	0,16	0,13	0,27	0,47
HGLG11	0,67	0,67	0,61	0,70
CJCT11	0,53	0,51	0,33	0,63
HGPO11	0,55	0,59	0,23	0,38
HGRE11	1,00	0,95	0,94	0,91
FPAB11	0,47	0,43	0,41	0,11
HTMX11	0,11	0,06	0,01	0,00
PRSV11	0,84	1,00	1,00	0,51
ALMI11	0,62	0,82	0,78	0,17
TRNT11	0,85	0,80	0,91	1,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Método proposto

- A próxima etapa consiste na análise dos resultados, onde é calculado o retorno do investimento de tal carteira, para o período de seis meses

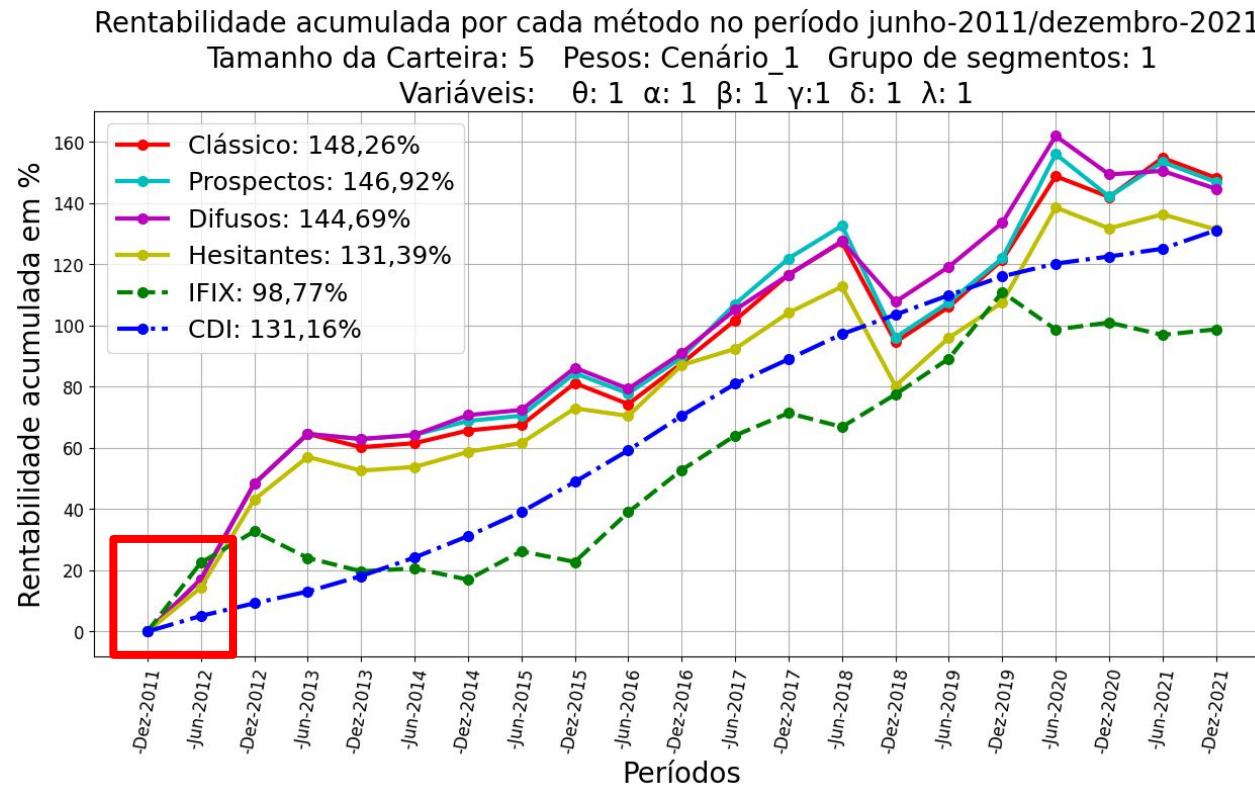
Tabela 4 – Retorno da carteira teórica selecionada por cada método entre dezembro de 2011 e junho de 2012.

Ativos	TODIM Clássico	Prospectos Cumulativa	Lógica Difusa	Lógica difusa Hesitante
HGRE11	9,67%	9,67%	9,67%	9,67%
TRNT11	15,70%	15,70%	15,70%	15,70%
PRSV11	14,13%	14,13%	14,13%	14,13%
HGLG11	17,78%	17,78%	17,78%	17,78%
ALMI11	28,02%	28,02%	28,02%	
CJCT11				14,69%
Média	17,06%	17,06%	17,06%	14,39%

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Método proposto

- O processo descrito anteriormente foi realizado para todos os períodos entre dezembro de 2011 e dezembro de 2021



Capítulo 4

Avaliação do método proposto

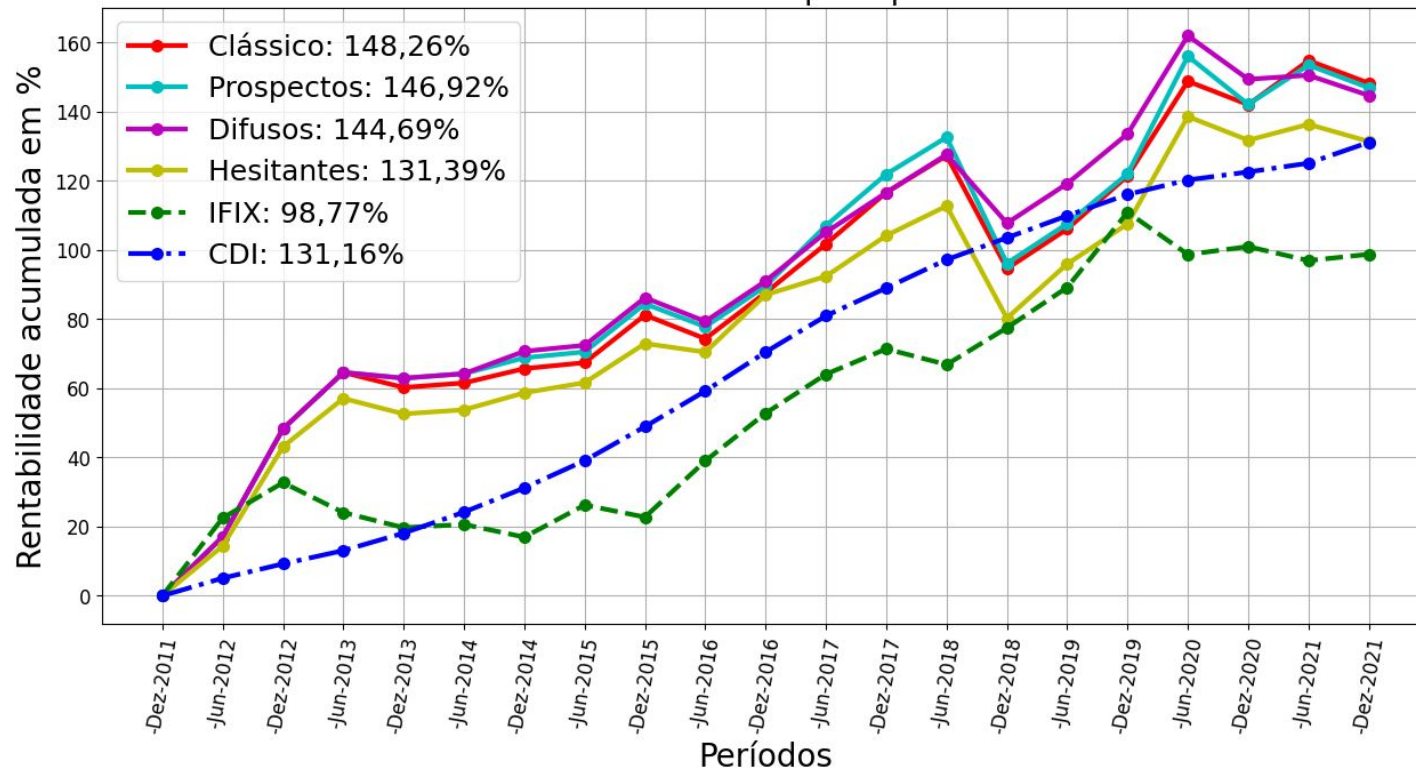
Análise dos experimentos

- Experimento 1 - Grupo de segmentos 1 - Lajes Corporativas, Hotéis, Imóveis Industriais e Logísticos, Imóveis Comerciais – Outros, Imóveis Residenciais

Rentabilidade acumulada por cada método no período junho-2011/dezembro-2021.

Tamanho da Carteira: 5 Pesos: Cenário_1 Grupo de segmentos: 1

Variáveis: θ : 1 α : 1 β : 1 γ : 1 δ : 1 λ : 1



- TODIM clássico e duas variantes alcançam rentabilidade superior ao índice IFIX durante todo o período.
- Rentabilidade acumulada superou CDI e IFIX

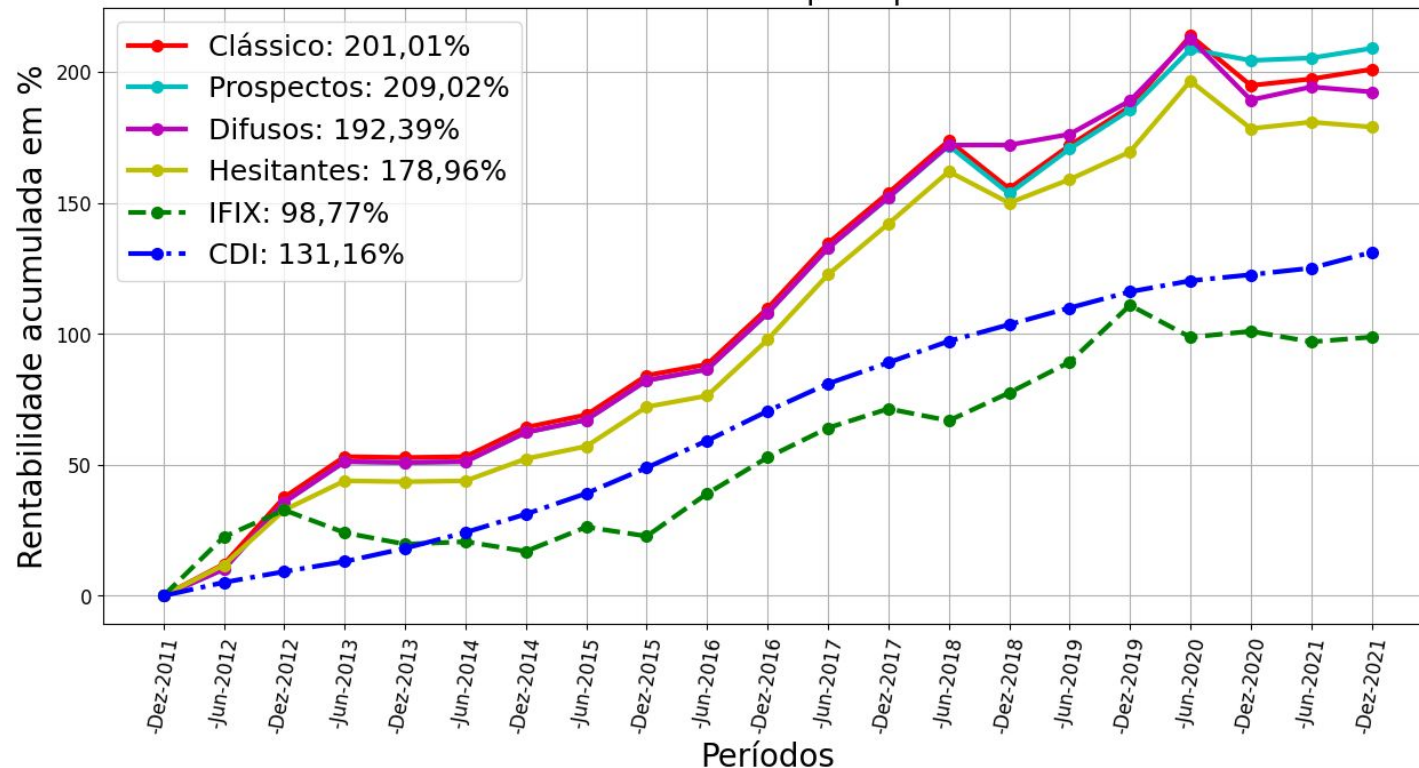
Análise dos experimentos

- Experimento 2 - Grupo de segmentos 3 - Shoppings, Varejo, Agências de Bancos

Rentabilidade acumulada por cada método no período junho-2011/dezembro-2021.

Tamanho da Carteira: 5 Pesos: Cenário_2 Grupo de segmentos: 3

Variáveis: $\theta: 1$ $\alpha: 1$ $\beta: 1$ $\gamma: 1$ $\delta: 1$ $\lambda: 1$



- Lógica difusa hesitante alcança desempenho inferior aos outros métodos
- Os quatro métodos superaram o índice IFIX e CDI

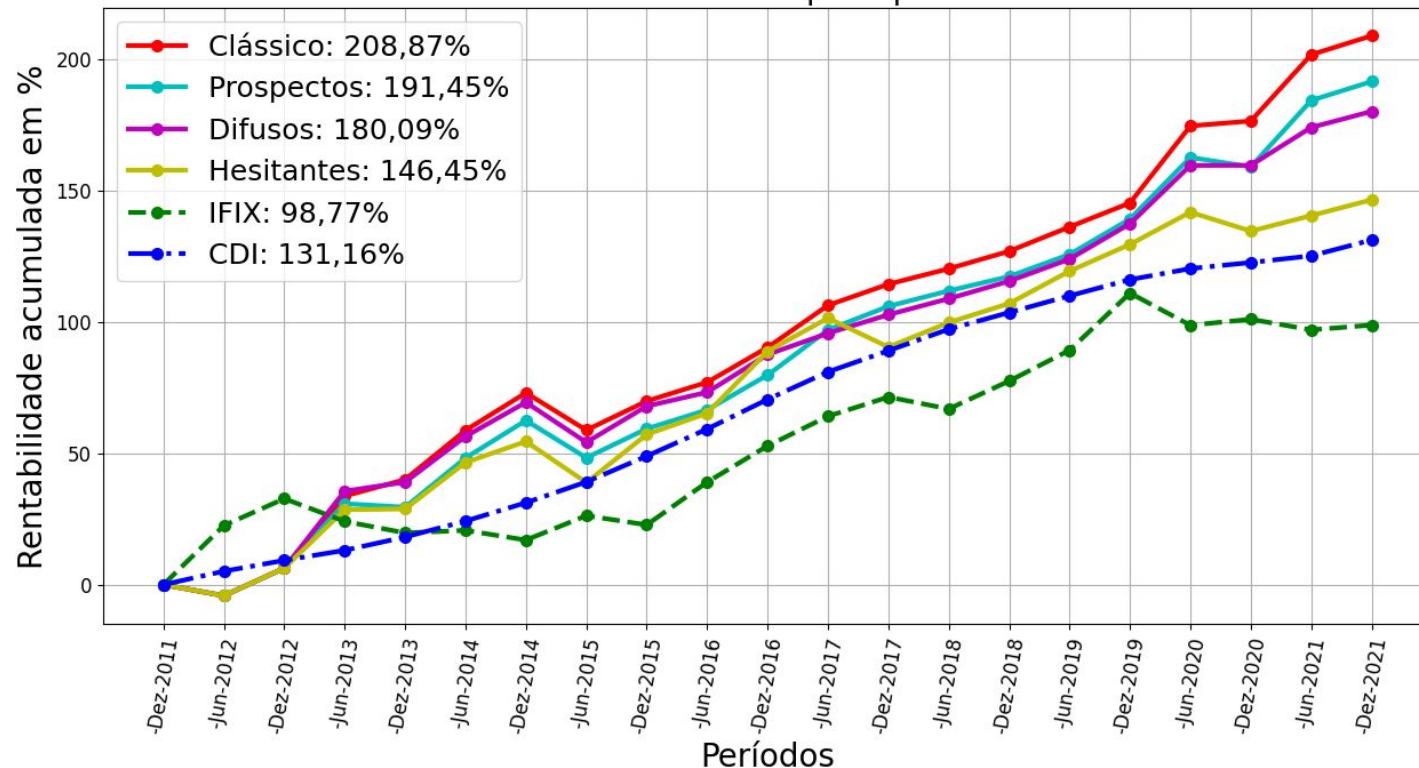
Análise dos experimentos

- Experimento 2 - Grupo de segmentos 4 - Papéis, Fundo de Fundos, Fundo de Desenvolvimento

Rentabilidade acumulada por cada método no período junho-2011/dezembro-2021.

Tamanho da Carteira: 5 Pesos: Cenário_2 Grupo de segmentos: 4

Variáveis: $\theta: 1$ $\alpha: 1$ $\beta: 1$ $\gamma: 1$ $\delta: 1$ $\lambda: 1$



- O método clássico se destaca, abrindo leve vantagem ao longo de todo o período

Análise dos experimentos

Tabela 7 – Resultados consolidados dos Experimentos 4,5 e 6

		Clássico	Prospectos	Difusos	Hesitantes
Experimento 4	Grupo 1	137,16%	136,83%	154,27%	130,24%
	Grupo 2	259,54%	259,29%	266,52%	266,52%
	Grupo 3	177,05%	170,78%	197,40%	178,96%
	Grupo 4	195,50%	174,39%	196,23%	149,10%
	Grupo 5	115,15%	107,87%	103,35%	108,94%
Experimento 5	Grupo 1	138,28%	135,53%	139,20%	130,24%
	Grupo 2	259,54%	259,29%	266,52%	266,52%
	Grupo 3	191,58%	180,45%	166,10%	178,96%
	Grupo 4	198,37%	172,37%	181,58%	149,10%
	Grupo 5	112,83%	106,62%	103,35%	108,94%
Experimento 6	Grupo 1	137,16%	156,64%	154,27%	130,24%
	Grupo 2	259,54%	260,43%	266,52%	266,52%
	Grupo 3	184,53%	173,22%	193,39%	178,96%
	Grupo 4	190,42%	171,60%	182,60%	149,10%
	Grupo 5	115,15%	107,53%	103,35%	108,94%

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Análise dos experimentos

Tabela 8 – Resultados consolidados dos Experimentos 7,8 e 9

		Clássico	Prospectos	Difusos	Hesitantes
Experimento 7	Grupo 1	137,16%	143,30%	154,27%	130,24%
	Grupo 2	259,54%	259,54%	266,52%	266,52%
	Grupo 3	177,05%	184,98%	197,40%	178,96%
	Grupo 4	195,50%	179,89%	196,23%	149,10%
	Grupo 5	115,15%	109,10%	103,35%	108,94%
Experimento 8	Grupo 1	138,28%	127,03%	139,20%	130,24%
	Grupo 2	259,54%	260,43%	266,52%	266,52%
	Grupo 3	191,58%	207,25%	166,10%	178,96%
	Grupo 4	198,37%	186,96%	181,58%	149,10%
	Grupo 5	112,83%	111,26%	103,35%	108,94%
Experimento 9	Grupo 1	137,16%	126,65%	154,27%	130,24%
	Grupo 2	259,54%	259,54%	266,52%	266,52%
	Grupo 3	184,53%	193,23%	193,39%	178,96%
	Grupo 4	190,42%	179,89%	182,60%	149,10%
	Grupo 5	115,15%	112,83%	103,35%	108,94%

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Análise dos experimentos

Tabela 10 – Resultados consolidados dos Experimentos 13,14 e 15

	Clássico	Prospectos	Difusos	Hesitantes
Experimento 13	189,70%	203,41%	189,42%	175,64%
Experimento 14	212,61%	232,32%	189,99%	175,64%
Experimento 15	212,66%	226,35%	193,55%	175,64%

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Análise dos experimentos

Considerações

- Foi realizada a comparação entre o TODIM e as variantes, além da comparação com os indicadores IFIX e CDI
- Foi feita uma análise de sensibilidade dos métodos quando submetidos a diferentes parâmetros e variáveis de entrada
- Apesar das diferenças nas rentabilidades alcançadas, todos se saíram bem na escolha dos portfólios
- Alguns experimentos alcançaram resultados 100% superiores ao IFIX para a maioria dos grupos de segmentos

Conclusões

- Rentabilidade acumulada da carteira selecionada pelos métodos ao longo do período foram consistentes:
 - superaram o CDI na grande maioria dos experimentos e o IFIX em todos eles
- TODIM e variantes apresentadas são válidas para o problema de seleção de portfólios de investimentos
- TODIM clássico e a variante TODIM com a teoria dos prospectos cumulativa:
 - mais sensíveis às variações dos valores de variáveis e pesos dos critérios
 - melhores resultados de forma consistente
- Sugestões para trabalhos futuros:
 - comparar com outras variantes do TODIM
 - realizar pré seleção das alternativas para evitar certos ativos
 - realizar análise do risco da carteira formada pelos ativos selecionados

Referências bibliográficas

ALMEIDA, Adiel Teixeira de et al. Multicriteria and multiobjective models for risk, reliability and maintenance decision analysis. [S.l.]: Springer, 2015. v. 231.

ANDRADE, EL. Problemas de congestionamento das filas. Introdução à Pesquisa Operacional: Métodos e modelos para análise de decisões. Ed, v. 4, p. 104–120, 2009.

B3.B. B. B. Brasil Bolsa Balcão. 2021. Disponível em: <www.b3.com.br/pt_br/>. Citado 3 vezes nas páginas 9, 13 e 31.

CAMPIGOTTO, Paula; UTIAMA, Guilherme Müller; JUNIOR, Omir Correia Alves. Análise da eficiência de diferentes métricas de risco e estratégias de investimento na otimização de portfólios. LII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 2020. Disponível em:
<<https://proceedings.science/sbpo-2020/papers/analise-da-eficiencia-de-diferentes-metricas-de-risco-e-estrategias-de-investimento-na-otimizacao-de-portfolios>>.

CORMEN, Thomas H et al. Algoritmos-Teoria e Prática, Ed Campus, 3a. [S.l.]: Ed, 2012.

Referências bibliográficas

DUARTE, Antonio Marcos. Applying the todim fuzzy method to the valuation of brazilian banks. Pesquisa Operacional, SciELO Brasil, v. 38, p. 153–171, 2018.

EHRGOTT, Matthias; KLAMROTH, Kathrin; SCHWEHM, Christian. An mcdm approach to portfolio optimization. European Journal of Operational Research, Elsevier, v. 155, n. 3, p.752–770, 2004.

ELTON, Edwin; GRUBER, Martin; BROWN, Stephen. Moderna teoria de carteiras e análise de investimentos. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2012.

FINANÇAS, Google. Google Finanças. 2021. Disponível em:
<<https://www.google.com/finance/>>.

FONTES, Vinicius Goulart. Avaliação de propostas de licitação em uma autarquia federal empregando o método todim na tomada de decisão. Universidade Federal Fluminense, 2016.

Referências bibliográficas

GALVÃO, Jorge Roberto Carneiro. Seleção de títulos no mercado brasileiro com método de apoio multicritério à decisão.X Congresso nacional de excelência em gestão, 2014.

GOLDBARG, Elizabeth; GOLDBARG, Marco; LUNA, Henrique.Otimização combinatória e metaheurísticas: algoritmos e aplicações. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2017.

GOMES, LFAM; GOMES, CFS. Tomada de decisão gerencial–enfoque multicritério. 5. a edição-editora atlas.São Paulo, 2014.

GOMES, LFAM; LIMA, MMPP. From modeling individual preferences to multicriteria ranking of discrete alternatives: a look at prospect theory and the additive difference model.Foundations of Computing and Decision Sciences, v. 17, n. 3, p. 171–184, 1992.

GOMES, Luiz Flávio Autran Monteiro.Teoria da decisão. [S.l.]: Cengage Learning, 2020.

Referências bibliográficas

GOMES, Luiz Flavio Autran Monteiro; RANGEL, Luis Alberto Duncan; MARANHÃO, Francisco José Coelho. Multicriteria analysis of natural gas destination in brazil: An application of the todim method. Mathematical and Computer Modelling, Elsevier, v. 50, n. 1-2, p.92–100, 2009.

HE, Ying; HUANG, Rui-Hua. Risk attributes theory: decision making under risk. European journal of operational research, Elsevier, v. 186, n. 1, p. 243–260, 2008.

ISHIZAKA, Alessio; NEMERY, Philippe. Multi-criteria decision analysis: methods and software. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2013.

JUNIOR, Antonio Marcos Duarte; LISBOA, José Luis Gomes. Seleção de debêntures no mercado de renda fixa brasileiro. Revista de Finanças Aplicadas, v. 1, p. 1–22, 2014.

KAHNEMAN, DANIEL; TVERSKY, Amos. Prospect theory: An analysis of decision under risk. Econometrica, v. 47, n. 2, p. 363–391, 1979.

Referências bibliográficas

KUMAR, Alok; LIM, Sonya Seongyeon. How do decision frames influence the stock investment choices of individual investors? *Management science, INFORMS*, v. 54, n. 6, p. 1052–1064, 2008.

LELES, Michel CR; SBRUZZI, Elton F; JR, Cairo L Nascimento. Métodos para tomada de decisão multicritério aplicados a um sistema operacional de negociação. Springer.

LIU, Chung-Chu; WOO, Kai-Yin; HON, Tai-Yuen. The relationship between personality traits and investment risk preference. *International Journal of Revenue Management, Inderscience Publishers (IEL)*, v. 9, n. 1, p. 57–71, 2016.

MARCUS, Alan J; BODIE, Zvi; KANE, Alex. *Essentials of investments*. [S.l.]: McGraw Hill, 2012.

MARTINI, Marcos Felipe Gomes; CAPITAIS, MBA Mercado de. Renda fixa versus rendavariável: uma análise descritiva entre as rentabilidades dos investimentos. *Revista on-line IPOG*, v. 1, n. 5, p. 1–13, 2013.

Referências bibliográficas

NETO, Alexandre Assaf. Mercado financeiro. [S.l.]: Atlas S.A, 2014.

NETO, Alexandre Assaf; LIMA, Fabiano Guasti. Curso de administração financeira. [S.l.]: Atlas, 2009.

PENG, Juan-Juan; WANG, Jian-Qiang; WU, Xiao-Hui. Novel multi-criteria decision-making approaches based on hesitant fuzzy sets and prospect theory. International Journal of Information Technology & Decision Making, World Scientific, v. 15, n. 03, p. 621–643, 2016.

PRAMANIK, Surapati et al. Nc-todim-based magdm under a neutrosophic cubic set environment. Information, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 8, n. 4, p. 149, 2017.

ROUX, D. Nobel en Économie. Economica, 2002.

Referências bibliográficas

SALLUM, Frederico Silva Valentim; GOMES, Luiz Flavio Autran Monteiro; MACHADO, Maria Augusta Soares. The todim multi-criteria method applied to the anbima ranking of brazilian investment funds. International Journal of Business and Systems Research, Inderscience Publishers (IEL), v. 14, n. 1, p. 56–73, 2020.

SILVA, Antônio Eduardo Monteiro da; GALDI, Fernando Caio. Determinantes de performance dos fundos de investimentos imobiliários brasileiros (fiis). 2015.

SILVA, Ivan Nunes da; SPATTI, Danilo Hernane; FLAUZINO, Rogério Andrade. Redes neurais artificiais para engenharia e ciências aplicadas-curso prático. São Paulo: Artliber, 2010.

SOUZA, Talles TM de; KROHLING, Renato A. Fuzzy todim for group decision making. In: Congreso Latino-Iberoamericano de Investigacion Operativa. [S.l.: s.n.], 2012. p. 24–28.

STATUSINVEST. Status Invest. 2021. Disponível em: <<https://statusinvest.com.br/>>.

Referências bibliográficas

TIAN, Xiaoli et al. Development of todim with different types of fuzzy sets: a state-of the-art survey. *Applied Soft Computing*, Elsevier, v. 111, p. 107661, 2021.

TIAN, Xiaoli; XU, Zeshui; GU, Jing. An extended todim based on cumulative prospect theory and its application in venture capital. *Informatica*, Vilnius University Institute of Mathematics and Informatics, v. 30, n. 2, p. 413–429, 2019.

ZADEH, Lotfi A. Fuzzy sets. In: *Fuzzy sets, fuzzy logic, and fuzzy systems: selected papers by Lotfi A Zadeh*. [S.l.]: World Scientific, 1996. p. 394–432.



UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Obrigado

<https://github.com/menderson/todim>