

MODELO MULTICRITÉRIO PARA MENSURAR A COMPETITIVIDADE RELATIVA DE CLUSTERS INDUSTRIAIS: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA E APLICADA

PALOMA RAYANNE SILVA BEZERRA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO (UFPE)

TACIANA DE BARROS JERÔNIMO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO (UFPE)

VANESSA BATISTA SCHRAMM

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE (UFCG)

FERNANDO SCHRAMM

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE (UFCG)

SANDRA MARIA ARAÚJO DE SOUZA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA (UEPB)

Agradecimento à orgão de fomento:

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por viabilizar a concretização desta pesquisa.

MODELO MULTICRITÉRIO PARA MENSURAR A COMPETITIVIDADE RELATIVA DE *CLUSTERS* INDUSTRIAIS: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA E APLICADA

1. INTRODUÇÃO

Os aglomerados econômicos possuem uma grande capacidade competitiva em relação às empresas isoladas que não terão que competir com uma organização apenas do agrupamento, mas com todo o aglomerado de empresas. Conseqüentemente, cada empresa isolada ao perder mercado (e, ocasionalmente, encerrar sua atividade) potencializa a competitividade do agrupamento. Isso fortalece a premissa que a concentração espacial consiste em um fator determinante para a competitividade de empresas, que nesse meio não veem outra saída a não ser cooperarem (Zaccarelli, Telles, Siqueira, Boaventura, & Donaire, 2008; Lacerda, Souza, Silva, & Souto, 2015).

Mais precisamente, os aglomerados econômicos são entidades que criam estratégias competitivas, exemplificadas pela dinâmica dos *clusters* industriais (expressão empregada nesta pesquisa). Um *cluster* industrial é um grupo geograficamente próximo de empresas interligadas e de instituições relacionadas em um determinado campo, ligadas por pontos em comum e complementaridades. Representa, portanto, uma nova forma de pensar nas economias nacionais, estaduais e municipais, sugerindo novos papéis para as empresas, os governos e as outras instituições que se esforçam no sentido de aumentar a competitividade (Porter, 1999).

É importante ressaltar que a competitividade de um *cluster* industrial não se dá somente em função da proximidade das empresas que o compõe, mas também é determinada por outros aspectos inerentes à interação interorganizacional, como: as relações de cooperação, a disseminação de conhecimento, a capacidade de inovação oriunda desse compartilhamento, etc (Azevedo, Pereira, & Mascena, 2020).

Dada a relevância do tema e a complexidade inerente à competitividade de *clusters* industriais, o tema é discutido sob a ótica de diversos autores e sob vários enfoques diferentes (Silva, Araújo, Souza, & Gonçalves, 2015). A propósito, nos últimos decênios, emergiu, na literatura, uma discussão acerca da necessidade de entender as estruturas competitivas desses formatos organizacionais, conforme pode ser observado em: Zaccarelli et al., (2008), Kamath, Agrawal, & Chase (2012), Azevedo et al., (2020), entre outros, que forneceram instrumentos, indicadores e métricas aplicáveis à avaliação da competitividade de *clusters* industriais.

No entanto, percebe-se, nesses estudos, que existe uma escassez de abordagens matemáticas para avaliar o desempenho global dos *clusters* industriais em relação à competitividade, a exemplo de índices compostos. No geral, esses estudos se concentram na coleta de dados e de informações sobre indicadores isolados, fornecendo uma avaliação separada de cada elemento da competitividade. Enquanto os indicadores são variáveis individuais que simplificam o compartilhamento de informações e a comunicação acerca de um fenômeno, os índices compilam essas informações por meio da agregação desses indicadores revelando um desempenho multidimensional (Bezerra, Schramm, & Schramm, 2021).

À vista disso, a presente pesquisa se diferencia dos demais estudos, preenchendo uma lacuna da literatura, ao fornecer um instrumento que permite compilar informações importantes para a compreensão da competitividade de *clusters* industriais. Essa pesquisa parte da premissa de que o índice composto oferece subsídios a múltiplos atores sociais (poder público, instituições de apoio, empresas, etc.) no tocante à identificação de limitações e de oportunidades de melhorias para os *clusters* industriais, envolvendo especificidades de cada recorte geográfico em diferentes dimensões. De acordo com Nardo, Saisana, Saltelli, & Tarantola (2005), os índices: (i) compartilham informações reduzindo a quantidade de indicadores; (ii) sintetizam questões complexas ou multidimensionais para apoiar a tomada de decisão; (iii) são mais fáceis de interpretar do que um conjunto de indicadores isolados; (iv) facilitam a classificação e a

comparação entre diferentes objetos de estudo; (v) avaliam objetos em questões complexas ao longo do tempo; (vi) cooperam com a criação de estratégias e de políticas, colocando questões como desempenho e desenvolvimento dos objetos no centro de debates; bem como (vii) simplificam a comunicação com o cidadão comum, fomentando a responsabilização.

Isto posto, a pesquisa pauta-se na seguinte questão central: Como avaliar a competitividade de *clusters* industriais, compilando informações relevantes para a identificação de limitações e de oportunidades de melhorias, envolvendo especificidades de cada recorte geográfico em diferentes dimensões?

Nesse sentido, o objetivo deste estudo é propor um modelo para mensurar a competitividade de *clusters* industriais por meio de uma análise multicritério, utilizando o método PROMETHEE II. Para cada indicador i , o método irá avaliar o desempenho de um *cluster a* em relação a um *cluster b*, $P_i(a,b)$. Ao final é feita uma agregação, que irá representar o desempenho de um *cluster a* em relação a um *cluster b* considerando todos os indicadores, $\sum_{i=1}^n P_i(a, b)$. Por fim, é feita uma nova agregação que permite obter o desempenho de cada *cluster* em relação a todos os outros, que é dado pela soma de todas as “vantagens” do *cluster* subtraídos das somas de suas “desvantagens”. Com isso, conseguimos que a mensuração da competitividade leve em consideração as especificidades do conjunto de *clusters* que está sendo avaliado/comparado. Consequentemente, o modelo requer que os *clusters* avaliados estejam inseridos no mesmo contexto (geográfico e/ou econômico).

Este trabalho está estruturado em cinco seções, sendo esta introdução a primeira; a segunda seção é a fundamentação teórica, que trata sobre a competitividade de *clusters* industriais; a terceira seção é dedicada aos procedimentos metodológicos empregados para o desenvolvimento de um índice para análise competitiva de *clusters* industriais (IC-CI). As seções subsequentes trazem, respectivamente, os resultados da pesquisa e as conclusões.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Competitividade em *clusters* industriais

Os *clusters* industriais são “um agrupamento geograficamente concentrado de empresas inter-relacionadas e instituições correlatas numa determinada área vinculada por elementos comuns e complementares” (Porter, 1999, p. 211). Observa-se que para a compreensão dos *clusters* industriais três elementos apresentam-se como fundamentais: a localização geográfica, as atividades e o ambiente de negócios, descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Dimensões da definição de *clusters* industriais

Dimensão	Descrição
Localização geográfica	Os <i>clusters</i> emergem das externalidades oriundas da proximidade, por isso os <i>clusters</i> são concentrados em regiões específicas de um determinado espaço geográfico (país, cidade, etc.).
Atividade	Os <i>clusters</i> possuem atividades que abrangem empresas de diferentes setores, que interligadas entre si, fornecem bens e serviços.
Ambiente de negócios	Os <i>clusters</i> são impactados por condições específicas que são frequentemente resultados das iniciativas de múltiplos atores (empresas, universidades, instituições públicas, etc.).

Fonte: Porter e Ketels (2009)

A adesão por uma estratégia coletiva parte da compreensão que a competitividade de uma empresa está vinculada à competitividade de todos aqueles com os quais essa empresa se relaciona (Lacerda et al., 2015). Portanto, a competitividade não se resume ao mero acirramento entre empresas, mas sim de uma abordagem sistêmica aplicada à competitividade onde são consideradas as vantagens coletivas oriundas de diversos fatores, a exemplo da proximidade de fornecedores, da facilidade de concessão de créditos, da disponibilidade de mão de obra local qualificada e especializada, da valorização dos produtos locais e de outros fatores locais que dão suporte à criação de vantagens competitivas (Silva et al., 2015).

Essa compreensão está relacionada à abordagem teórica, adotada neste estudo, no tocante a explicação sobre a competição no contexto dos *clusters* industriais. O modelo de Zaccarelli et al., (2008) propõe uma análise da competitividade dos *clusters* baseado em uma perspectiva sistêmica. Para esses autores, um *cluster* é composto por onze fundamentos que sinalizam sua vantagem competitiva. Os fundamentos são divididos em duas dimensões: auto-organização e governança. A primeira dimensão é um processo de caráter espontâneo e evolutivo oriundo do conjunto de efeitos sistêmicos decorrentes das relações constituídas em uma entidade supra-empresarial, caracterizada por condições complexas e progressivamente mais competitivas ao longo do tempo. Por sua vez, a segunda dimensão é o exercício da função de entidade supra-empresarial de caráter estratégico nos *clusters* de negócios. A Tabela 2 mostra os fundamentos empregados na análise de *clusters*, enquanto aqueles enumerados de um a nove não necessitam de governança para serem aplicados, os outros têm essa necessidade.

Tabela 2. Fundamentos de competitividade em *clusters* industriais

Fundamento	Descrição
Concentração Geográfica	A proximidade geográfica é a base para existência de um <i>cluster</i> . Inexiste, neste caso, uma concentração ideal, pois quanto maior for o espaço, melhor será para o desenvolvimento do <i>cluster</i> . Efeitos na competitividade: Melhoria na percepção dos clientes quanto à variedade, ampliação das opções de fornecedores e garantia em preços.
Abrangência de negócios viáveis e relevantes	Se refere ao grau de incorporação de atividades e operações das empresas, que componham um grupo de transformações integradas, de linha de apoio, até a disponibilidade de produtos. Assim, é importante que se mantenha o fluxo de produção se passando por todas as etapas. Efeitos na competitividade: Custo de busca/acesso menores, redução da necessidade de estoques ou dos prazos de reposição devido à proximidade de fornecedores.
Especialização das empresas	Trata sobre o aumento do nível de focalização dos produtos e das soluções de uma empresa. Os <i>clusters</i> são formados por empresas especializadas e dedicadas a poucas operações, mas, em alguns casos, são focadas em uma única atividade. Efeitos na competitividade: Redução de despesas agregadas de operação e minoração do volume de investimento necessário.
Equilíbrio com ausência de posições privilegiadas	Se refere à competição no interior do <i>cluster</i> , acarretando disputas acirradas e em nível elevado de competência típica para o mercado. É importante ressaltar que mesmo estando sujeitas às possíveis falências, a instalação de novas empresas em ritmo igual ao ambiente, somada ao grau de competição interna, asseguram a continuidade do processo. Por esse motivo, o <i>cluster</i> não é obrigado a dominar todas as parcelas deste processo, podendo ser facilitada monopolizando certas operações. Efeitos na competitividade: Lucros equilibrados e não excessivamente altos.
Complementaridade por utilização de subprodutos	Propõe o reaproveitamento de produtos não utilizados no processo produtivo. Ou melhor, as “sobras” de produtos oriundos na produção que não podem ser reutilizados no mesmo processo. Essa alternativa é particular ao <i>cluster</i> de negócio e economicamente favorável. No entanto, consiste em uma atividade economicamente impossível, caso seja realizada somente por uma empresa isolada. Efeitos na competitividade: Favorecimento da presença e da criação de novos negócios, bem como aporte de receita adicional.
Cooperação entre empresas	Diz respeito ao nível de colaboração entre as empresas do agrupamento. Sendo constituído de forma espontânea e voluntária, o que, por não exigir aprovação dos executivos, surtiria efeitos positivos ao <i>cluster</i> . É quase improvável que essa cooperação não aconteça naturalmente, quando várias empresas competem em um espaço relativamente pequeno. Efeitos na competitividade: Ampliação da competitividade devido à impossibilidade de controlar a troca de informações entre negócios.
Substituição seletiva de negócios	Às vezes por falta de uma boa gestão e por falta de capital, algumas empresas não se sustentem no mercado que, com seu crescimento, se torna mais competitivo. Nesse sentido, este fundamento direciona para a substituição dessas empresas por outras que devam emergir. Em um <i>cluster</i> , é necessário que as empresas trabalhem

	<p>mais ou, pelo menos, no mesmo nível de suas concorrentes. Por essa razão, a disputa dentro desse agrupamento é bastante intensa.</p> <p>Efeitos na competitividade: Extinção de organizações com baixa competitividade por fechamento da empresa ou alteração de controle.</p>
Uniformidade de nível tecnológico	<p>O <i>cluster</i> exige a adaptação das empresas à modernidade tecnológica. Todavia, o grau de homogeneidade tecnológica das organizações não pode ser convergente.</p> <p>Efeitos na competitividade: Estímulo ao desenvolvimento tecnológico e à transferência de tecnologia para os demais negócios.</p>
Cultura da comunidade adaptada ao cluster	<p>Existe a necessidade de a cultura do agrupamento estar inserida na comunidade que o mesmo está instalado. Isso envolve a construção de uma compatibilidade de valores, de normas e de condutas entre o <i>cluster</i> e a comunidade.</p> <p>Efeitos na competitividade: Aumento da motivação e da satisfação com o reconhecimento da comunidade em relação ao <i>status</i> atribuído relacionado ao trabalho.</p>
Caráter evolucionário por introdução de novas tecnologias	<p>Competência orientada para o desenvolvimento, a identificação, a adequação e a adoção de novas tecnologias pelo agrupamento; demandando a presença efetiva de governança. Isso impede que o <i>cluster</i> se torne obsoleto, ultrapassado.</p> <p>Efeitos na competitividade: Diferencial competitivo oriundo de inovação (redução de custos, ampliação de mercado, etc.).</p>
Estratégia de resultado orientada para o cluster	<p>É necessário ampliar a capacidade de competição das empresas do <i>cluster</i>. Isso pode ser viabilizado com a presença efetiva e deliberada de orientação para ação e para decisão das empresas do agrupamento.</p> <p>Efeitos na competitividade: Gestão centrada na melhoria da capacidade de competir <i>versus</i> resultado/lucro agregado do <i>cluster</i>.</p>

Fonte: Zaccarelli et al., (2008); Lacerda (2014)

Para cada fundamento apresentado, foram propostas métricas de avaliação, no entanto, o modelo também permite a proposição de novas métricas que atendam as peculiaridades dos objetos de estudo. Com isso, esse instrumento de avaliação indica os efeitos específicos propiciados pelo sistema e sinalizam a vantagem competitiva dos *clusters* industriais (Zaccarelli et al., 2008; Silva et al., 2015).

A partir de tais considerações, a próxima seção apresenta os procedimentos metodológicos que viabilizam o alcance do objetivo desta pesquisa, cujo foco recai sobre a construção de um índice sintético para compilar informações relevantes sobre a competitividade de *clusters* industriais com base no modelo teórico enfatizado na presente seção.

3. METODOLOGIA

O objetivo deste trabalho é propor um modelo para mensurar a competitividade de *clusters* industriais por meio de uma análise multicritério, utilizando o método PROMETHEE II. Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa exploratória e descritiva, na qual empregou-se uma abordagem quantitativa conduzida sob a forma de estudo de casos múltiplos.

O modelo seguirá as etapas de um estudo de apoio a decisão multicritério, recomendadas na literatura: a estruturação do problema, a aplicação do método multicritério e a análise de sensibilidade, estas serão detalhadas nas seções subsequentes.

3.1. Estruturação do problema

3.1.1. Indicadores

Esta etapa contempla a identificação de indicadores e suas respectivas métricas, escalas de avaliação, pesos, funções de preferência, entre outros parâmetros (Bezerra et al., 2021).

Os indicadores foram selecionados com base em uma revisão da literatura sobre modelos de avaliação de competitividade de *clusters* industrial desenvolvida por Azevedo et al. (2020). Nesse sentido, optou-se pelo modelo de análise da competitividade em *clusters* desenvolvido por Zaccarelli et al., (2008). A justificativa para tal escolha deve-se à possibilidade enfoque analítico-sistêmico das dinâmicas de aglomerados econômicos e ao fato

de ser um modelo conceituado e reconhecido que oferece uma descrição clara e objetiva de indicadores e de métricas. Estes são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Indicadores e métricas de competitividade de *clusters* industriais

Dimensão	ID.	Indicador	Métrica
Auto-organização	I1	Concentração geográfica	A competitividade estaria pautada na maior concentração espacial. Logo, um valor mais alto é preferível a um valor menor.
	I2	Abrangência de negócios viáveis e relevantes	Variedade de negócios que contemplem as fases da cadeia produtiva têxtil. Quanto mais ampla a variedade de negócios no <i>cluster</i> industrial, mais competitivo ele tende a ser. Assim, um valor mais alto é preferível a um valor menor.
	I3	Especialização das empresas	Etapas da cadeia produtiva que são terceirizadas pelas empresas do <i>cluster</i> industrial. <i>Clusters</i> industriais desenvolvidos são constituídos predominantemente por empresas especializadas, dedicadas a poucas operações, não raro a uma única. Dessa forma, um valor mais alto é preferível a um valor menor.
	I4	Equilíbrio com ausência de posições privilegiadas	Quantidade total de empresas formais e informais engajadas na principal atividade do <i>cluster</i> industrial. Quanto maior o número de empresas iguais, maior o reflexo na competitividade do <i>cluster</i> . Portanto, um valor mais alto é preferível a um valor menor.
	I5	Complementaridade por utilização de subprodutos	Informações a respeito de leis, de projetos e de ações sobre reaproveitamento de subprodutos e o destino dos resíduos gerados pelas empresas. Um valor mais alto é preferível a um valor menor.
	I6	Cooperação entre empresas do cluster	Informações sobre o processo de compartilhamento de informações e a presença de instituições de apoio no <i>cluster</i> industrial. Um valor mais alto é preferível a um valor menor.
	I7	Substituição seletiva de negócios do cluster	Análise das mudanças no <i>cluster</i> industrial que representam potenciais substituições de empresas. Neste caso, o potencial competitivo estaria vinculado à presença efetiva de empresas competentes no cluster industrial. Logo, um valor mais alto é preferível a um valor menor.
	I8	Uniformidade do nível tecnológico	Facilidade de imitação de técnicas e de processos. Quanto mais imitação, mais uniforme é o nível tecnológico das empresas. Portanto, um valor mais alto é preferível a um valor menor.
	I9	Cultura da comunidade adaptada ao cluster	Investigação histórica do <i>cluster</i> industrial, relacionado à cultura dos indivíduos que o constituem, pois muitas vezes os empresários que estão geograficamente próximos partilham uma mesma herança. Um valor mais alto é preferível a um valor menor.
Governança	I10	Caráter evolucionário por introdução de (novas) tecnologias	Identificação dos atores que promovem a disseminação de inovações tecnológicas. Um valor mais alto é preferível a um valor menor.
	I11	Estratégia de resultado orientada para cluster	Presença de associações e de instituições somado ao desenvolvimento de ações voltadas para a estratégia do <i>cluster</i> industrial, além da realização de eventos coletivos. Um valor mais alto é preferível a um valor menor.

Fonte: Crocco, Galinari, Santos, Lemos e Simões et al., (2006); Zaccarelli et al., (2008); Pereira, Sarturi, Boaventura e Polo (2014) e Silva et al., (2015)

No que se refere ao indicador I1, considerou-se o cálculo de densidade demográfica das empresas pelo Quociente Locacional (QL). Segundo Crocco et al., (2006) o QL é tradicionalmente utilizado na literatura de economia regional para determinar se um município possui especialização em uma atividade específica. Ele é a razão entre duas estruturas setoriais-espaciais: no numerador tem-se a “economia” em estudo e no denominador uma “economia de referência”, sendo calculado conforme segue:

$$QL = \frac{\frac{E_j^i}{E_j}}{\frac{E_{BR}^i}{E_{BR}}},$$

Onde:

- E_j^i = Emprego da atividade industrial i na região j ;
- E_j = Emprego industrial total na região j ;
- E_{BR}^i = Emprego da atividade industrial i no Brasil;
- E_{BR} = Emprego industrial total no Brasil.

O QL determina a importância de um setor em uma região. Se o QL for igual ou maior que 1, esta região pode ser considerada um *cluster* industrial (Lacerda et al., 2016). Por sua vez, um QL acima de 4, indica uma importância alta para as regiões em relação à especialização em uma atividade econômica principal.

Em relação ao I4, considerou-se o volume de empresas concentradas na principal atividade do *cluster* industrial. Os demais indicadores foram valorados por uma escala Likert de 5 pontos (Muito ruim, ruim, neutro, bom, muito bom).

Os pesos atribuídos às dimensões e aos indicadores representam uma medida de importância relativa. Para este processo de ponderação, sugere-se que as dimensões recebam a mesma importância (Munda, 2008). Recomenda-se também dividir esse valor igualmente entre indicadores de cada dimensão, muito embora valores diferentes possam ser atribuídos de acordo com cada situação (Bezerra et al., 2021). Assim, no modelo proposto, o mesmo peso (0,50) foi atribuído a cada dimensão: auto-organização e governança. Por sua vez, os pesos atribuídos a cada indicador são mostrados na Tabela 4.

Tabela 4. Pesos dos indicadores

Dimensão	Indicador(es)	Peso (cada indicador)
Auto-organização	I1-I9	0,5 / 9
Governança	I10 e I11	0,5 / 2

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

Para cada indicador i , foi atribuído uma função de preferência $P_i = (a, b)$. Essa função representa como a preferência do tomador de decisão muda com a diferença entre os graus de desempenho de duas alternativas a e b naquele indicador, ou seja, $g_i(a) - g_i(b)$ (Brans & Vincke, 1985). Para os indicadores I1 e I4 ficou estabelecido que a preferência por um *cluster* em relação ao outro aumenta linearmente com a diferença de desempenho entre eles. Neste caso, com base nos respectivos limites de preferência (p) que são iguais a 3 e 500, um *cluster* industrial foi considerado preferível aos outros. Logo, a função critério em forma de V (Tipo III) (Brans & Mareschal, 1986) foi associada a estes indicadores. O limiar de preferência relacionado ao I1 foi definido com base em Souza (2013), o qual fornece o QL relativo a aglomerados econômicos fixados em diversos recortes geográficos, tendo como objetivo a identificação dos potenciais *clusters* industriais de confecção e têxtil no Nordeste. Em relação ao I4, o p foi estabelecido considerando a quantidade de empresas (ou produtores) registrados no Observatório Brasileiro Arranjos Produtivos Locais (APL), este fornece dados sobre 397 aglomerados econômicos distribuídos em diferentes segmentos (têxtil e confecções, calçados, inovação e tecnologia, etc.) e regiões (Norte, Nordeste, Sudeste, etc.) (Brasil, 2022).

Quanto aos outros indicadores, considerou-se que se o desempenho do *clusters* industrial “a” for ligeiramente superior ao desempenho do *clusters* industrial “b”, num destes indicadores, então o *clusters* industrial “a” é totalmente preferível ao *clusters* industrial “b”. Portanto, para os demais indicadores, a função usual (Tipo I) (Brans & Mareschal, 1986) é a mais apropriada.

3.1.2. Alternativas

Com relação às alternativas, o modelo requer que os *clusters* avaliados estejam inseridos no mesmo contexto (geográfico e/ou econômico). Para este estudo, o modelo será aplicado para mensurar a competitividade dos principais *clusters* industriais de confecções do Agreste Pernambucano: Caruaru, Santa Cruz do Capibaribe e Toritama. Essas cidades estão em evidência por apresentarem um desempenho econômico bem-sucedido em decorrência da produção e da venda de produtos de vestuário e por contribuírem de forma efetiva na composição do Produto Interno Bruto (PIB) estadual (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - Sebrae, 2014).

A Tabela 5 apresenta a avaliação desses *clusters* em relação a cada um dos indicadores. Os dados e as informações que subsidiarão o estudo serão coletados em fontes secundárias. Foram considerados os seguintes estudos: Souza (2013), Silva et al., (2015), Lacerda (2014) e Araújo, Silva, Lacerda, Souza, & Gonçalves (2016).

Tabela 5. Alternativas *versus* indicadores

Indicador	Cluster industrial		
	Caruaru	Santa Cruz do Capibaribe	Toritama
I1	4,43	7,99	8,14
I2	3	5	5
I3	3	5	5
I4	2.280	7.169	2.196
I5	1	1	1
I6	2	4	4
I7	5	5	4
I8	5	5	5
I9	3	5	5
I10	4	4	3
I11	4	4	4

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

A seguir, serão descritos os procedimentos inerentes à aplicação do método multicritério selecionado para viabilizar o alcance do objetivo proposto.

3.2. Aplicação do método multicritério

Esta etapa consiste na aplicação do método multicritério PROMETHEE II (Brans & Vincke, 1985) para classificação dos *clusters* industriais conforme os desempenhos relacionados aos indicadores de avaliação (Tabela 3).

O ponto de partida para a aplicação do método multicritério PROMETHEE é a construção da matriz de avaliação (alternativas *versus* critérios/indicadores). Para cada indicador, é construída uma matriz de alternativas *versus* alternativas e cada célula g_{ij} conterá a diferença de desempenho entre a alternativa da linha i e a alternativa da linha j . Em seguida, com base na função de preferência associada a cada j , a intensidade de preferência deve ser calculada para cada par de alternativas, considerando todos os critérios $P_j(a, b) (j = 1, 2, 3, \dots, n)$.

O passo seguinte é calcular o índice de preferência para cada par de alternativas, que é dado pela agregação das intensidades de preferências $P_j(a, b)$ de todos os indicadores, em relação ao respectivo par de alternativas. O procedimento de agregação é feito por uma soma,

ponderada pelos pesos atribuídos aos indicadores (Brans & Vincke, 1985). Logo, a preferência de um *cluster* industrial em detrimento de outro é dada conforme segue: $P(a, b) = \sum_{j=1}^n w_j P_j(a, b)$.

Na sequência, são calculados dois índices para cada alternativa: o fluxo de superação positivo e o fluxo de superação negativo, respectivamente, $Q^+(a)$ e $Q^-(a)$. O fluxo positivo pode ser interpretado como a soma de todas as vantagens de um *clusters* industrial sobre os outros, enquanto o fluxo negativo é a soma de suas desvantagens. Esses índices são calculados da seguinte forma: $Q^+(a) = \sum_{a \neq b} \frac{P(a,b)}{10}$ e $Q^-(a) = \sum_{a \neq b} \frac{P(b,a)}{10}$.

Por fim, os *clusters* industriais são classificadas em ordem decrescente de seus fluxos líquido (do mais competitivo para o menos competitivo). O *ranking* dos *clusters* industriais é obtido a partir do fluxo líquido que foi calculado para cada alternativa. O fluxo líquido é obtido pela diferença entre o fluxo de superação positivo e o fluxo de superação negativo: $Q(a) = Q^+(a) - Q^-(a)$.

3.3. Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade permitirá observar o impacto que pequenos ajustes nos pesos das dimensões podem ter na classificação final dos *clusters* industriais obtida pelo índice de competitividade proposto, e depois identificar qual é a dimensão mais crítica segundo o conceito de criticidade proposto por (Triantaphyllou & Sslnchez, 1997). Estes sustentam que a dimensão/indicador mais crítico é aquele que provoca mudanças nas posições do *ranking* com alterações de medidas numéricas referentes à importância relativa dos indicadores (ou seja, pesos).

No presente estudo sugere-se pesos iguais para dimensões e pesos iguais para os indicadores contemplados em cada dimensão, conforme o recomendado por Munda (2008). Nesse sentido, em relação à análise de sensibilidade, recomenda-se aumentar o peso de uma dimensão e diminuir a mesma quantidade do peso na outra dimensão e observar o impacto na classificação final dos *clusters* industriais. Logo, a dimensão que provocar alterações no *ranking* com menor aumento no seu peso será interpretada como a dimensão mais crítica.

Desse modo, a análise de sensibilidade permite a avaliação da robustez de um índice composto, o qual é constituído por etapas que envolvem juízo de valor e podem afetar a informação trazida, tais como: a seleção do modelo conceitual, a escolha e a ponderação dos indicadores, etc (Nardo et al., 2005).

4. RESULTADOS OBTIDOS

Todos os indicadores são de maximização, ou seja, um valor mais alto é preferível a um valor menor. Verificou-se também que não existem alternativas dominadas e dominantes. Com isso, prosseguiu-se com a aplicação do método multicritério. O método PROMETHEE II foi implementado em linguagem R e o *software* R *Studio* foi utilizado na aplicação. O resultado é apresentado na Tabela 6.

Tabela 6. A classificação dos *clusters* industriais

<i>Cluster</i> industrial	$Q^+(\cdot)$	$Q^-(\cdot)$	$Q(\cdot)$
Santa Cruz do Capibaribe	0,222222222	0,001388889	0,220833333
Toritama	0,140277778	0,088	0,052277778
Caruaru	0,032444444	0,305555556	-0,273111111

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

O índice fornecido pelo modelo é uma medida do desempenho global considerando simultaneamente aspectos de auto-organização e de governança dos *clusters* industriais: quanto maior o índice, maior o desempenho. Observou-se a seguinte ordem de desempenho competitivo para os *clusters* industriais estudados: Santa Cruz do Capibaribe, Toritama e Caruaru. Esse resultado sugere que o *cluster* industrial fixado na cidade de Santa Cruz do

Capibaribe tem os melhores resultados em competitividade, enquanto que o *cluster* industrial localizado na cidade de Caruaru possui o pior desempenho competitivo.

Nos indicadores I5, I8 e I11 as alternativas apresentam o mesmo desempenho, mas optou-se por mantê-los para manter a estrutura de pesos proposta. No caso do critério I11, da dimensão Governança, o peso é bastante alto (0,25) em comparação com os demais critérios da outra dimensão. Assim, optou-se por reduzir o peso da dimensão Governança (e dos critérios I10 e I11) e conseqüentemente aumentar o peso da dimensão Auto-organização e verificar o impacto disso no *ranking* final; verificou-se que o *ranking* se manteve e ainda acentuou a diferença dos fluxos líquidos de cada alternativa.

O modelo proposto é matematicamente consistente e tem uma forte base conceitual, uma vez que segue as etapas de um estudo de apoio a decisão multicritério recomendadas na literatura, bem como inclui indicadores pertinentes e adequados para a avaliação da competitividade de *clusters* industriais. Assim, emprega métodos científicos sólidos necessários para a construção de um índice sintético: a seleção de indicadores, a normalização, a ponderação, a agregação, a formação do índice e a análise de sensibilidade (Nardo et al., 2005; Feil & Schreiber, 2016).

Além disso, o modelo contempla indicadores de avaliação claros e mensuráveis, os dados necessários para a avaliação de cada indicador estão acessíveis, bem como a escala de avaliação definida para cada indicador permite que a avaliação seja executada da mesma forma, independente do contexto e do indivíduo que a aplica. Conseqüentemente, o instrumento proposto é aderente a propriedades que caracterizam uma boa medida de desempenho: a utilidade, a confiabilidade da fonte de dados, a disponibilidade, a economicidade, a simplicidade de comunicação, etc (Bahia, 2021).

Outra vantagem do modelo diz respeito ao emprego de um método multicritério não compensatório para agregar os valores relativos aos indicadores, eliminando ou reduzindo significativamente o efeito da compensação. Os métodos não compensatórios não permitem trocas entre indicadores, isto é, uma desvantagem em um indicador não pode ser compensada por uma vantagem em outro indicador. Cada indicador deve ser independente, assim, as comparações são feitas de atributo a atributo (Bezerra et al., 2021). Entre outros métodos não compensatórios, optou-se pelo PROMETHEE II devido à facilidade dos tomadores de decisão em compreender os conceitos e os demais parâmetros do método. Logo, o IC-CI requer baixo esforço cognitivo para ser aplicado.

5. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou um modelo para mensurar a competitividade de *clusters* industriais por meio de uma análise multicritério, utilizando o método PROMETHEE II. Este permite eliminar ou reduzir o efeito da compensação entre os indicadores e requer baixo esforço cognitivo para ser aplicado. Essa avaliação foi realizada com base no modelo teórico de análise da competitividade em *clusters* desenvolvido por Zaccarelli et al., (2008), contemplando onze indicadores, distribuídos em duas dimensões: auto-organização e governança.

O modelo foi aplicado para mensurar a competitividade dos principais *clusters* industriais de confecções do Agreste de Pernambuco: Caruaru, Santa Cruz do Capibaribe e Toritama. Os dados e as informações foram coletados em fontes secundárias, considerando estudos específicos sobre os objetos de estudo analisados. Concluiu-se que o *cluster* industrial de Santa Cruz do Capibaribe tem os melhores resultados em competitividade, enquanto que o *cluster* industrial de Caruaru possui o pior desempenho competitivo.

A principal limitação desta pesquisa diz respeito ao fato de os dados referentes aos *clusters* industriais serem coletados em recortes temporais distintos, apesar de a distância entre os anos de publicação dos documentos consultados não ser significativa.

Pesquisas futuras podem ampliar os estudos sobre a competitividade de *clusters* industriais, sendo sugerido o seguinte:

- Investigar os outros municípios que integram o setor de confecções do Agreste de Pernambuco: Agrestina, Brejo da Madre de Deus, Cupira, Riacho das Almas, Surubim, Taquaritinga do Norte e Vertentes (Sebrae, 2014).
- Estudar *clusters* industriais de outras regiões, sobretudo aquelas que se destacam no setor têxtil e de confecção: Ceará e Bahia, no Nordeste; Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, no Sudeste; Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina, no Sul; e Goiás, no Centro Oeste (Souza, 2013).
- Explorar *clusters* industriais de outros setores produtivos: Agricultura, Pecuária, Apicultura, Calçados, Turismo, etc.

Este estudo contribuiu para a ampliação dos debates sobre a competitividade no contexto dos aglomerados econômicos, oferecendo um modelo para a mensuração da competitividade relativa de *clusters* industriais considerando as especificidades do conjunto de *clusters* que está sendo avaliado/comparado. Esta contribuição proporciona uma orientação geral à sociedade, especialmente a: atores políticos, órgãos públicos, universidades, agentes financeiros, entre outros atores econômicos, políticos e sociais. Conseqüentemente, auxilia o tecido institucional de diferentes regiões no tocante ao planejamento e à execução de estratégias, de políticas e de programas direcionadas ao incremento da competitividade dos aglomerados produtivos e à promoção do desenvolvimento econômico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo, A. C. da M., Silva, A. L. L., Souza, S. M. A. De, Lacerda, C. C. de O., & Gonçalves, G. A. C. (2016). *Análise da competitividade do cluster de confecções de Caruaru - PE*. Artigo apresentado no XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de produção 2016, João Pessoa, Brasil.
- Azevedo, A. C., Pereira, C. E. C., & Mascena, K. M. C. (2020). Análise de competitividade em clusters de negócio: uma consolidação de parâmetros. *Redes*, 25(2), 610–634. <https://doi.org/10.17058/redes.v25i2.13226>
- Bahia, L. O. (2021). *Guia referencial para construção e análise de indicadores*. Brasília: Enap.
- Bezerra, P. R. S., Schramm, F., & Schramm, V. B. (2021). A multicriteria model, based on the PROMETHEE II, for assessing corporate sustainability. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 23(10), 2927–2940. <https://doi.org/10.1007/s10098-021-02211-y>
- Brans, J. P., & Mareschal, B. (1986). How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. *European Journal Of Operational Research*, 24(2), 228-238. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(86\)90044-5](https://doi.org/10.1016/0377-2217(86)90044-5)
- Brans, J. P., & Vincke, Ph. (1985). Note—A Preference Ranking Organisation Method. *Management Science*, 31(6), 647–656. <https://doi.org/10.1287/mnsc.31.6.647>
- Brasil. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços - MDIC (2022). *Quem são os APLs Brasileiros*. Observatório Brasileiro Arranjos Produtivos Locais (OBAPL). Retrieved June 6, 2024, from <https://www.gov.br/empresas-e-negocios/pt-br/observatorioapl/apls-brasileiros>
- Crocco, M. A., Galinari, R., Santos, F., Lemos, M. B., & Simões, R. (2006). Metodologia de identificação de aglomerações produtivas locais. *Nova Economia*, 18(2), 211-241. <https://doi.org/10.1590/S0103-63512006000200001>

- Feil, A. A., & Schreiber, D. (2016). Análise da estrutura e dos critérios na elaboração de um índice de sustentabilidade. *Sustentabilidade em Debate*, 8(2), 30–43. <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v8n2.2017.21516>
- Kamath, S., Agrawal, J., & Chase, K. (2012). Explaining Geographic Cluster Success-The GEMS Model. *American Journal Of Economics And Sociology*, 71(1), 184–214. <https://doi.org/10.1111/j.1536-7150.2011.00819.x>
- Lacerda, C. C. de O., Souza, S. M. A. de, & Silva, A. L. L. da. (2016). Identificação dos fatores competitivos presentes no cluster de confecções de João Pessoa no estado da Paraíba. *Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios*, 9(2), 106-132. <https://doi.org/10.19177/reen.v9e22016106-133>
- Lacerda, C. C. O., Souza, S. M. A., Silva, A. L. L., & Souto, W. B. (2015). Análise da Competitividade do cluster de confecções no município de Campina Grande-PB. *REUNIR: Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade*, 5(2), 1–24. <https://doi.org/10.18696/reunir.v5i2.240>
- Lacerda, C. C. de O. (2014). *Efeitos da competitividade no cluster de confecções do agreste pernambucano: um estudo focalizado no município de Toritama – PE*. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, Brasil.
- Munda, G. (2008). *Social multi-criteria evaluation for a sustainable economy*. Heidelberg: Springer.
- Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A., & Tarantola, S. (2005). *Tools for Composite Indicators Building*. Ispra: European Commission.
- Pereira, C. E. C.; Sarturi, G.; Boaventura, J. M. G.; Polo, E. F. (2014). desenvolvimento de métricas para avaliação da competitividade de clusters: uma aplicação empírica no setor têxtil. *Gestão & Regionalidade*, 30(90), 155-172. <https://doi.org/10.13037/gr.vol30n90.2894>
- Porter, M. E. (1999). *Clusters and Competition: New Agendas for Companies, Governments, and Institutions*. Boston: Harvard Business Review.
- Porter, M. E., & Ketels, C. (2009). Clusters and industrial districts: Common roots, different perspectives. In: Becattini, G., Bellandi, M., & De Propriis, L. *A handbook of industrial districts*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, Sebrae (2014). Estudo econômico do Arranjo Produtivo Local de confecções do Agreste Pernambucano. Brasília: Sebrae.
- Silva, A. L. L., Araújo, A. C. D. M., Souza, S. M. A., & Gonçalves, G. A. C. (2015). *Análise da competitividade do cluster de confecções de Santa Cruz do Capibaribe-PE*. Artigo apresentado no IV Simpósio Internacional de Gestão, Projetos, Inovação e Sustentabilidade (IV SINGEP), São Paulo, Brasil.
- Souza, R. C. (2013). *Identificação dos potenciais arranjos produtivos locais (APLS) de confecção e têxtil do Nordeste*. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, PE, Brasil.
- Triantaphyllou, E., & Ssnchez, A. (1997). A sensitivity analysis approach for some deterministic multi-criteria decision-making methods. *Decision sciences*, 28(1), 151-194. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.1997.tb01306.x>
- Zaccarelli, S. B., Telles, R., Siqueira, J. D., Boaventura, J. M. G., & Donaire, D. (2008). *Clusters e redes de negócios: uma nova visão para a gestão dos negócios*. São Paulo: Atlas.