



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

RAMON REIS COSTA

**CONSTRUÇÃO DE UM MODELO MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO
PARA ANÁLISE HIERÁRQUICA DOS ESTADOS DO NORDESTE EM RELAÇÃO
AO DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL**

MOSSORÓ

2022

RAMON REIS COSTA

**CONSTRUÇÃO DE UM MODELO MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO
PARA ANÁLISE HIERÁRQUICA DOS ESTADOS DO NORDESTE EM RELAÇÃO
AO DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Joyce Abreu Maia

MOSSORÓ

2022

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas
da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C837c Costa, Ramon.

Construção de um modelo multicritério de apoio à
decisão para análise hierárquica dos estados do
nordeste em relação ao desenvolvimento industrial.

/ Ramon Costa. - 2022.

46 f. : il.

Orientadora: Joyce Abreu Maia.

Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia
Mecânica, 2022.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade com AACR2 e os dados
fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e
Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

RAMON REIS COSTA

**CONSTRUÇÃO DE UM MODELO MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO
PARA ANÁLISE HIERÁRQUICA DOS ESTADOS DO NORDESTE EM RELAÇÃO
AO DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Mecânica.

Defendida em: / / .

BANCA EXAMINADORA

Prof. Joyce Abreu Maia (UFERSA)
Presidente

Prof. Dr. Francisco Evaristo Uchoa Reis (UFERSA)
Membro Examinador

Eng. Damirys Maria Lucena de Lima (UFRN)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitário, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido, pelo ambiente criativo e amigável que proporciona.

À minha orientadora Prof. Joyce Abreu Maia, pela paciência a mim empregada, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

À banca presente, pela confiança no meu trabalho, pelo respeito, por me ensinar, pela compreensão e pelos sábios conselhos.

Agradeço a minha mãe Lícia Maria, que me deu apoio, incentivo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço.

Ao meu pai Raimundo Nonato que apesar de todas as dificuldades me fortaleceu e que para mim foi muito importante.

Obrigado minhas irmãs Larissa e Tatiana e sobrinho Samuel, que nos momentos de minha ausência dedicados ao estudo superior, sempre fizeram entender que o futuro é feito a partir da constante dedicação no presente!

Sou grato a minha esposa Nikoly que nunca me recusou amor, apoio e incentivo. Obrigado, todo o amor do meu coração, por compartilhar os inúmeros momentos de ansiedade e estresse. Sem você ao meu lado o trabalho não seria concluído.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte de minha formação, o meu muito obrigado.

RESUMO

Ao longo de sua história, o Brasil passou por importantes mudanças socioeconômicas, que influenciaram muito sobre suas terras. O resultado disso é uma fluidez dinâmica, onde o compartilhamento de pontos de integração mostra novas técnicas exercidas que combinam com os diversos lugares. A região Nordeste do Brasil mostra-se importante para pesquisas, visto que se apresenta como a parte do país que mais sofre com constantes esforços intervencionistas que visam estratégias para sua industrialização. O presente trabalho tem como objetivo principal propor um modelo multicritério que proporcione melhor esclarecimento sobre o desenvolvimento industrial no Nordeste, através de indicadores como: quantidade de empresas, PIB, arrecadação de impostos e exportação de produtos. Para a pesquisa no presente estudo, foram usados os conceitos de modelagem multicritério de apoio à decisão e objetivos de caráter exploratório. O método escolhido é o método FITradeoff, que usa licitações flexíveis que impedem os tomadores de decisão de estimar o valor exato da constante de proporcionalidade e se mostra muito útil no caso de tomadores de decisão não terem confiança suficiente para estimar esses valores. Com os dados coletados e respostas do decisor, os estados que aparecem nos primeiros lugares, são Piauí, Sergipe e Alagoas, enquanto as piores Unidades Federativas na lista foram Bahia com o último lugar, Pernambuco com o penúltimo e Ceará com o antepenúltimo. É válido ressaltar que os resultados são relacionados com as escolhas do decisor, sendo o resultado dependente das prioridades do administrador das escolhas. As dificuldades e problemas com o método FITradeoff introduzem a necessidade de estudos que ofereçam oportunidades de melhoria, que podem ser investigadas, abrindo caminho para o conhecimento sobre o método e a sua utilização para problemáticas que envolvam decisão em grupo.

Palavras-chave: FITradeoff. Multicritério. Apoio à Decisão.

ABSTRACT

Throughout its history, Brazil has undergone important socioeconomic changes, which have greatly influenced its lands. The result of this is a dynamic fluidity, where the sharing of integration points shows new established techniques that combine with different places. The Northeast region of Brazil is important for research, as it is the part of the country that suffers most from constant interventionist efforts aimed at strategies for its industrialization. The main objective of the present work is to propose a multicriteria model that provides a better understanding of the industrial development in the Northeast, through indicators such as: volume of companies, GDP, tax collection and product exports. For the research in the present study, the concepts of multicriteria modeling for decision support and exploratory objectives were used. The method chosen is the FITradeoff method, which uses flexible bidding that prevents decision makers from estimating the exact value of the constant of proportionality and proves to be very useful in case decision makers do not have enough confidence to estimate these values. With the data collected and the decision-maker's responses, the states that appear in the first places are Piauí, Sergipe and Alagoas, while the worst Federative Units in the list were Bahia with the last place, Pernambuco with the penultimate and Ceará with the penultimate. It is worth emphasizing that the results are related to the decision maker's choices, with the result being dependent on the choices administrator's priorities. The difficulties and problems with the FITradeoff method present the need for studies that battle opportunities for improvement, which can be investigated, opening the way for knowledge about the method and its use for problems involving group decision.

Keywords: FITradeoff. Multicriteria. Decision Support.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estruturação do estudo

Figura 2 – Etapas de desenvolvimento da pesquisa

Figura 3 – Modelo Multicritério para hierarquização

Figura 4 – Objetivo Estratégico

Figura 5 – Hierarquia de valores utilizando o VFT

Figura 6 – Primeira pergunta feita ao decisor

Figura 7 – Segunda pergunta feita ao decisor

Figura 8 – Terceira pergunta feita ao decisor

Figura 9 – Quarta pergunta feita ao decisor

Figura 10 – Quinta pergunta feita ao decisor

Figura 11 – Sexta pergunta feita ao decisor

Figura 12 – Sétima pergunta feita ao decisor

Figura 13 – Oitava pergunta feita ao decisor

Figura 14 – Nona pergunta feita ao decisor

Figura 15 – Décima pergunta feita ao decisor

Figura 16 – Décima primeira pergunta feita ao decisor

Figura 17 – Décima segunda pergunta feita ao decisor

Figura 18 – Débora terceira pergunta feita ao decisor

Figura 19 – Análise de sensibilidade

Figura 20 - Análise de sensibilidade

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Principais métodos multicritério por categoria

Quadro 2 – Critérios empregados no modelo

Quadro 3 – Alternativas empregadas no modelo.

Quadro 4 – Matriz de consequências para o problema

Quadro 5 - Ordem final encontrada

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Matriz de decisão

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
1.1.	CONTEXTUALIZAÇÃO.....	12
1.2.	OBJETIVOS.....	13
1.2.1	Objetivo Geral	13
1.2.2	Objetivos Específicos.....	13
1.3.	JUSTIFICATIVA.....	13
1.4.	ESTRUTURA	14
2.	EMBASAMENTO TEÓRICO.....	16
2.1.	ASPECTOS GERAIS SOBRE O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL NO NORDESTE.....	16
2.2.	ANÁLISE MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO	17
2.3.	MÉTODOS MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO.....	19
2.4.	MÉTODO FITRADEOFF	21
3.	METODOLOGIA	23
3.1.	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	23
3.2.	ETAPAS DA PESQUISA.....	23
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
4.1.	PROPOSTA DE MODELO MULTICRITÉRIO PARA HIERARQUIZAÇÃO 25	
4.2.	APLICAÇÃO NUMÉRICA DO MODELO PROPOSTO	25
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
5.1.	CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA	43
5.2.	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	44
	REFERÊNCIAS	45

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta os aspectos introdutórios da pesquisa proposta. Assim, discorre-se sobre a contextualização do estudo, os objetivos, a justificativa e a estrutura do trabalho.

1.1.CONTEXTUALIZAÇÃO

Ao longo de sua história, o Brasil passou por importantes mudanças socioeconômicas, que influenciaram muito sobre suas terras. O resultado disso é uma fluidez dinâmica, onde o compartilhamento de pontos de integração mostra novas técnicas exercidas que combinam com os diversos lugares.

A região Nordeste do Brasil mostra-se importante para pesquisas, visto que se apresenta como a parte do país que mais sofre com constantes esforços intervencionistas que visam estratégias para sua industrialização. Entre as décadas de 1980 e 1990, foi marcado pelo processo de maior atividade econômica e instauração de reformas liberais, revelando um ambiente de maior competitividade na economia brasileira, onde as ações passam a ser coordenadas pelo setor privado, estados e municípios que assumem uma forma de ação descentralizada para alcançar desenvolvimento (SANTOS; ROSÁRIO, 2011).

Para Alves (2009), no século XIX, o Nordeste detinha uma posição importante na economia nacional, onde atuava na atividade açucareira, desenvolvida e voltada para o exterior. Com o declínio dessa atividade fora acompanhado da queda da participação dessa região no total da economia do país.

O autor ainda afirma que o processo de industrialização brasileiro desenvolvido a partir de 1930, com o passar do tempo se acentua e colabora ainda mais para o início de um outro processo, a polarização entre as regiões Sudeste e Nordeste, o que se diferenciam pelas formas diferenciadas de reprodução do capital e das relações de produção em cada região (ALVES, 2009).

Para que este ranking não seja falho, muitos critérios devem ser analisados. A cada um destes deve ser atribuída uma importância relativa. Agregando-se todas as avaliações pontuais, obtém-se uma avaliação completa de cada estado, possibilitando a hierarquização dos mesmos, sendo isso crucial para avaliação de qual precisa de mais investimento.

Mediante a ideia consolidada, juntamente com a metodologia proposta, o problema do projeto se desenvolve atrás da seguinte pergunta: **Quais Estados do Nordeste devem receber priorização na alocação de ações de incentivo à industrialização?**

No Nordeste, o processo de industrialização deveria assumir um papel de autonomia, o que determinaria o caminho do desenvolvimento, estimulando-o e ajudando na disponibilização de matérias-primas locais, além de reerguer e modernizar as indústrias tradicionais da região.

1.2.OBJETIVOS

Considerando o contexto econômico da região nordeste, surgem os seguintes objetivos para esta pesquisa.

1.2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo principal propor um modelo multicritério que proporcione melhor esclarecimento sobre o desenvolvimento industrial no Nordeste, através de indicadores como: quantidade de empresas, PIB, arrecadação de impostos e exportação de produtos.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar quais os critérios mais importantes relacionados ao desenvolvimento industrial regional;
- Executar a estruturação do problema utilizando o Value-Focused Thinking;
- Criar um modelo multicritério de apoio à decisão para hierarquizar as Unidades Federativas do Nordeste por nível de criticidade em relação à industrialização.

1.3. JUSTIFICATIVA

Alves (2009) explana que, no Nordeste, “a ampliação dos limites do potencial de acumulação, fruto da integração produtiva é refletida no crescimento acelerado do produto e coeficientes de investimento nordestino, quando comparados às taxas históricas e às próprias taxas nacionais.”.

Partindo dessa ideia de industrialização da região Nordeste, o presente trabalho tem como objetivo um modelo multicritério que proporcione maior explanação sobre o desenvolvimento industrial no Nordeste, através de indicadores como: quantidade de empresas, PIB, arrecadação de impostos e exportação de produtos.

Como justificativa da escolha desse tema, é a importância do desenvolvimento da indústria nordestina, que passa por diferentes momentos que se encontram atrelados à dinâmica maior verificada na economia brasileira. Esse trabalho pretende, descrever, através de análise multicritério, o processo de constituição de tal indústria, dando destaque à hierarquia montada

por cada estado da região por meio de coleta de dados que possam demonstrar esse desenvolvimento de caráter regional do país.

1.4. ESTRUTURA

A presente pesquisa encontra-se estruturada em cinco capítulos, na forma da Figura 1:

Figura 1 – Estruturação do estudo



Fonte: Autoria Própria (2022)

Para concluir o trabalho com os objetivos propostos atingidos, o mesmo dividiu-se em quatro capítulos, onde o primeiro capítulo introduz a ideia, juntamente aos objetivos, justificativa, relevância e metodologia do estudo. Esse último ponto classifica o trabalho quanto aos métodos de pesquisa, quanto à natureza, quanto à forma de abordagem do problema e quanto à finalidade.

O segundo capítulo contempla a fundamentação teórica, trazendo pontos que teorizam a pesquisa, mostrando em quais pontos a mesma se consolida e tem embasamento, trazendo assim informações sobre o processo de industrialização dos estados nordestinos e modelagem multicritério de apoio à decisão.

No terceiro capítulo apresenta-se a amostragem de resultados, mediante a aplicação numérica do modelo proposto, sendo possível apontar os principais aspectos da pesquisa, assim como a validação do modelo. E no último capítulo, mostrará a conclusão e

considerações finais da pesquisa, que mostrará se os objetivos foram cumpridos e indicará sugestões para trabalhos futuros.

2. EMBASAMENTO TEÓRICO

Este capítulo apresenta o embasamento teórico sobre a área pesquisada, abordando aspectos gerais sobre o desenvolvimento industrial no Nordeste, análise multicritério de apoio à decisão, um *overview* dos métodos multicritério de apoio à decisão e aspectos gerais do método utilizado.

2.1.ASPECTOS GERAIS SOBRE O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL NO NORDESTE

Historicamente, o Nordeste, até o século XIX, possuía uma importante posição na economia nacional, através da atuação determinado pela atividade açucareira, desenvolvida em caráter especializado e voltada para comércio externo, porém com a queda da atividade açucareira percebeu-se a deterioração da participação dessa região na economia brasileira. (ALVES, 2009)

Nos anos 1950, dentro do pensamento nacional-desenvolvimentista à época dominante, a situação de parada econômica na qual se encontrava o Nordeste, passa a ser vista como uma trava ao processo maior de desenvolvimento do país. Dessa forma, a região citada é vista por uma nova política, que possui o objetivo de se firmar em cima da transferência de capitais produtivos para a região, através de uma política de incentivos fiscais e financeiros. A industrialização é o produto central dessa política. A constituição industrial do Nordeste passa, portanto, por diferentes momentos que se encontram atrelados à dinâmica maior verificada na economia brasileira (ALVES, 2009).

Silva (2021) resume, em seu ponto de vista que, depois da queda açucareira, a pecuária interiorizou-se, permitindo o avanço e delimitação do espaço geográfico do Nordeste, pulverizando a população nordestina em pequenas unidades, com baixo nível de produtividade, caracterizados como unidades que produziam o mínimo para sobrevivência.

As inflexões na qual passaram a economia brasileira, primeiro com o ciclo de ouro e numa fase posterior com a primeira etapa do ciclo do café, drenaram os escassos recursos da região Nordeste, sobretudo expressiva quantidade de mão de obra, afetando negativamente a rentabilidade das atividades preexistentes, o que generalizou a baixa produtividade e economia de subsistência da região. É desta forma, com baixíssimo nível de produtividade, desorganizada classe produtiva e intensa desigualdade social, que o Nordeste inicia o século XX (SILVA, 2021).

No desenvolvimento da região Nordeste, o processo de industrialização derivado do modelo de substituição de importações concentrado na região Sudeste destacando as disparidades regionais presentes no país, levando as autoridades políticas a incorporarem as experiências internacionais.

No caso do Brasil, foram criadas várias instituições dando o suporte para programas de desenvolvimento regional são exemplos a criação da Comissão do Vale do São Francisco (CVSF) e da Cia. Hidroelétrica do São Francisco (CHESF), na década de 1940, a seguida criação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e da Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM) e os planos de desenvolvimento para o Nordeste e Norte (DINIZ, 2001).

Estas iniciativas permitiram a modificação da estrutura econômica nordestina, permitindo que esta se favorecesse com alto crescimento nos primeiros anos, acompanhando o ritmo nacional (BACELAR, 2006, pg.29 *apud* SANTOS E ROSARIO, 2011).

Neste momento, no entanto, o crescimento econômico, ao longo de várias décadas, quase não alterou os traços mais fortes da região: a distribuição de renda e de terra desiguais, o baixo índice de desenvolvimento humano e a concentração espacial da indústria na faixa litorânea, localizada principalmente nas capitais dos estados maiores. (SANTOS E ROSARIO, 2011)

2.2. ANÁLISE MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO

A modelagem matemática da pesquisa operacional pode trabalhar com um ou com múltiplos critérios, os quais devem representar adequadamente as preferências do decisor. O uso dos múltiplos critérios não é uma simples generalização das abordagens tradicionais, mas sim, constitui-se em um novo paradigma para analisar contextos decisórios e auxiliar à tomada de decisão (BASTOS *et al.*, 2011).

A análise multicritério de apoio à decisão ou *Multiple Criteria Decision Aiding* (MCDA) é um termo utilizado para demonstrar um conjunto de abordagens formais e métodos que podem ser aplicados em problemas de decisão no qual múltiplos objetivos devem ser considerados para a seleção de determinado curso de ação, em especial se houver conflito de objetivos entre as partes interessadas (SANTOS, 2021).

O uso do método multicritério à análise de problemas de decisão consiste em uma tomada de decisão onde existe um nível de conflito considerável, mas que não pode ser

tomada por intuição (BELTON; STEWART, 2002). O MCDA fornece uma maneira científica de abordar essa tomada de decisão.

Com isso, existem alguns elementos chave na abordagem MCDA, como apresenta Roy (1990):

- Um conjunto A não necessariamente estável de ações potenciais a ;
- Comparações baseadas em n critérios (ou pseudo-critérios) g_k ;
- Um modelo de preferências bem ajustado à mente do decisor e estruturado com base em um conjunto de atributos (também chamados critérios).

Antes de qualquer outra menção é importante que os objetivos do problema de decisão sejam identificados, onde esses, geralmente, estão ligados à direção em que se pretende conduzir o processo de tomada de decisão. Já os critérios são os pontos de análise através das quais as consequências ligadas a cada ação são mensuradas, considerando a conveniência em relação aos objetivos (MUNDA, 2008; KEENEY; RAIFFA, 1993).

A Tabela 1, a seguir, esquematiza a representação matricial de um problema de decisão em que as consequências de cada ação potencial a_i são representadas por variáveis determinísticas:

Tabela 1 - Matriz de decisão

Alternativas	Critérios				
A	C_1	...	C_k	...	C_n
A_1	x_{11}	...	x_{1k}	...	x_{1m}
A_2	x_{21}	...	x_{2k}	...	x_{2m}
...		...	...	...	...
A_i	x_{i1}	...	x_{ik}	...	x_{im}
...		...	...	...	...
A_m	x_{m1}	...	x_{mk}	...	x_{mn}

Fonte: Adaptado de Santos (2021)

A tabela mostra um esquema onde X_{ij} representa o desempenho da alternativa naquele determinado critério (ALMEIDA et al., 2015). As preferências do decisor formam um outro ponto importante nessa decisão, onde a partir de relações binárias que modelam o julgamento deste ator quando no momento de comparação entre duas ações potenciais de A . Existem quatro relações binárias fundamentais: indiferença (I), preferência estrita (P), preferência fraca (Q) e incomparabilidade (R) (ROY, 1996).

Sabendo das situações elencadas sobre um conjunto de ações potenciais A , as relações descritas anteriormente formam um sistema básico de relações de preferência, essas relações também atendem às condições de (ROY, 1996):

- Exaustividade: para qualquer par de ações de A pelo menos uma das relações ocorre;
- Exclusividade: se para cada par de ações uma das relações se aplica, nenhuma outra deve ocorrer

Roy (1996) apresenta quatro tipos principais de problemáticas em multicritério:

- Na problemática de seleção ou escolha ($P\alpha$) o objetivo é conduzir a decisão em busca da seleção de um subconjunto A' de A tão menor quanto possível de forma que todos os elementos contidos em A' sejam aqueles que mais satisfatoriamente atendam à estrutura de preferências do decisor. É a problemática mais tradicional
- Na problemática de classificação ($P\beta$) o objetivo é esclarecer o processo de apoio à decisão através da categorização das ações de acordo com grupos ou classes ordenadas pré-definidas.
- A problemática de hierarquia ($P\gamma$) classifica um conjunto de alternativas potenciais em categorias de acordo com os resultados de um teste;
- Na problemática de descrição ($P\delta$) exibe-se uma descrição das ações e consequências de uma ação realizada.

Uma vez determinados os elementos básicos de uma decisão multicritério, cabe ao método MCDA modelar as preferências do decisor e agregar os múltiplos objetivos, dimensões e critérios. (ALMEIDA, 2016; MUNDA, 2008). A seção seguinte apresentará os principais métodos multicritério de apoio à decisão.

2.3. MÉTODOS MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO

Os métodos de Apoio Multicritério de apoio à Decisão são utilizados em diversas áreas em que se deseje realizar seleção, ordenação, classificação ou descrição de alternativas presentes em um processo de decisão na presença de múltiplos critérios (Roy, 1993).

Pra Gonçalves *et al*, Os métodos de análise multicritério se desenvolveram, significativamente, na década de 60, em diversas escolas de pesquisadores, técnicas novas e atitudes diversificadas apoiando novos modos de tomar decisões. Apesar de todo esse

desenvolvimento de técnicas, a realidade da economia dos mercados estáveis e economia de escala, as mudanças na sociedade ocorriam na época, não exigiam um maior grau de flexibilidade das organizações.

Sendo assim, os caminhos para tomada de decisão necessitavam apenas da busca pela eficiência produtiva das empresas. Ao recomendar as atitudes de um decisor, à frente de uma situação de decisão, pesquisadores aconselham o decisor a pensar primeiramente sobre os seus valores, para em seguida listar os seus desejos em relação ao contexto da decisão, identificando os objetivos e examinando o seu conteúdo. (BRIOZO; MUSETTI, 2015)

Segundo Flament (2008), com dos modelos multicritérios, o decisor estima as possibilidades implicadas de seu acionar, fazendo-o compreender melhor a relação entre suas ações e seus objetivos.

Existem diferentes métodos que são escolhidos conforme a necessidade do decisor, no Quadro 1, são elencados os principais métodos multicritério por categoria:

Quadro 1- Principais métodos multicritério por categoria

Categoria	Método
Critério único de síntese	<i>Analytic Hierarchy Process (AHP)</i>
	<i>Multi-Attribute Value Theory (MAVT)</i>
	<i>Multi-Attribute Utility Theory (MAUT)</i>
	<i>Flexible and Interactive Tradeoff (FITradeoff)</i>
	<i>Measuring Attractiveness by a CategoricalBased Evaluation TecHnique (MACBETH)</i>
Sobreclassificação	<i>Elimination et Choix Traduisant la Réalité (ELECTRE)</i>
	<i>Preference Ranking Organization Methodfor Enrichment Evaluation (PROMETHEE)</i>

Fonte: Adaptado de Almeida et al. (2015, 2016 *apud* SANTOS, 2021)

É observado quanto a categorização apresentada no Quadro 1: o método FITradeoff é um método que existem ao escopo de MAVT, ou seja, é a teoria do valor multiatributo que rege os axiomas destes métodos. (SANTOS, 2021)

2.4. MÉTODO FITRADEOFF

O uso de modelos de apoio a decisão com múltiplos critérios envolve a obtenção de parâmetros essenciais, que considera a combinação dos diferentes critérios, sendo visto como um dos mais difíceis para os decisores quanto ao uso de um método multicritério (ALMEIDA, 2013).

O método FITradeoff (Flexible and Interactive Tradeoff) é um procedimento flexível e interativo de elicitação de Tradeoff para modelos aditivos multicritério criado para situações de escolha (ALMEIDA et al., 2016).

As principais características desse método são:

- O uso do procedimento de Tradeoff para elicitar pesos de um modelo aditivo;
- O uso do conceito de elicitação flexível incorporado em um sistema de apoio a decisão;
- A natureza das informações solicitadas é cognitivamente mais fácil para o decisor compreender; e,
- A redução da quantidade de informação requerida do decisor.

O FITradeoff contribui para superar alguns erros que aparecem devido à dificuldade cognitiva para o decisor em fornecer alguns parâmetros para o funcionamento de um determinado método multicritério, visto que esse tipo de procedimento exige menos esforço cognitivo do decisor. Uma vez determinada a incapacidade de fornecimento de informações completas, pelo decisor, esta característica é incorporada no processo de elicitação de maneira flexível, trabalhando com o mínimo de informações possíveis e procurando fazer o menor número de perguntas. (ALMEIDA et al., 2016).

Almeida et al. (2016) explica que, primeiramente, o decisor ordena as constantes de escala dos critérios. Logo após é realizada elicitação flexível, onde são utilizados intervalos de constantes de escala para solucionar o problema. Com a resposta de cada pergunta escolhida pelo decisor, o intervalo das constantes de escala diminui, não exigindo assim que o valor de indiferença dos critérios seja informado pelo decisor.

Na maior parte das abordagens existentes, a classificação das alternativas é determinada com base em sua comparação com alguns perfis de referência, isto é, alternativas fictícias que definem os limites das categorias, o que nem sempre pode ser realizado de forma clara (DOUMPOS E ZOPOUNIDIS, 2004).

No método FITradeoff para problemática de classificação, os limites das categorias são definidos através de valores $q_r \in [0,1]$ definidos pelo decisor. Tais valores representam scores

de avaliação global, de acordo com o modelo aditivo. Assim, a cada categoria C_r serão atribuídas alternativas $j \in A$ cujo valor global pertence ao intervalo $[q_{r-1}, q_r]$. A equação é conforme a equação a seguir:

$$v(x^j) = \sum_{i=1}^n w_i v_i(p_{ji}) \quad (\text{eq.1})$$

Em que w_i e v_i representam, respectivamente, o peso e a função valor marginal do critério i , p_{ji} corresponde ao desempenho da alternativa j no critério i .

Esse modelo de programação apresentado por de Almeida et al. (2016) para a decisão por escolha é alterado para acomodar dar lugar a uma problemática de classificação. Nesse caso, atenta-se para o atual espaço de pesos, onde uma alternativa pode ser classificada em uma única categoria predefinida através dos valores .

Essa classificação decide se uma alternativa deve ou não ser atribuída a uma categoria considerando se para o atual espaço de pesos e seu valor global pode assumir valores que tenham relação, apenas com a categoria em questão.

3. METODOLOGIA

Nesta seção será mostrada a metodologia da pesquisa, descrevendo os passos necessários à conclusão do trabalho.

3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Para a pesquisa no presente estudo, foram usados os conceitos de modelagem multicritério de apoio à decisão, com objetivo propor um modelo multicritério que proporcione melhor esclarecimento sobre o desenvolvimento industrial no Nordeste, através de indicadores como: quantidade de empresas, PIB, arrecadação de impostos e exportação de produtos.

Quanto a abordagem, é caracterizada como quantitativa, pois recorre ao emprego de elementos estatísticos, com objetivo de medir relações entre as variáveis, utilizando-se do modelo matemático para analisar os critérios de seleção, e então determinar a hierarquia de desenvolvimento dos estados do Nordeste.

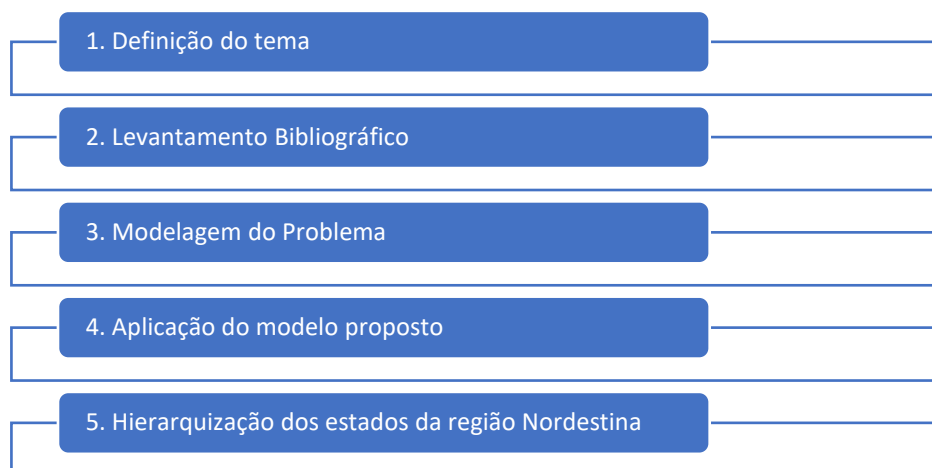
Referente à natureza, trata-se de uma pesquisa aplicada, onde nessa análise é possível gerar conhecimento para solução dos problemas específicos. Quanto aos objetivos, é de caráter exploratório, pois consiste em um estudo introdutório quanto ao desenvolvimento dos estados nordestinos e na implantação de um modelo para apoio à tomada de decisão.

De modo que serão utilizadas fontes bibliográficas, como livros e publicações periódicas, para o entendimento dos conteúdos levantados. Por último, rotula-se como estudo de caso, cujo objetivo é conhecer de forma ampla, por esse fato é algo extenso e árduo. Objetiva-se com isso demonstrar a situação em que a pesquisa foi realizada, para então realizar a aplicação do modelo.

3.2. ETAPAS DA PESQUISA

O presente estudo contou com cinco etapas. A sequência das etapas de desenvolvimento da pesquisa é a seguinte:

Figura 2 – Etapas de desenvolvimento da pesquisa



Fonte: Próprio Autor

Na primeira etapa aconteceu a escolha do tema, o processo de constituição da indústria dos estados nordestinos. A segunda ocorreu na investigação do tema escolhido, para melhor entendimento sobre a pesquisa, através do suporte bibliográfico, a respeito dos estados nordestinos, decisão multicritério.

A terceira etapa, resumiu-se na seleção da metodologia, com objetivo de selecionar a que melhor se encaixaria as variáveis e o resultado que almejava. Perante o exposto, foi apresentado um modelo, baseado no método FITradeoff para a escolha do fornecedor mais adequado. Na quarta etapa a metodologia proposta foi aplicada na hierarquização das Unidades Federativas Nordestinas em relação à industrialização, na qual realizou-se o estudo de caso.

Para isso, foi utilizado o software FITradeoff para analisar os dados referentes aos critérios considerados, e assim gerar o ranking das alternativas. Por último, a partir dos resultados gerados pelo software foi possível determinar qual estado estava mais qualificado para ser construída a hierarquização.

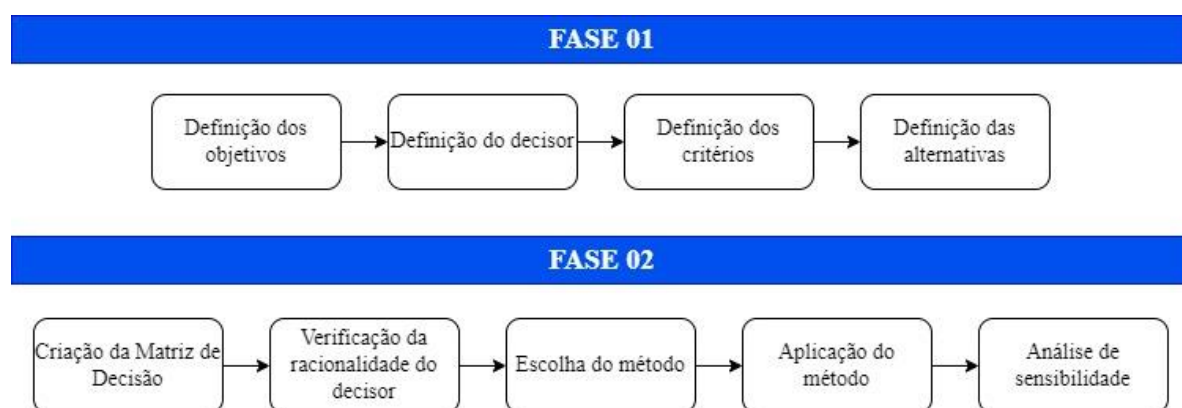
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta a proposta de modelo multicritério para a hierarquização das Unidades Federativas Nordestinas em relação à industrialização, com subsequente aplicação numérica do modelo proposto.

4.1. PROPOSTA DE MODELO MULTICRITÉRIO PARA HIERARQUIZAÇÃO

Neste trabalho será proposto um modelo multicritério para hierarquização das Unidades Federativas Nordestinas em relação à industrialização. O modelo proposto pode ser visto na Figura 3:

Figura 3 – Modelo Multicritério para hierarquização



Fonte: Autoria Própria (2022)

O modelo proposto é dividido em duas fases, e cada fase possui quatro e cinco etapas, respectivamente. A primeira fase inicia com a estruturação do problema, onde o analista e demais envolvidos identificam e caracterizam o problema. Em seguida tem-se a identificação do decisor, a definição dos critérios e definição das alternativas.

Na segunda fase, ocorre a definição da matriz de decisão, verificação da racionalidade do decisor, logo em seguida a escolha do método mais adequado ao problema, sua aplicação e por fim a análise de sensibilidade sobre os resultados encontrados.

4.2.1 Definição dos objetivos

Para a correta definição dos objetivos, foi utilizado o método *Value-Focused Thinking*, de acordo com Keeney (1993). Inicialmente, foi determinado o objetivo estratégico, que pode ser visto na Figura 4:

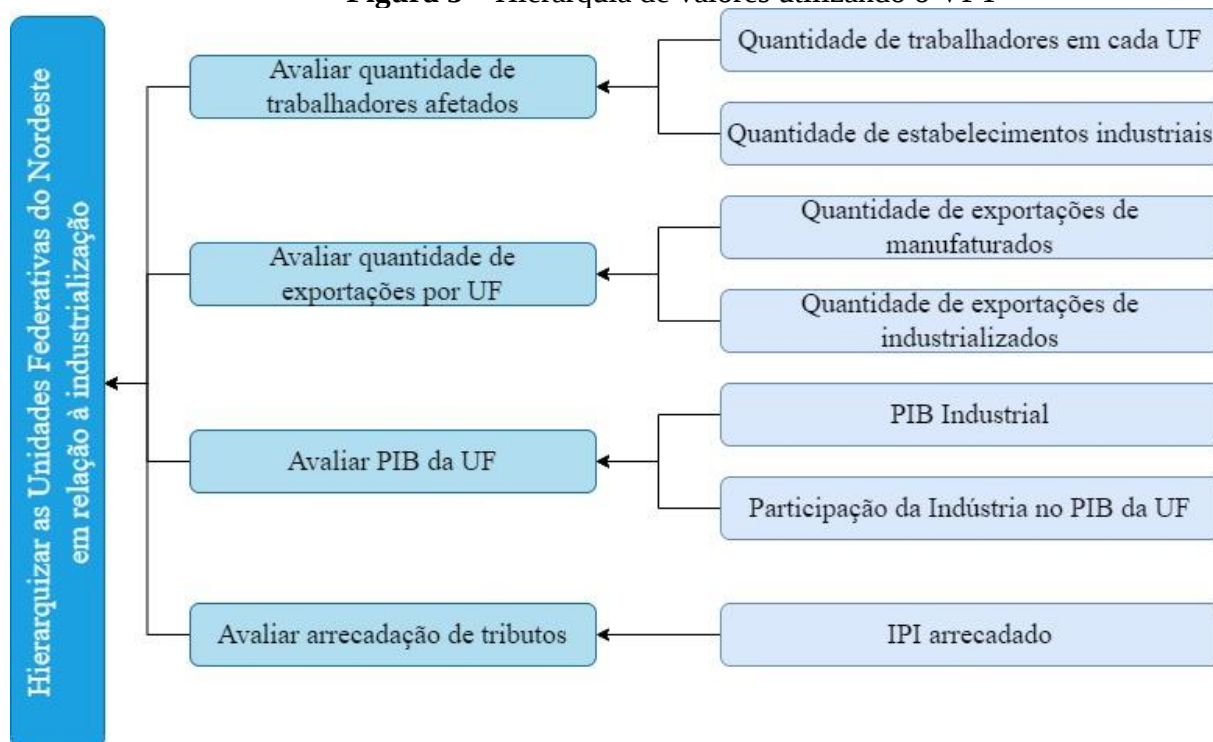
Figura 4 – Objetivo Estratégico

Objetivo Estratégico:
Verificar quais Unidades Federativas do nordeste são prioritárias na
alocação de ações de incentivo à industrialização

Fonte: Autoria Própria (2022)

Após definido o objetivo estratégico, foi elaborada uma hierarquia de valores, na forma da Figura 5:

Figura 5 – Hierarquia de valores utilizando o VFT



Fonte: Autoria Própria (2022)

O processo foi realizado a partir da definição do objetivo estratégico, hierarquizar as Unidades Federativas do Nordeste em relação à industrialização, em seguida criou-se os objetivos fundamentais: avaliar quantidade de trabalhadores afetados, avaliar quantidade de exportações por UF, avaliar PIB da UF e avaliar arrecadação de tributos. Depois foi gerado os objetivos-meio que são responsáveis para alcançar os objetivos fundamentais.

4.2.2 Definição do decisor

Para seleção do decisor adequado a esta pesquisa foi convidado um profissional da área de administração, que possuísse conhecimentos na área de industrialização e crescimento tecnológico, bem como tempo de experiência atuante na área, de modo que a aplicação do modelo seja confiável.

Assim, o decisor selecionado tem 26 anos, é bacharel em administração, tendo atuado em empresas de pequeno e médio porte. Possui uma empresa própria, com sede na cidade de Mossoró-RN, e experiência acadêmica na área de industrialização e desenvolvimento tecnológico em organizações. Na seção seguinte será realizada a definição dos critérios.

4.2.3 Definição dos critérios

A partir da utilização do VFT na definição dos objetivos, foram selecionados os critérios vistos no Quadro 2:

Quadro 2 – Critérios empregados no modelo

Critério	Símbolo	Descrição	Unidade	Objetivo
Trabalhadores	C_1	Quantidade de trabalhadores em cada UF	Unidade	Minimização
Estabelecimentos	C_2	Quantidade de estabelecimentos industriais	Unidade	Minimização
Manufaturados	C_3	Quantidade de exportações de manufaturados	Milhões de US\$	Minimização
Industrializados	C_4	Quantidade de exportações de industrializados	Milhões de US\$	Minimização
PIB	C_5	PIB Industrial	Milhões de R\$	Minimização
Participação	C_6	Participação da Indústria no PIB da UF	%	Minimização
IPI	C_7	IPI arrecadado	Milhões de R\$	Minimização

Fonte: Autoria Própria (2022)

O quadro acima define os critérios que foram estabelecidos a partir da estruturação do problema na utilização da técnica VFT, para que assim seja realizada a hierarquização das Unidades Federativas do Nordeste quanto ao desenvolvimento industrial.

4.2.4 Definição das alternativas

Para o problema de decisão abordado, são definidas como alternativas as 9 Unidades Federativas Nordestinas, conforme Quadro 3:

Quadro 3 – Alternativas empregadas no modelo

Código	Unidade Federativa
AL	Alagoas
BA	Bahia
CE	Ceará
MA	Maranhão
PI	Piauí
PE	Pernambuco
PB	Paraíba
RN	Rio Grande do Norte
SE	Sergipe

Fonte: Autoria Própria (2022)

Pensando em uma região ainda em ascensão industrial, se comparada as demais regiões brasileiras, decidiu-se ranquear os estados da região Nordeste do Brasil de acordo com os critérios do Quadro 2, a fim de saber como caminha o desenvolvimento e o que cada estado utiliza como alicerce para a mudança na estrutura econômica interna.

4.2.5 Criação da Matriz de decisão

A etapa seguinte do modelo consiste em elaborar a matriz de consequências para o problema estudado. Essa matriz é mostrada no Quadro 4:

Quadro 4 – Matriz de consequências para o problema

Alternativas	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
AL	95.144	3.191	37,5	441,3	53.032,3	0,5	72,3
BA	361.709	16.594	3.330,5	5.552,5	256.468,5	4,0	1.583,3
CE	300.661	13.623	690,6	2.407,6	143.128,2	1,8	652,2
MA	78.821	4.149	1.198,1	2.179,8	84.289,4	1,1	59,8
PI	51.208	3.952	16,1	69,0	47.132,5	0,4	33,7
PE	273.972	12.497	1.696,7	1.820,7	168.953,2	2,4	1.405,5
PB	110.947	6.164	101,5	114,8	60.277,2	0,7	94,2
RN	94.168	6.034	247,6	251,2	63.867,0	0,8	52,6
SE	66.068	3.013	92,0	92,1	39.871,3	0,6	74,9

Fonte: Autoria Própria (2022)

As alternativas são os estados da região nordestina, com desenvolvimento industrial ativo. Já os critérios foram estabelecidos a partir da estruturação do problema na utilização da técnica VFT.

4.2.6 Verificação da racionalidade do decisor

Na sexta etapa, identifica-se os objetivos do decisor, no qual foca em hierarquização dos estados já citados de acordo com seu processo de industrialização, buscando entender os fatores que contribuem para tal, além daqueles que faltam para que seja uma mudança positiva constante.

4.2.7 Escolha do método

Na sétima etapa foi escolhido o método a ser utilizado, onde os pontos a serem estudados no problema influenciam na escolha do método multicritério, no tipo do decisor, e na seleção do analista, visto que, analisar esses motivos torna-se necessário para a definição do desfecho da problemática da questão.

O método selecionado foi o FITradeoff, onde é assertivo na viabilidade de maximizar cada alternativa, excluindo aquelas não dominadas do problema. A cada etapa, durante a escolha de um critério de preferência do decisor, o espaço de pesos é atualizado, de forma que as melhores opções vão diminuindo, sobrando apenas aquela que se mostra como a solução do problema de escolha. (SANTOS, 2022)

A flexibilidade do método consiste em avaliar as possibilidades de descobrir a solução do problema enquanto o processo de elicitación está acontecendo. Dessa maneira, a análise pode ser suspensa assim que a solução for encontrada com a informação parcial obtida durante o processo (ALMEIDA et al., 2016).

4.2.8 Aplicação do método

Inicialmente foram feitas perguntas para estabelecer a ordem das constantes de escala.

Figura 6 – Primeira pergunta feita ao decisor

The screenshot displays the FITradeoff software interface for eliciting scaling constants. It consists of two main panels for comparing consequences, A and B, and a legend panel on the right.

Consequence A Panel: Shows seven criteria (C1 to C7) with their respective values (W and B) and a visual representation of their performance. C1 is the best outcome (green bar), and C7 is the worst outcome (red bar).

Criterion	Worst (W)	Best (B)
C1	W1:51208	B1:51208
C2	W2:16594	B2:3013
C3	W3:3330.5	B3:16.1
C4	W4:5552.5	B4:69
C5	W5:256468.5	B5:39871.3
C6	W6:4	B6:0.4
C7	W7:1583.3	B7:33.7

Consequence B Panel: Shows the same seven criteria with their respective values. C2 is the best outcome (green bar), and C1 is the worst outcome (red bar).

Criterion	Worst (W)	Best (B)
C1	W1:361709	B1:51208
C2	W2:16594	B2:3013
C3	W3:3330.5	B3:16.1
C4	W4:5552.5	B4:69
C5	W5:256468.5	B5:39871.3
C6	W6:4	B6:0.4
C7	W7:1583.3	B7:33.7

Legend Panel: Shows the selected consequence (Consequence B) and a list of criteria (C1-C7). The chosen order of scaling constants is displayed below the legend.

Legend: -- No Selection --
 C1-C1
 C2-C2
 C3-C3
 C4-C4
 C5-C5
 C6-C6
 C7-C7

Chosen order of scaling constants:

Buttons: Restart, OK, Continue

Footnote: W1 is the worst outcome of criterion C1
 B1 is the best outcome of criterion C1
 Alternatively the ranking of scaling constants can be done by Overall evaluation.

Fonte: Programa FITradeof (2022)

Na Figura 5, o decisor escolhe entre duas alternativas (estados), onde no cenário A um estado tem 100% de desempenho em C1 (Trabalhadores) e no cenário B o estado tem 100% de desempenho no critério C7 (IPI).

Figura 7 – Segunda pergunta feita ao decisor

Consequences

Consequence A

C1	W1:361709	B1:51208
C2	B2:3013	
C3	W3:3330.5	B3:16.1
C4	W4:5552.5	B4:69
C5	W5:256468.5	B5:39871.3
C6	W6:4	B6:0.4
C7	W7:1583.3	B7:33.7

Worst Best

Consequence B

C1	W1:361709	B1:51208
C2	W2:16594	B2:3013
C3	B3:16.1	
C4	W4:5552.5	B4:69
C5	W5:256468.5	B5:39871.3
C6	W6:4	B6:0.4
C7	W7:1583.3	B7:33.7

Worst Best

W1 is the worst outcome of criterion C1
B1 is the best outcome of criterion C1

Alternatively the ranking of scaling constants can be done by Overall evaluation.

Which consequence do you prefer?

☒ Consequence A
☐ Consequence B

Legend:

-- No Selection --
C1-C1
C2-C2
C3-C3
C4-C4
C5-C5
C6-C6
C7-C7

Chosen order of scaling constants:

-- No Selection --
C2
C1

Restart OK

Continue

Fonte: Programa FITradeof (2022)

Na figura 7, o decisor escolhe entre duas alternativas (estados), onde no cenário A um estado tem 100% de desempenho em C2 (Estabelecimentos) e no cenário B o estado tem 100% de desempenho no critério C3 (Manufaturados).

Figura 8 – Terceira pergunta feita ao decisor

Consequences

Consequence A

C1	B1:51208	
C2	W2:16594	B2:3013
C3	W3:3330.5	B3:16.1
C4	W4:5552.5	B4:69
C5	W5:256468.5	B5:39871.3
C6	W6:4	B6:0.4
C7	W7:1583.3	B7:33.7

Worst Best

Consequence B

C1	W1:361709	B1:51208
C2	W2:16594	B2:3013
C3	B3:16.1	
C4	W4:5552.5	B4:69
C5	W5:256468.5	B5:39871.3
C6	W6:4	B6:0.4
C7	W7:1583.3	B7:33.7

Worst Best

W1 is the worst outcome of criterion C1
B1 is the best outcome of criterion C1

Alternatively the ranking of scaling constants can be done by Overall evaluation.

Which consequence do you prefer?

☒ Consequence A
☐ Consequence B

Legend:

-- No Selection --
C1-C1
C2-C2
C3-C3
C4-C4
C5-C5
C6-C6
C7-C7

Chosen order of scaling constants:

-- No Selection --
C2
C1

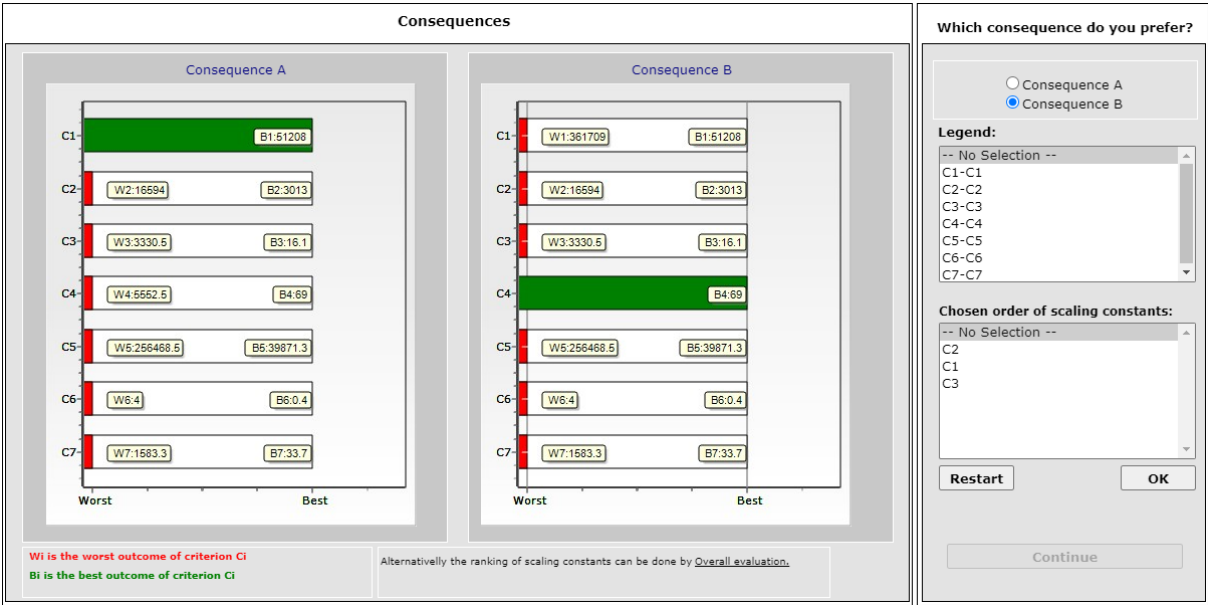
Restart OK

Continue

Fonte: Programa FITradeof (2022)

Na figura 7, o decisor escolhe entre duas alternativas (estados), onde no cenário A um estado tem 100% de desempenho em C1 (Trabalhadores) e no cenário B o estado tem 100% de desempenho no critério C3 (Manufaturados).

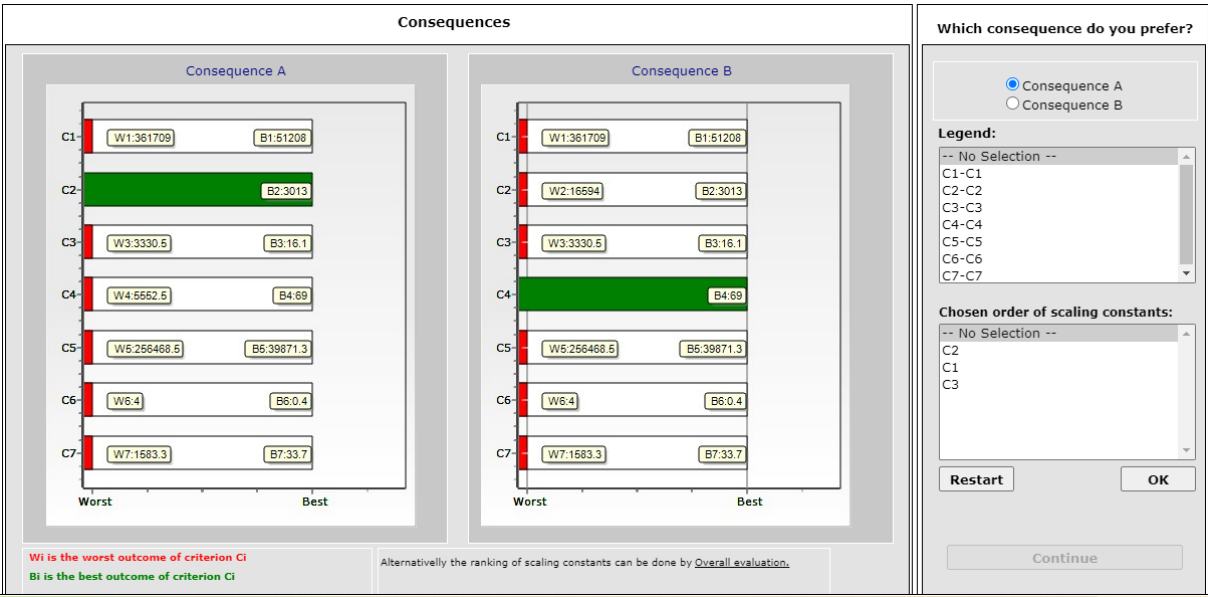
Figura 8 – Quarta pergunta feita ao decisor



Fonte: Programa FITradeof (2022)

Na figura 8, o decisor escolhe entre duas alternativas (estados), onde no cenário A um estado tem 100% de desempenho em C1 (Trabalhadores) e no cenário B o estado tem 100% de desempenho no critério C4 (Industrializados).

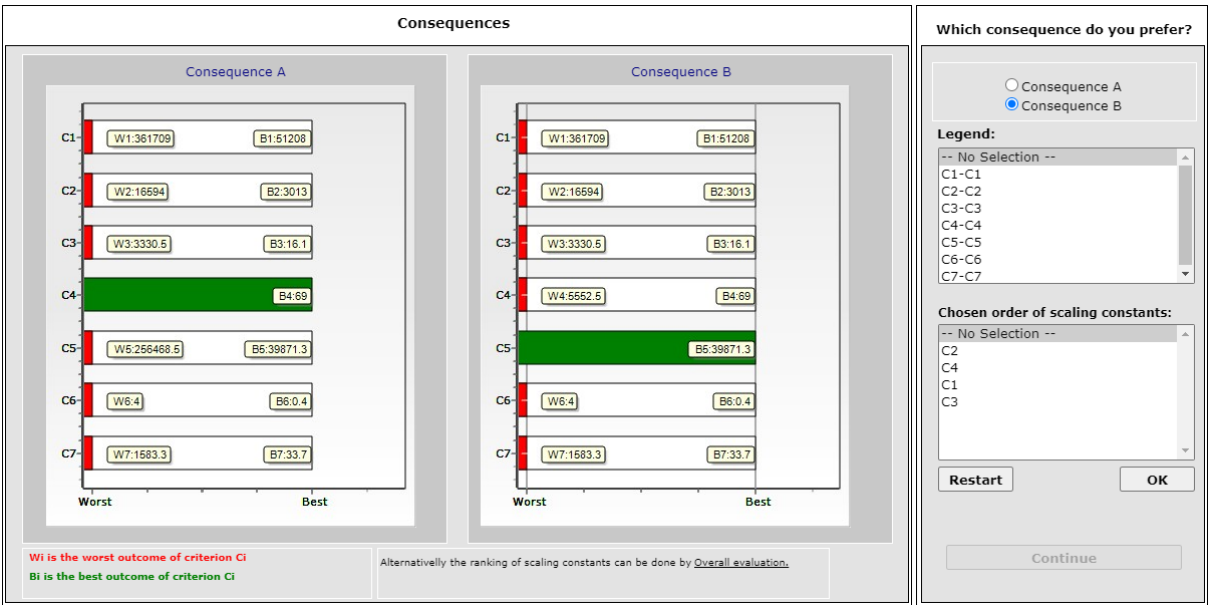
Figura 9 – Quinta pergunta feita ao decisor



Fonte: Programa FITradeof (2022)

Na figura 9, o decisor escolhe entre duas alternativas (estados), onde no cenário A um estado tem 100% de desempenho em C2 (Estabelecimentos) e no cenário B o estado tem 100% de desempenho no critério C4 (Industrializados).

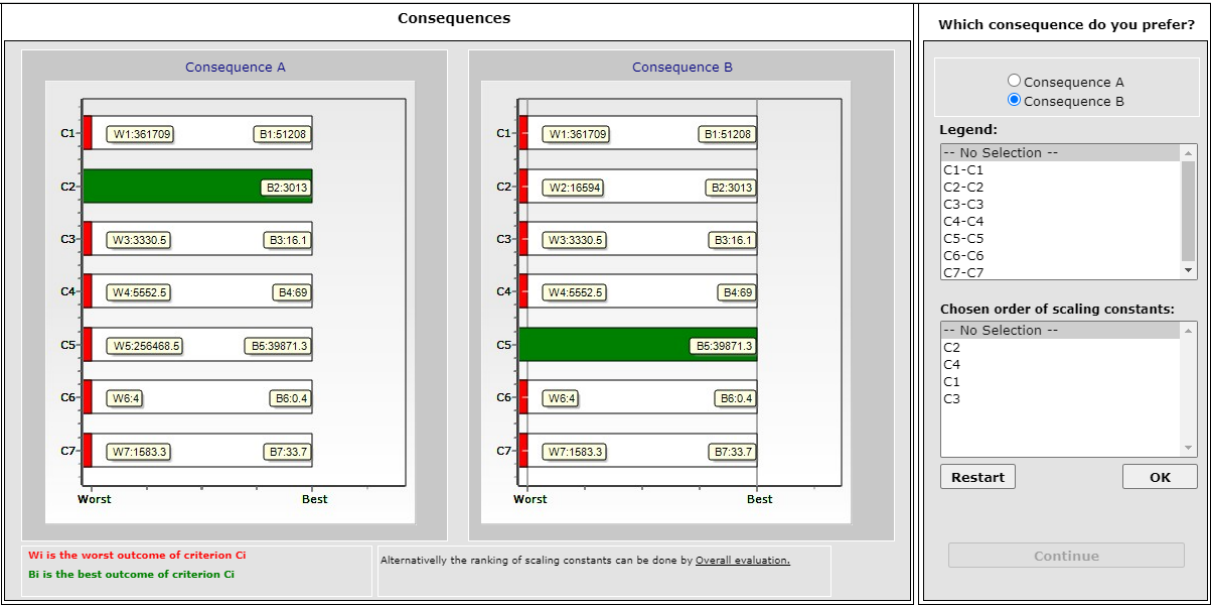
Figura 10 – Sexta pergunta feita ao decisor



Fonte: Programa FITradeof (2022)

Na figura 10, o decisor escolhe entre duas alternativas (estados), onde no cenário A um estado tem 100% de desempenho em C4 (Industrializados) e no cenário B o estado tem 100% de desempenho no critério C5 (PIB).

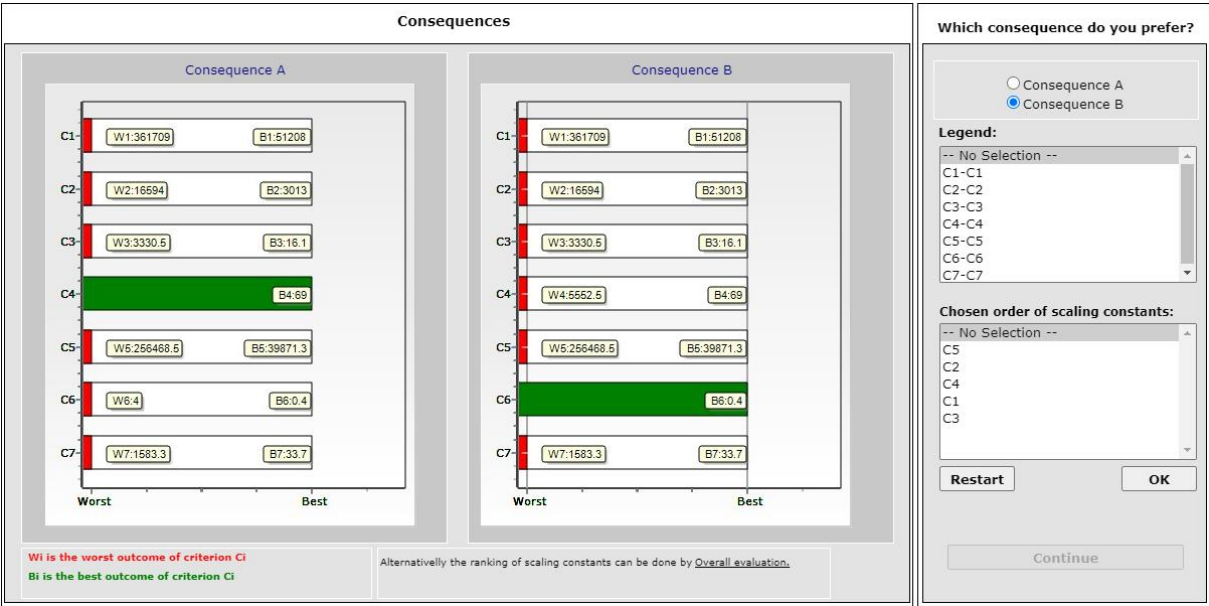
Figura 11 – Sétima pergunta feita ao decisor



Fonte: Programa FITradeof (2022)

Na figura 11, o decisor escolhe entre duas alternativas (estados), onde no cenário A um estado tem 100% de desempenho em C2 (Estabelecimentos) e no cenário B o estado tem 100% de desempenho no critério C5 (PIB).

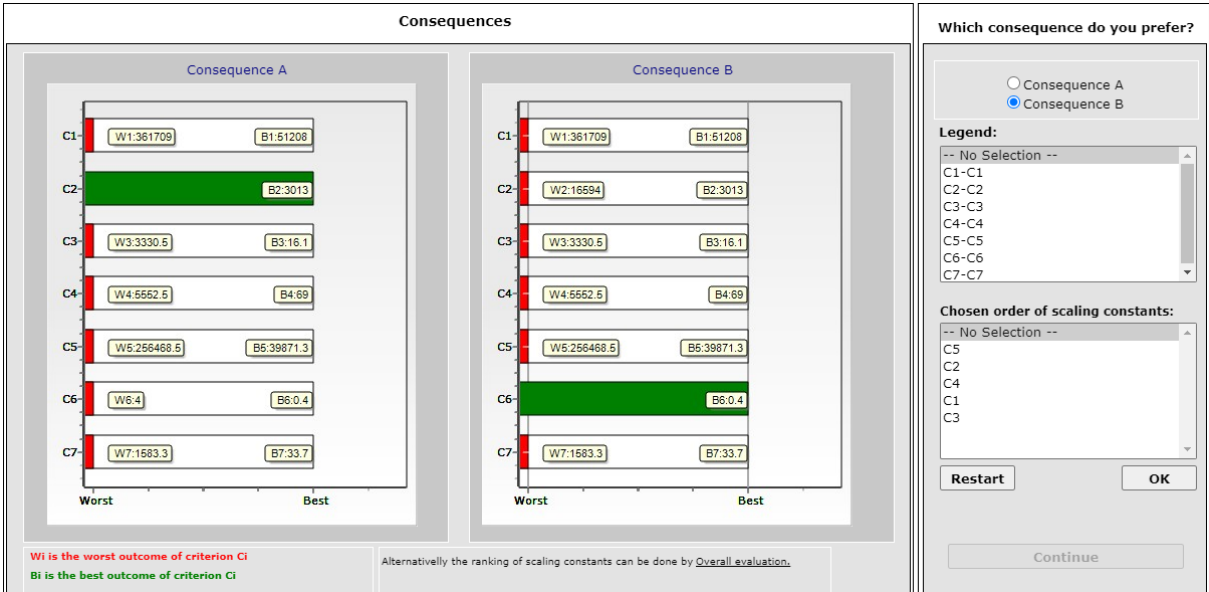
Figura 12 – Oitava pergunta feita ao decisor



Fonte: Programa FITradeof (2022)

Na figura 12, o decisor escolhe entre duas alternativas (estados), onde no cenário A um estado tem 100% de desempenho em C4 (Industrializados) e no cenário B o estado tem 100% de desempenho no critério C6 (Participação).

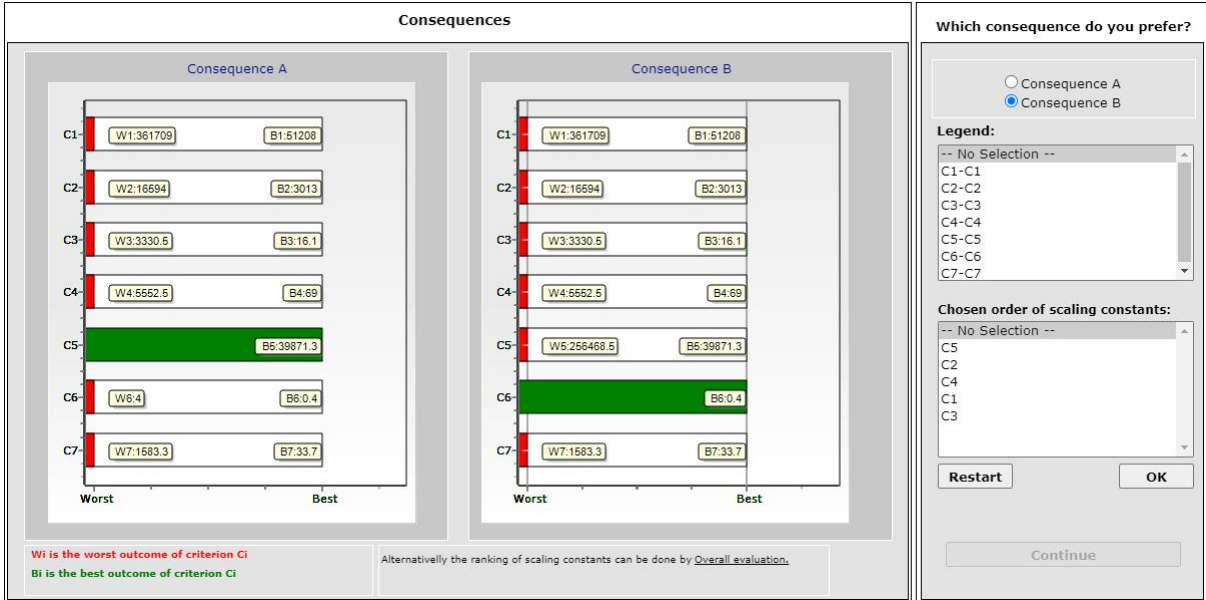
Figura 13 – Nona pergunta feita ao decisor



Fonte: Programa FITradeof (2022)

Na figura 13, o decisor escolhe entre duas alternativas (estados), onde no cenário A um estado tem 100% de desempenho em C2 (Trabalhadores) e no cenário B o estado tem 100% de desempenho no critério C6 (Participação).

Figura 14 – Décima pergunta feita ao decisor



Fonte: Programa FITradeof (2022)

Na figura 14, o decisor escolhe entre duas alternativas (estados), onde no cenário A um estado tem 100% de desempenho em C5 (PIB) e no cenário B o estado tem 100% de desempenho no critério C6 (Participação).

Figura 15 – Décima primeira pergunta feita ao decisor

Consequences

Consequence A

C1

W1:361709

B1:51208

C2

B2:3013

C3

W3:3330.5

B3:16.1

C4

W4:5552.5

B4:69

C5

W5:256468.5

B5:39871.3

C6

W6:4

B6:0.4

C7

W7:1583.3

B7:33.7

Worst

Best

Consequence B

C1

W1:361709

B1:51208

C2

W2:16594

B2:3013

C3

W3:3330.5

B3:16.1

C4

W4:5552.5

B4:69

C5

W5:256468.5

B5:39871.3

C6

W6:4

B6:0.4

C7

B7:33.7

Worst

Best

W_i is the worst outcome of criterion C_i

B_i is the best outcome of criterion C_i

Alternatively the ranking of scaling constants can be done by Overall evaluation.

Which consequence do you prefer?

☒ Consequence A

☐ Consequence B

Legend:

-- No Selection --

C1-C1

C2-C2

C3-C3

C4-C4

C5-C5

C6-C6

C7-C7

Chosen order of scaling constants:

-- No Selection --

C6

C5

C2

C4

C1

C3

Restart

OK

Continue

Fonte: Programa FITradeof (2022)

Na figura 15, o decisor escolhe entre duas alternativas (critérios), onde no cenário A um estado tem 100% de desempenho em C2 (Estabelecimentos) e no cenário B o estado tem 100% de desempenho no critério C7 (IPI).

Figura 16 – Décima segunda pergunta feita ao decisor

Consequences

Consequence A

C1

W1:361709

B1:51208

C2

W2:16594

B2:3013

C3

W3:3330.5

B3:16.1

C4

B4:69

C5

W5:256468.5

B5:39871.3

C6

W6:4

B6:0.4

C7

W7:1583.3

B7:33.7

Worst

Best

Consequence B

C1

W1:361709

B1:51208

C2

W2:16594

B2:3013

C3

W3:3330.5

B3:16.1

C4

W4:5552.5

B4:69

C5

W5:256468.5

B5:39871.3

C6

W6:4

B6:0.4

C7

B7:33.7

Worst

Best

W_i is the worst outcome of criterion C_i

B_i is the best outcome of criterion C_i

Alternatively the ranking of scaling constants can be done by Overall evaluation.

Which consequence do you prefer?

☒ Consequence A

☐ Consequence B

Legend:

-- No Selection --

C1-C1

C2-C2

C3-C3

C4-C4

C5-C5

C6-C6

C7-C7

Chosen order of scaling constants:

-- No Selection --

C6

C5

C2

C4

C1

C3

Restart

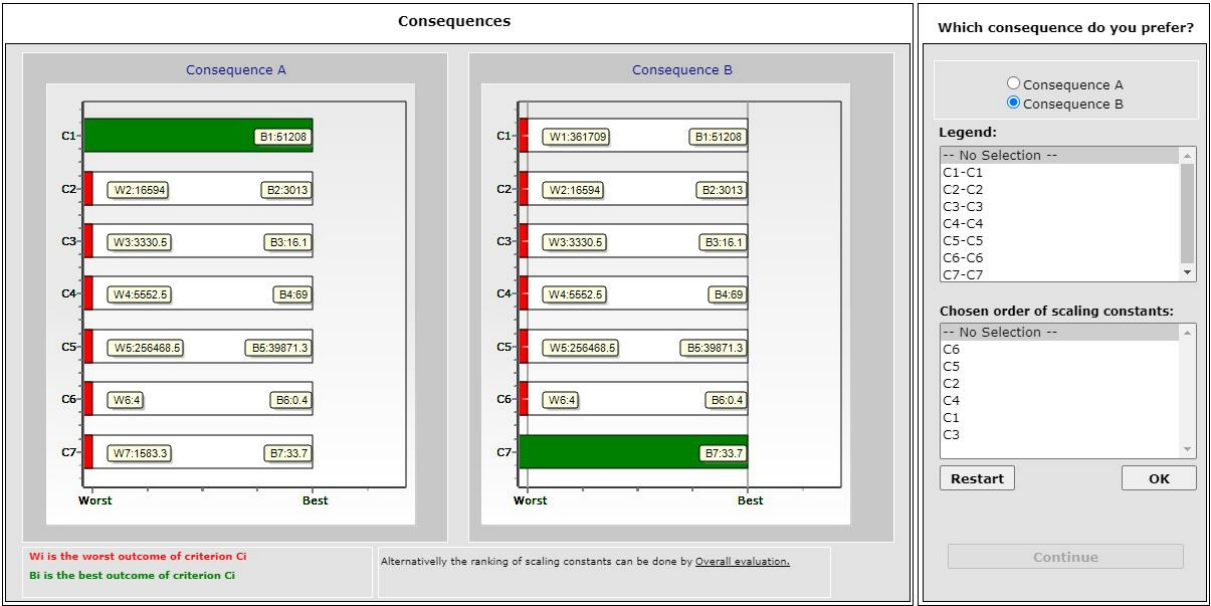
OK

Continue

Fonte: Programa FITradeof (2022)

Na figura 16, o decisor escolhe entre duas alternativas (estados), onde no cenário A um estado tem 100% de desempenho em C4 (Industrializados) e no cenário B o estado tem 100% de desempenho no critério C7 (IPI).

Figura 17 – Décima terceira pergunta feita ao decisor



Fonte: Programa FITradeof (2022)

Na figura 17, o decisor escolhe entre duas alternativas (estados), onde no cenário A um estado tem 100% de desempenho em C1 (Trabalhadores) e no cenário B o estado tem 100% de desempenho no critério C7 (IPI).

Figura 18 - Tela de confirmação da ordem das constantes de escala

Consequences

Consequence A

C1: B1:51208

C2: W2:16594 B2:3013

C3: W3:3330.5

C4: W4:5562.5

C5: W5:256468.5

C6: W6:4 B6:0.4

C7: W7:1583.3 B7:33.7

Worst Best

Consequence B

C1: W1:361709 B1:51208

C2: W2:16594 B2:3013

C6: W6:4 B6:0.4

C7: W7:1583.3 B7:33.7

Worst Best

Do you agree with the final order found?

YES NO

W1 is the worst outcome of criterion C1
B1 is the best outcome of criterion C1

Alternatively the ranking of scaling constants can be done by Overall evaluation.

Which consequence do you prefer?

☐ Consequence A
☒ Consequence B

Legend:

-- No Selection --

C1-C1
C2-C2
C3-C3
C4-C4
C5-C5
C6-C6
C7-C7

Chosen order of scaling constants:

-- No Selection --

C6
C5
C2
C4
C7
C1
C3

Restart OK

Continue

Fonte: Programa FITradeof (2022)

Após a última pergunta, o sistema hierarquizou os estados, como mostrado na Figura 18. No qual a ordem encontrada foi:

$$c6 > c5 > c2 > c4 > c7 > c1 > c3$$

Passando para a ordenação em si, analisa-se a o seguinte quadro:

Quadro 4 – Tela de confirmação final

Which consequence do you prefer?
Answer the questions by choosing one option

Consequence A

C1: X1:2.2

C2: W2:256468.5

C3: W3:16594

C4: W4:5562.5

C5: W5:1583.3

C6: W6:361709

C7: W7:3330.5

Consequence B

C1: W1:4

C2: W2:256468.5

C3: W3:16594

C4: W4:5562.5

C5: W5:1583.3

C6: W6:361709

C7: B7:16.1

Options:

☐ Consequence A
☒ Consequence B
☐ Indifferent
☐ No Answer

OK

Questions Answered: 0
Number of levels: 6

Show Current Results

Legend of criteria scaling constants:

C1 - C6
C2 - C5
C3 - C2
C4 - C4
C5 - C7
C6 - C1
C7 - C3

Fonte: Programa FITradeof (2022)

Dessa forma a ordem encontrada é apresentada no Quadro 5:

Quadro 5 - Ordem final encontrada

1	PI
2	SE
3	AL
4	PB, RN
5	MA
6	CE
7	PE
8	BA

Fonte: Autoria Própria (2022)

Dessa forma, com os dados coletados e respostas do decisor, os estados que aparecem nos primeiros lugares, são Piauí, Sergipe e Alagoas, enquanto as melhores Unidades Federativas na lista foram Bahia com o último lugar, Pernambuco com o penúltimo e Ceará com o antepenúltimo. É válido ressaltar que os resultados são relacionados com as escolhas do decisor, sendo o resultado dependente da prioridade do decisor.

Figura 19 - Análise de sensibilidade

FITradeoff.org

FU-TXMMO-WF1

FITradeoff
Flexible and Interactive Tradeoff

Sensitivity Analysis

In order to perform the Sensitivity Analysis, please select a criterion and:

- 1) To vary the consequences space for the selected criterion, click on "Percentage" and enter the variation percentage values; or
- 2) Click on "Without Variation" if you do not want to vary the original consequences space for the selected criterion.
- 3) If you click on "Start" before having selected all the criteria you wanted to vary, the non-selected criteria will not be varied.

Please select one criterion:

-- No Selection --

Ok

[Select all the criteria](#)

Percentage Values:

X

+ 10 %

- 10 %

Save

Back

Start

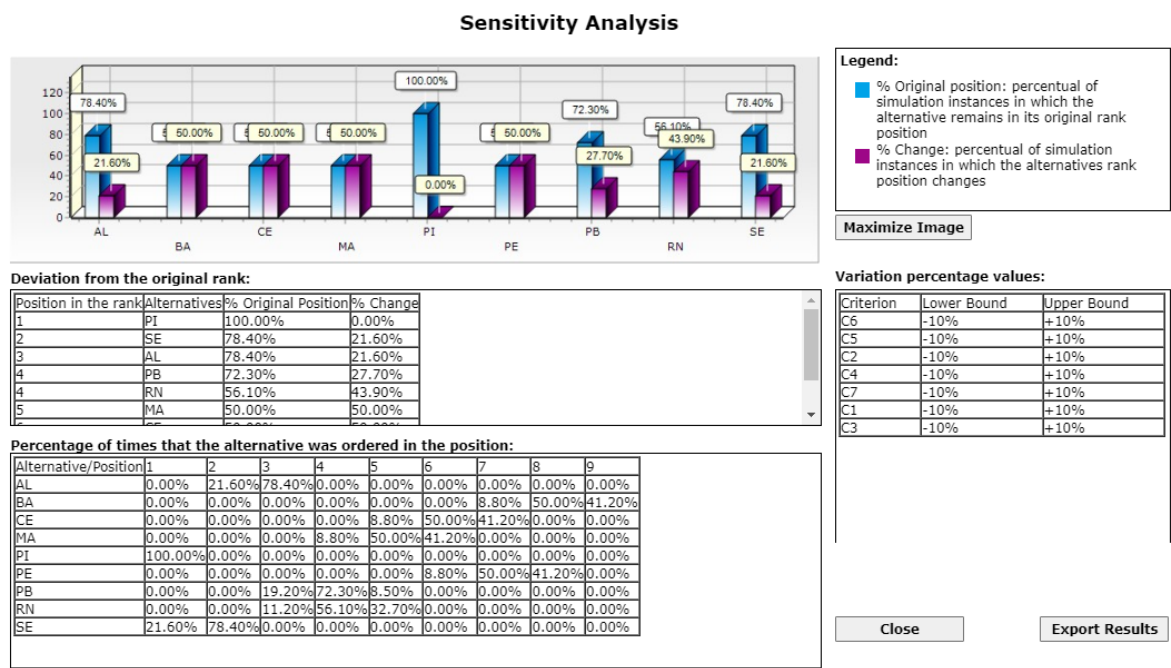
 **inct**
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia

 **INSID**
INSTITUTO NACIONAL DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E DECISÃO

 **CDSID** UFPE
CENTER FOR DECISION SYSTEMS AND INFORMATION DEVELOPMENT

Fonte: Programa FITradeoff

Figura 20 – Análise de Sensibilidade



Fonte: Software FITradeof (2022)

A análise de sensibilidade vista na Figura 20, verifica a robustez do resultado encontrado. Com o próprio software, foi possível modificar os parâmetros em 10 %, onde a maioria das Unidades Federativas do ranking não muda de posição em mais de 50 % das vezes em que o modelo foi realizado. Esse resultado indica que o modelo criado é pouco sensível a variações de 10%, indicando um modelo robusto, e corroborando os resultados encontrados.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta as considerações finais do trabalho, detalhando as contribuições da pesquisa, juntamente com sugestões para trabalhos futuros.

5.1.CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA

O interesse de longo prazo com o processo de industrialização do Nordeste, faz com pesquisadores, investidores, empresários e economistas busquem utilizar procedimentos para a seleção e avaliação de desempenho dos estados nordestinos, considerando diferentes pontos referentes aos objetivos dos interessados. Sendo assim, hierarquizar e pontuar quais critérios levam as Unidades Federativas ao topo da lista, pode ser o fator-chave para o êxito dos mesmos, visto que, sua seleção agrega vantagens competitivas no cenário dos negócios. Portanto, observa-se a necessidade do uso de sistemáticas de apoio à decisão multicritério para a resolução desta problemática.

A abordagem realizada através do Apoio Multicritério à Decisão permite identificar com maior confiabilidade e facilidade os estados que se sobressaem de acordo com os critérios escolhidos pelo decisor.

Dessa forma, este trabalho busca mostrar a importância do processo de hierarquização dos referidos estados em uma determinada região, onde o processo de industrialização é menos visto como potencial de investimento, para adotar uma abordagem de tomada de decisão multicritério. Foram considerados sete critérios e nove Unidades Federativas Brasileiras. O método escolhido é o método FITradeoff, que usa licitações flexíveis que impedem os tomadores de decisão de estimar o valor exato da constante de proporcionalidade e se mostra muito útil no caso de tomadores de decisão não terem confiança suficiente para estimar esses valores.

Observou-se, principalmente para o estudo de caso, que apesar do grande número de problemas, o esforço cognitivo exigido pelo tomador de decisão é menor, além disso, é possível interromper a elicitación para que o decisor faça sua escolha caso se sinta segura. Em suma, este trabalho propõe através da aplicação do problema da região brasileira pouco desenvolvida industrialmente, selecionando os fatores agregados aos resultados e sua extensão ao problema de hierarquia, ainda possui vários aspectos que precisam de mais análises e pesquisas.

5.2.SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

As dificuldades e problemas com o método FITradeoff introduzem a necessidade de estudos que ofereçam oportunidades de melhoria, que podem ser investigadas, abrindo caminho para o conhecimento sobre o método e a sua utilização para problemáticas que envolvam decisão em grupo, pode ser alterado ao construir um sistema de apoio à decisão, onde cada participante da equipe possa interagir, buscando diferentes perspectivas sobre a tomada de decisão coletiva.

REFERÊNCIAS

- ALVES, Christiane Luci Bezerra. A indústria do nordeste na dinâmica regional brasileira: um resgate dos aspectos históricos ao movimento de desconcentração regional. In: VIII Congresso Brasileiro de História Econômica e 9ª Conferência Internacional de História de Empresas, 8., 2009, Campinas. **A indústria do nordeste na dinâmica regional brasileira: um resgate dos aspectos históricos ao movimento de desconcentração regional**. Campinas: Abphe, 2009. p. 1-20.
- BASTOS, Andre Luis Almeida *et al.* Modelo multicritério de apoio a decisão para seleção de fornecedores. In: XXXI Encontro Nacional De Engenharia De Producao, 31., 2011, Belo Horizonte. **MODELO MULTICRITÉRIO DE APOIO A DECISÃO PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES**. Belo Horizonte: Abepro, 2011. p. 1-12. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_TN_STO_135_857_18719.pdf. Acesso em: 23 out. 2022.
- BELTON V, Stewart T. **Multiple criteria decision analysis: an integrated approach**. New York: Springer Science & Business Media; 2002.
- BRIOZO, Rodrigo Amancio; MUSETTI, Marcel Andreotti. Método multicritério de tomada de decisão: aplicação ao caso da localização espacial de uma unidade de pronto atendimento upa 24 h. **Gestão & Produção**, [S.L.], v. 22, n. 4, p. 805-819, 29 set. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530x975-13>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/3kR5sKjgVW7fWWK6kzdsGRz/?lang=pt>. Acesso em: 11 nov. 2022.
- ALMEIDA, A. T. et al. **Multicriteria and Multiobjective Models for Risk, Reliability and Maintenance Decision Analysis**. Cham: Springer International Publishing, 2015. v. 231.
- ALMEIDA, A. T., ALMEIDA, J. A., COSTA, A. P. C. S., ALMEIDA-FILHO, A. T. A new method for elicitation of criteria weights in additive models: Flexible and interactive tradeoff. **European Journal of Operational Research**, Vol. 250, n. 1, p. 179-191, 2016.
- DINIZ, Clélio Campolina. **A QUESTÃO REGIONAL E AS POLÍTICAS GOVERNAMENTAIS NO BRASIL**. Belo Horizonte: Cedeplar/Face/Ufmg, 2001. 20 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/4805599_A_questao_regional_e_as_politicas_governamentais_no_Brasil. Acesso em: 10 nov. 2022.
- FLAMENT, M. **Glossário multicritério**. Red Iberoamericana de Evaluación y Decisión Multicritério, España. Disponível em: www.unesco.org.uy/redm/glosariom.htm. Acesso em: 1 nov. 2022.
- KANG, Takanni Hannaka Abreu; ALMEIDA, Adiel Teixeira de. MÉTODO FITRADEOFF PARA PROBLEMÁTICA DE CLASSIFICAÇÃO. In: XLIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 49., 2017, Blumenau. **MÉTODO FITRADEOFF PARA PROBLEMÁTICA DE CLASSIFICAÇÃO**. 2017: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2017. p. 4030-4034. Disponível em: <http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2017/pdf/168046.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2022.
- KEENEY, R. L. e RAIFFA, H. (1993). **Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs**. Cambridge University Press, New York.

MUNDA, G. **Social multi-criteria evaluation for a sustainable economy**. [s.l.] Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008.

ROY, B. Decision-aid and decision-making. **European Journal of Operational Research**, v. 45, n. 2–3, p. 324–331, abr. 1990.

ROY, Bernard. Decision science or decision-aid science? **European Journal Of Operational Research**, [S.L.], v. 66, n. 2, p. 184-203, abr. 1993. Elsevier BV.
[http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217\(93\)90312-b](http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(93)90312-b). Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/037722179390312B?via%3Dihub>.
Acesso em: 10 nov. 2022.

ROY, B. **Multicriteria Methodology for Decision Aiding**. [s.l.] SpringerScience+Business Media, 1996.

ROY, B. Paradigms and challenges. In: **International Series in Operations Research and Management Science**. New York: Springer, 2005. v. 78p. 4–24.

SANTOS, Ana Flávia Alves dos. **Modelo multicritério de apoio à decisão aplicado na priorização do acesso a leitos de unidade de terapia intensiva do estado do Rio Grande Do Norte**. 2021. 123 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021. Disponível em:
<https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/43117>. Acesso em: 21 set. 2022.

SANTOS, Camila Ribeiro Cardoso dos; ROSÁRIO, Francisco José Peixoto. Análise da concentração da atividade industrial nas três principais microrregiões no nordeste brasileiro pós abertura econômica. In: ANAIS I CIRCUITO DE DEBATES ACADÊMICOS, 1., 2011, Sergipe. **Análise da concentração da atividade industrial nas três principais microrregiões no nordeste brasileiro pós abertura econômica..** Sergipe: Ipea, 2011. p. 1-15. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/code2011/chamada2011/pdf/area7/area7-artigo49.pdf>. Acesso em: 21 out. 2022.

SILVA, Bruno Souza. **Desenvolvimento industrial na região Nordeste e sistema de acumulação de capital (1930 – 1959)**. 2021. 50 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Econômicas, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2021. Disponível em:
<https://repositorio.unifesp.br/xmlui/bitstream/handle/11600/62185/Desenvolvimento%20industrial%20na%20regi%C3%A3o%20Nordeste%20e%20sistema%20de%20acumula%C3%A7%C3%A3o%20de%20capital%20%281930%20%E2%80%93%201959%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 07 nov. 2022.