FGV EBAPE

Revista de GESTÃO dos Países de Língua Portuguesa

# Classificação multicritério: aplicação do Electre TRI aos métodos de previsão de demanda para novos produtos

**GUILHERME FERNANDO RIBEIRO** [1]
**PRISCILLA BASSETTO** [2]
**RONY PETERSON DA ROCHA** [2]
**YSLENE ROCHA KACHBA** [1]
**ALDO BRAGHINI JUNIOR** [1]

[1] Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) / Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP), Ponta Grossa / Paraná – Brasil
[2] Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR) / Departamento de Engenharia de Produção Agroindustrial, Campo Mourão / Paraná – Brasil

## Resumo

A pesquisa tem como objetivo propor uma classificação multicritério aos métodos de previsão de demanda para novos produtos, considerando as características do sistema brasileiro de franquias. Utilizou-se a técnica de coleta dos dados do tipo questionário e realizou-se uma validação com especialistas da área, além da aplicação do coeficiente alfa de Cronbach, que demonstrou confiabilidade e consistência do questionário. Utilizou-se o apoio multicritério à decisão, Electre TRI, por meio do *software* Iris 2.0. A análise dos resultados foi realizada em três segmentos de franquias e adotou uma classificação de novos produtos em classes como 'adições a linhas de produtos existentes' e 'novos produtos para a empresa'. Para o de bares, restaurantes, padarias e pizzarias, na classe 'adições a linhas existentes de produtos', os resultados mostram que os métodos pesquisa de mercado, analogia histórica, simulação de cenários, pesquisa da equipe de vendas, Box-Jenkins (Arima) e análise de regressão foram considerados como recomendados. No segmento de cosméticos e perfumaria, na classe 'adições a linhas existentes de produtos', os resultados mostram que os métodos pesquisa de mercado e Delphi, analogia histórica, pesquisa da equipe de vendas, média móvel e Box-Jenkins (Arima) se enquadraram como recomendados. Por fim, os resultados para o segmento de livrarias, gráficas e sinalização, na classe 'novos produtos para a empresa', mostram que os métodos pesquisa de mercado e Delphi, analogia histórica, simulação de cenários e pesquisa da equipe de vendas foram considerados como recomendados.

**Palavras-chave:** Electre TRI. Franquias. Previsão de demanda. Novo produtos.

Artigo submetido em 24 de março de 2021 e aceito para publicação em 18 de janeiro de 2022.
DOI: https://doi.org/10.12660/rgplp.v20n3.2021.83473

ISSN 2674-5895

## Multicriteria classification: application of Electre TRI to demand forecasting methods for new products


### Abstract

This research proposed a multicriteria classification of demand forecasting methods for new products considering the characteristics of the Brazilian franchise system. Data was collected using a questionnaire validated by specialists and considered reliable and consistent based on Cronbach's alpha coefficient. Data was submitted to Electre TRI multi-criteria classification method, using the Iris 2.0 software. The analysis of the results was carried out on three franchise segments and adopted a classification of new products inclasssuch as 'adition to existing product lines' and 'new-to-the-firm products.' For the segment of bars, restaurants, bakeries, and pizzerias, in the class'additions to existing product lines,' the results showed that market research, historical analogy, scenario simulation, sales force research, Box-Jenkins (Arima), and regression analysis methods were considered as recommended. In the cosmetics and perfumery segment, in the class'additions to existing product lines,' the results showed that the market research, Delphi method, historical analogy, sales team research, moving average, and Box-Jenkins (Arima) methods were also considered as recommended. Finally, the results for the segment of bookstore, graphics, and signage, in the class'new-to-the-firm products,' showed that the market research, Delphi, historical analogy, scenario simulation and sales team research methods were considerd as recommended.



**Keywords:** Electre TRI. Franching. Forecasting of demand. New products.


## Clasificación multicriterio: aplicación de Electre TRI a los métodos de previsión de demanda de nuevos productos


### Resumen

La investigación tuvo como objetivo proponer una clasificación multicriterio de los métodos de previsión de demanda de nuevos productos considerando las características del sistema de franquicias brasileño. Se utilizó la técnica de recolección de datos tipo cuestionario y se realizó su validación con especialistas del área, además de la aplicación del coeficiente alfa de Cronbach –lo que demostró la confiabilidad y consistencia del cuestionario–. Se utilizó el apoyo multicriterio a la decisión –Electre TRI–, por medio del *software* Iris 2.0. El análisis de los resultados se realizó en tres segmentos de franquicias y adoptó una clasificación de nuevos productos en clases como 'adiciones a las líneas de productos existentes› y ‹nuevos productos para la empresa›. Para el segmento de bares, restaurantes, panaderías y pizzerías, en la clasede 'adiciones a las líneas de productos existentes', los resultados muestran que los métodos de investigación de mercado, analogía histórica, simulación de escenarios, investigación del equipo de ventas, Box-Jenkins (Arima) y análisis de regresión fueron considerados como recomendados. Para el segmento de cosmética y perfumería, en la clasede 'adiciones a las líneas de productos existentes', los resultados indican que los métodos de investigación de mercado, Delphi, analogía histórica, investigación del equipo de ventas, media móvil y Box-Jenkins (Arima), se encuadran como recomendados. Finalmente, los resultados del segmento de librerías, gráficos y señalización, en la clasede 'nuevos productos para la empresa', los resultados demuestran que los métodos de investigación de mercado, Delphi, analogía histórica, simulación de escenarios e investigación del equipo de ventas fueron considerados como recomendados.



**Palabras clave:** Electre TRI. Franquicia. Previsión de demanda. Nuevos productos.

## INTRODUÇÃO

A previsão de demanda é um pré-requisito necessário à maioria das atividades empresariais (RITZMAN, KRAJEWSKI e MALHOTRA, 2009), considerada a base para o planejamento estratégico da produção, das vendas e das finanças de qualquer empresa, além de, no processo de planejamento, fazer parte da programação e do controle da produção. Para Silva et al. (2021), a previsão consiste na determinação de valores futuros, obtida por um histórico de dados usados com um método previamente definido.

Relacionar a previsão de demanda com o desenvolvimento de novos produtos se torna vital para as empresas e é muito importante para a manutenção e o crescimento mercadológico dos negócios. Os pesquisadores Sipper e Bulfin (1997), Makridakis, Wheelwright e Hyndman (1998), Thomas e Bollapragada (2010), Sarmiento e Soto (2014), Otha, Hiramoto e Kitamura (2014), Mas-Machuca, Sainz e Martinez-Costa (2014), bem como Cecatto e Belfiore (2015), destacam que a maioria das empresas não se vale de um método específico para realizar a previsão de demanda para novos produtos. Assim, justifica-se o interesse em realizar pesquisas para encontrar maneiras de melhorar a previsão de demanda para novos produtos, com o intuito de minimizar o erro dessas previsões (OLIVEIRA, FUTAMI e OLIVEIRA, 2016).

Os métodos de apoio multicritério à decisão são aplicados em diversos estudos que se queiram selecionar, ordenar, classificar ou descrever alternativas presentes num processo decisório na presença de múltiplos critérios (ROY e BOUYSSOU, 1993).

Conforme apresentado por Gomes, Araya e Carignano (2004), o apoio multicritério à decisão é uma atividade baseada em modelos apresentados, mas não necessariamente formalizados, que ajudam na obtenção de elementos de resposta às questões de um agente de decisão.

Segundo Azevedo e Silva (2003), Mauro (2007) e Guetta et al. (2013), as franquias vêm cumprindo a missão de levar novos produtos e/ou serviços aos consumidores e está sempre à frente no mercado, prevendo tendências, criando e desenvolvendo novos produtos, antecipando-se às crises.

Este artigo apresenta um estudo sobre a aplicação do método de apoio multicritério à decisão Electre TRI, proposto por Yu Wei, em 1992, para a classificação da previsão de demanda para novos produtos no sistema brasileiro de franquias.

## MÉTODOS DE APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO

Como vários métodos de classificação que compõem o apoio multicritério à decisão estão disponíveis na literatura – Utilidade Aditiva Discriminante (Utadis), apresentado por Devaud, em 1980; Electre TRI; Tomada de Decisão Interativa Multicritério (Todim), proposta por Gomes e Lima, em 1992; Analytic Hierarchy Process (AHP), desenvolvida por Saaty, em 1997; Dominance-based Rough Set Approach (DRSA), de Greco, em 2001 – e cada um deles apresenta procedimentos peculiares e podem ser aplicados a problemas específicos, após realizar uma explanação do método de apoio multicritério à decisão, pretendem-se apresentar características e problemáticas do apoio multicritério à decisão, visando justificar a escolha do método que está alinhado com o problema de pesquisa.

## CONCEITOS DO APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO

Os conceitos básicos que envolvem multicritério como apoio à tomada de decisão são decisor, analista, conjunto de alternativas (ou conjunto de escolhas), critérios e pesos. No Quadro 1, apresenta-se a descrição para esses conceitos.

**QUADRO 1**

**Conceitos básicos do apoio multicritério à decisão**

| Conceitos | Descrição |
|---|---|
| Decisor | É o indivíduo (ou grupo de indivíduo) que, direta ou indiretamente, proporciona o juízo de valor final que poderá ser usado no momento de avaliar as alternativas disponíveis, com o objetivo de identificar a melhor escolha (GOMES, 2007). |
| Analista | É uma pessoa (ou conjunto de pessoas) encarregada de fornecer os dados que serão utilizados para modelar o problema e fazer as recomendações relativas à seleção final (GOMES, ARAYA e CARIGNANO, 2004). |
| Alternativas (*A*) | É um conjunto de escolhas que constitui o objeto da decisão. Devem-se considerar todas as alternativas, mesmo que não seja viável sua implementação, sempre que houver interesse em relacioná-la com o processo decisório (ROY, 1991). |
| Critérios (*K*) | É uma função que reflete as preferências do decisor. Pode ser visto como um modelo, segundo o qual é possível fundamentar uma proposição do tipo: $u_j(x_1) > u_j(x_2) \leftrightarrow x_1 P_j x_2$, em que $P_j$ representa uma relação binária que expressa que "$x_1$ é preferível a $x_2$ em relação ao critério *j*" (GOMES, ARAYA e CARIGNANO, 2004). |
| Pesos | Servem como escala para comparar os critérios. Em cada critério, é atribuído um peso, que deve ser proporcional à importância do critério (BELTON e STEWART, 2002). |

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

As funções desempenhadas pelo decisor e pelo analista são complementares, mesmo que, em última instância, a responsabilidade de cada decisão caiba ao decisor, e não ao analista.

Para eleger algumas das alternativas do conjunto de alternativas, supõe-se que o decisor tenha alguns eixos de avaliação que são os elementos que direcionam a análise e devem ser estabelecidos de modo que representam as dimensões relevantes do problema. Gomes, Araya e Carignano (2004) destacam que, com base em tais eixos, é possível fazer comparações entre as alternativas. Nesse caso, os critérios representam propriedades ou capacidades das alternativas para satisfazer às necessidades.

Para Gomes, Araya e Carignano (2004), a medida de importância relativa dos critérios para o decisor é denominada de peso, que é quando alguns critérios terão maior importância que outros. Assim, pode-se afirmar que, em razão de um problema de decisão, uma problemática é abordada pelo apoio multicritério à decisão. A seguir, apresentam-se os tipos de problemáticas.

Nem todos os métodos multicritérios solicitam esses conceitos básicos em suas implementações, como é o caso de métodos multicritério que não utilizam peso em seus procedimentos de cálculos – por exemplo, a Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (Topsis), que avalia o desempenho de múltiplas alternativas por meio da similaridade com a solução ideal.

## TIPOS DE PROBLEMÁTICAS

O termo "problemática" é usado para descrever o tipo de ajuda que se pode obter para o problema de decisão. Uma modelagem multicritério pode ser distinta, dependendo da problemática que será escolhida. Quatro tipos de problemáticas foram descritas e apresentadas por Roy (1996), cada uma oferecendo um resultado diferente ao decisor. No Quadro 2, apresenta-se a descrição dessas problemáticas.

**QUADRO 2**

**Tipos de problemáticas do apoio multicritério à decisão**

| Denotação | Tipo de problema | Função e resultado |
|---|---|---|
| Problemática $\alpha$(P$\alpha$) | Seleção | Faz com que o decisor opte pela melhor ação, sugerindo o menor conjunto de alternativas. O resultado é realizar, com base num conjunto de alternativa(as), um procedimento para seleção da(s) melhor(es) alternativa(as). |
| Problemática $\beta$(P$\beta$) | Classificação | Apresenta uma classificação das alternativas, sendo cada uma alocada em categorias definidas por normas previamente estabelecidas. O resultado é um procedimento de classificação, alocando as alternativas em categorias previamente definidas. |
| Problemática $\Upsilon$(P $\Upsilon$) | Ordenação | Gera um *ranking* das alternativas, uma lista das melhores para as piores, esclarecendo a decisão por meio de agrupamento das alternativas em classes de equivalência. O resultado é um procedimento para determinar uma ordenação das alternativas. |
| Problemática $\delta$(P $\delta$) | Descrição | Exibe as alternativas e suas consequências, para que o decisor possa descobri-las, entendê-las e avaliá-las. O resultado é um procedimento de descrição detalhada das alternativas para facilitar a decisão. |

**Fonte:** Elaborado pelos autores baseado em Pereira (2012) e Simões (2013).

A escolha do tipo de problemática para um trabalho pode ser uma das quatro, um caso especial de uma delas, uma sequência de uma ou mais ou uma problemática mista, ou seja, não independentes entre si (ROY, 1996). Com o objetivo de apoiar o processo decisório, torna-se necessário estabelecer algumas condições que possam expressar as preferências dos decisores. Na subseção a seguir, apresentam-se essas condições.

## MODELAGEM DAS PREFERÊNCIAS

Dado um conjunto de alternativas ($A$), considera-se que o decisor seja capaz de declarar sua preferência ou indiferença entre elas. Segundo Gomes, Araya e Carignano (2004), a expressão das preferências do decisor, quando realiza comparações, se dá por relações binárias ($\Re$). No Quadro 3, apresentam-se as propriedades de alguns exemplos de relações binárias.

**QUADRO 3**

**Propriedades de alguns exemplos de relações binárias**

| Exemplos de algumas relações binárias | Condição |
|---|---|
| Reflexividade | Se $\forall\, a \in X$, tem-se $(a, a) \in \Re$ |
| Irreflexividade | Se $\forall\, a \in X$, tem-se $(a, a) \notin \Re$ |
| Simetria | Se $(a, b) \in \Re$, supõe-se também que $(b, a) \in \Re$ |
| Assimetria | Se $(a, b) \in \Re$, supõe-se também que $(b, a) \in \Re^{-}$ |
| Transitividade | Se $(a, b) \in \Re$, $(b, c) \in \Re$ implicam $(a, c) \in \Re$ |

**Fonte:** Elaborado pelos autores baseado em Gomes, Araya e Carignano (2004).

De acordo com Roy (1996), quando um decisor está diante de duas alternativas e sabe suas consequências, ele é capaz de revelar sua preferência entre elas de acordo com quatro situações fundamentais de preferências. Essas situações são apresentadas no Quadro 4.

**QUADRO 4**

**Situações fundamentais das preferências do decisor**

| Situação | Descrição | Expressão | Relação binária |
|---|---|---|---|
| Indiferença (*I*) | O decisor é indiferente entre as alternativas. | *aIb* | Simétrica e reflexiva |
| Preferência estrita (*P*) | O decisor prefere estritamente e sem dúvida uma alternativa a outra. | *aPb* | Assimétrica e irreflexiva |
| Preferência fraca (*Q*) | O decisor não consegue definir se prefere uma alternativa a outra ou se elas são indiferentes. | *aQb* | Assimétrica e irreflexiva |
| Incomparabilidade (*R* ou *NC*) | Não existem razões claras e positivas que justifiquem uma das três situações precedentes. | *aRb* | Simétrica e irreflexiva |

**Fonte:** Elaborado pelos autores baseado em Gomes, Araya e Carignano (2004).

A combinação das situações fundamentais originou outras situações importantes. Ela cria novas situações que refletem melhor o que ocorre na prática dos decisores. O Quadro 5 contempla a descrição e a condição de cada uma das situações de particular interesse.

**QUADRO 5**

**Situações importantes das preferências do decisor**

| Situação | Descrição | Condição (relação binária) |
|---|---|---|
| Não preferência (~) | As alternativas são indiferentes ou incomparáveis para o decisor. | $a \sim b$ se, e somente se, *aIb* ou *aRb* |
| Preferência (no sentido amplo) (≻) | O decisor não é capaz de definir se há preferência estrita ou fraca entre duas alternativas. | $a \succ b$ se, e somente se, *aPb* ou *aQb* |
| Presunção de preferência (*J*) | Quando o decisor tem uma preferência fraca por uma alternativa e pode chegar à indiferença. | *aJb* se, e somente se, *aQb* ou *aIb* |
| K-preferência (*K*) | O decisor depara com uma situação em que tem uma preferência estrita por uma alternativa ou identifica uma incomparabilidade entre as alternativas. | *aKb* se, e somente se, *aPb* ou *arb* |
| Superação (*S*) | Combina três situações – preferência estrita, preferência fraca e indiferença –, sem que o decisor seja capaz de distingui-las. | *aSb* se, e somente se, *aPb* ou *aQb* ou *aIb* |

**Fonte:** Elaborado pelos autores baseado em Gomes, Araya e Carignano (2004).

Baseando-se nas relações binárias e em suas propriedades, na subseção a seguir, enunciam-se as principais estruturas de preferência sobre um conjunto de alternativas.

## ESTRUTURAS DE PREFERÊNCIA

As principais estruturas de preferência do apoio multicritério à decisão sobre um conjunto de alternativas são descritas no Quadro 6.

**QUADRO 6**

**Descrição das estruturas de preferência**

| Estrutura | Descrição |
|---|---|
| Ordem completa | Relação na qual existe a noção intuitiva de classificação das alternativas sem possibilidade de empate. |
| Pré-ordem completa | Relação na qual existe a noção intuitiva de classificação das alternativas com possibilidade de empate por similaridade. |
| Quase ordem e ordem de intervalo | Ambas levam em consideração a possibilidade de que a relação simétrica não é perfeitamente transitiva em casos extremos, em geral definidos pelo limite da indiferença (*q*). A diferença entre a quase ordem e a ordem de intervalo é que a primeira é uma ordem de intervalo constante. |

*Continua*

| Estrutura | Descrição |
|---|---|
| Pré-ordem parcial | A generalização da pré-ordem completa conta com três relações binárias num conjunto de alternativas. Elas mantêm a transitividade e a incomparabilidade na classificação. |
| Pseudo-ordem | Corresponde à preferência fraca e se dá por meio da introdução de um limite de preferência *p*. A pseudo-ordem é a estrutura utilizada nos métodos Electre em que são admitidos três tipos de situações: indiferença (*I*), preferência estrita (*P*) e preferência fraca (*Q*), delimitadas pelos limites de indiferença (*q*) e de preferência (*p*). |

**Fonte:** Elaborado pelos autores baseado em Gomes, Araya e Carignano (2004).

Uma importante característica em métodos de apoio multicritério à decisão, relevante à escolha de métodos, está ligada à compensação que pode existir entre os critérios. Em função disso, os métodos podem ser classificados em compensatórios e não compensatórios.

## MÉTODOS COMPENSATÓRIOS E NÃO COMPENSATÓRIOS

Nos métodos compensatórios, um menor desempenho de uma alternativa em dado critério é compensado por um melhor desempenho em outro critério, porém o mesmo não ocorre nos não compensatórios. Roy (1996) define que uma relação binária $P$ é não compensatória quando as preferências entre $x$ e $y$ dependem apenas dos subconjuntos de critérios que favorecem $x$ e $y$. Nesse caso, a relação de preferência entre $x$ e $y$ não depende das diferenças de preferências entre os vários níveis em cada critério. Conforme apresentado por Roy (1996), uma relação binária assimétrica $P$ sobre $X$, $P(x, y) = \{i: x_i P_i y_i\}$ se aplica se a relação $P$ for não compensatória, como na equação (1):

$$\left\{ \begin{array}{c} (P(x, y) = P(z, w) \\ P(y, x) = P(w, z) \end{array} \right\} => [xPy \Leftrightarrow zPw] \; \forall \; x, y, z, w \in X. \qquad (1)$$

## RELAÇÃO DE DOMINÂNCIA E NÃO DOMINÂNCIA

A relação de dominância $D$, entre dois elementos $a$ e $b$, representada por $aDb$, ocorre quando, para $m$ critérios, considerando $g_j$ a função valor para o critério $j$, tem-se pelo menos para um dos critérios $j$ a desigualdade estrita (>), visto na equação (2) (ROY, 1996):

$$g_j(\mathrm{a}) \geq g_j(b), j = 1, 2, 3, m \qquad (2)$$

Antes da análise de um problema multicritério, a primeira tarefa a ser desenvolvida é a eliminação de todos os elementos dominados (ROY, 1996). O conceito de dominância ou não dominância pode ser ilustrado pelos estudos de Cohon (1978), que afirma que uma solução não dominada é aquela em que a melhoria de uma função-objetivo só pode ser conseguida à custa da degradação de outras funções-objetivo.

Essa análise, por meio de vários métodos, possibilita o apoio ao processo decisório na escolha da mais adequada das soluções não dominadas, sob os critérios de avaliação adotados e para as condições específicas de cada problema. Cada um dos problemas é mensurado por meio de sua função-objetivo, não havendo a necessidade de que elas se utilizem de uma mesma unidade de medida.

Os métodos da família Electre se caracterizam pela utilização do conceito francês *súrclassente* – traduzido para a língua inglesa como *outranking* e para a língua portuguesa como "superação", "subordinação", "superclassificação", "prevalência" e "dominação". Segundo a ideia, uma alternativa genérica $a_n$ domina a alternativa genérica $b_n$ *(aSb)*, se não existirem argumentos suficientes para dizer que $a_n$ é pior do que $b_n$. Como princípio básico, nesses métodos, considera-se dominada a alternativa que *perde* para as demais ou são piores num maior número de critérios (GOMES, ARAYA e CARIGNANO, 2004).

## CLASSIFICAÇÃO DOS MÉTODOS DE APOIO À DECISÃO

Conforme apresentado por Gomes e Gomes (2019), problemas de apoio multicritério à decisão podem ser divididos em três grandes grupos ou famílias de abordagens: critério único de síntese, sobreclassificação e abordagem do julgamento interativo.

Entre os métodos da abordagem do critério único, destaca-se a teoria da utilidade multiatributo – Multiple Attribute Utility Theory (Maut) –, proposta pela primeira vez por Keeney e Raiffa, em 1976, e o Analytic Hierarchy Process (AHP), aplicado quando os critérios são do tipo compensatório. O Maut apresenta uma estrutura axiomática e uma lógica compensatória entre os critérios, de modo a obter uma função de síntese que agregue todos os critérios numa única função analítica, ao passo que o AHP decompõe o problema em diversos fatores, com relações entre si, por meio da construção de uma hierarquia (KEENEY e RAIFFA, 1976).

Em relação aos métodos da abordagem de sobreclassificação (*outranking*), merecem destaque a família Elimination Et Choice Traidusaint la Realité (Electre), primeiramente apresentada por Roy Bernard, em 1968, e o Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations (Promethee), introduzido por Brans e Vincke, em 1985 Esses métodos são mais flexíveis, sem compensação entre os critérios (não compensatório), e aceitam incomparabilidade entre as alternativas. São também baseados na comparação par a par entre elas, explorando uma relação de sobreclassificação (SAATY, 1994).

A abordagem do julgamento interativo envolve o uso de ferramentas computacionais, em que são desenvolvidas etapas alternadas de diálogo e cálculos, como o *Step Method* (Stem) e o *Interval Criterion Weights* (ICW). Após a escolha do decisor quanto às questões apresentadas, o modelo pode efetuar uma redução no espaço de alternativas e seguir para a etapa imediata de nova interação (ALMEIDA, 2011).

Para tratar de problemas de decisão de natureza multicritério, são encontradas na literatura duas escolas que estudam o método de apoio multicritério à decisão: a francesa e a americana (GOMES e GOMES, 2019).

Nesta pesquisa, definiu-se que o método utilizado seria o da escola francesa, composto por técnicas de sobreclassificação (*outranking methods*), prevalência ou subordinação. Sua análise não admite compensações (*trade-offs*) e é usada para um conjunto finito de alternativas. A escola francesa é mais flexível por não exigir do decisor uma classificação hierárquica das alternativas.

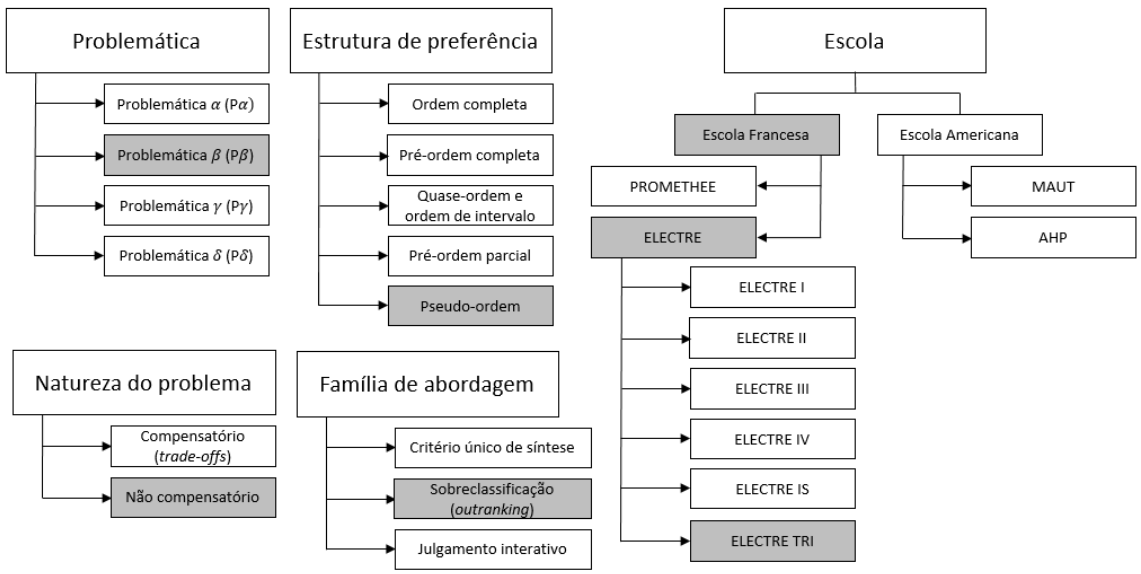
A escola francesa se divide essencialmente em dois grupos: Promethee e família Electre. Os métodos multicritérios existem com a finalidade de esclarecer um problema relacionado com a classificação, a ordenação ou a seleção de alternativas (ROY, 1991). Nesta pesquisa, definiu-se que o modelo utilizado seria o de classificação.

Para a escolha da metodologia a ser empregada na problemática da classificação da previsão de demanda para novos produtos no sistema brasileiro de franquias, definiu-se que ele deveria ser não compensatório, pois não apresenta compensação entre os critérios de avaliação. Então, os métodos Electre e Promethee se mostraram adequados ao problema.

A seguir, em destaque na Figura 1, apresentam-se as características do apoio multicritério à decisão adotadas neste trabalho, visando justificar a escolha do multicritério em função do problema de pesquisa.

**FIGURA 1**

**Características do apoio multicritério à decisão adotadas neste trabalho**




**Fonte:** Elaborada pelos autores.

A problemática abordada se enquadrou no problema do tipo $\beta$ (P$\beta$), em que se devem aceitar alternativas que parecem boas e descartar as que parecem ruins, ou seja, realizar uma classificação das alternativas. A seguir, apresentam-se algumas condições prévias para o método Electre TRI.

Nesse caso específico, considera-se uma estrutura de preferências baseada nos modelos de sobreclassificação que se caracterizam por não apresentar compensação entre os critérios de avaliação. O método Electre TRI se adequa a esse problema, sendo também compatível com a escala dos critérios considerados (escala ordinal), além de atender ao problema de classificação.

Assim, os métodos que apresentam uma classificação como resultado se mostraram mais adequados ao problema. Entre eles, utilizou-se o Electre TRI. Entre as diversas versões desenvolvidas até então, o Electre TRI visa tratar de problemas que se deseja designar como um conjunto de alternativas de categorias preestabelecidas, configuradas com base em múltiplos critérios e na comparação da alternativa com os limites de cada categoria.

## MÉTODO ELECTRE TRI

Conhecidos as alternativas de referência $\{a_1, a_2, ..., a_n\}$ e os critérios $\{c_1, c_2, ..., c_n\}$, definem-se as categorias $\{k_1, k_2, ..., k_n\}$. Para dado critério *c*, a alternativa *a* será localizada em determinada categoria *k*, em função de sua avaliação $T_i\ (a)$ (MOUSSEAU, SLOWINSKI e ZIELNIEWICZ, 2000).

O Electre TRI é o método de apoio multicritério à decisão mais usado em problemas de classificação. O procedimento de atribuição do desempenho de uma alternativa genérica resulta da comparação desse desempenho com os valores padrões que definem os limites superiores (*upper bounds*) e inferiores (*lower bounds*) das categorias, conforme Mousseau, Slowinski e Zielniewicz (2000).

De acordo com Gomes, Araya e Carignano (2004), os critérios considerados no Electre TRI estabelecem uma relação de superação de uma alternativa *a*, a ser localizada em cada uma das de referências. Segundo Roy (1991), as condições prévias a serem observadas para estabelecer o método são:

- Se a tabela de desempenho das alternativas está construída;
- Se são conhecidos, para cada alternativa de referência $a_{ni}$, os limites de indiferença $q_i\ (a_i)$, de preferência $p_i\ (a_i)$ e de veto $v_i\ (a_i)$ para cada critério *i*;
- Se os pesos dos critérios são definidos, para cada alternativa de referência, como $w = (w_1, w_2, ..., w_n)$, em que $w_i > 0$, $\forall i$;
- Se, para o procedimento de agregação, deve-se fixar um valor real, situado no intervalo de 0,5 e 1, denominado de nível de corte.

Para Gomes, Araya e Carignano (2004), o nível de corte, denotado por $\lambda$, é o menor valor do grau de credibilidade, denotado por $\sigma_s\ (a, b)$, o qual permite afirmar que "a supera b".

Conforme apresentado por Figueira, Greco e Ehrgott (2005), com base nos índices de concordância de cada critério, calculam-se os de concordância globais $G\ (a, b)$ e $G\ (b, a)$, indicando "*a* supera *b*" para $G\ (a, b)$ e "*b* supera *a*" para $G\ (b, a)$. E, baseado nos índices de discordância de cada critério, calculam-se os globais de discordância $H\ (a, b)$ e $H\ (b, a)$.

Para que o método possa estabelecer uma relação de superação entre uma alternativa *a* e uma de referência *b*, devem-se calcular os seguintes índices: de concordância por critério $c_i\ (a, b)$ e $c_i\ (b, a)$, de concordância global $G\ (a, b)$ e $G\ (b, a)$, de discordância por critério $h_i\ (a, b)$ e $h_i\ (b, a)$, de discordância global $H\ (a, b)$ e $H\ (b, a)$, bem como de credibilidade $\sigma_s\ (a, b)$ (ROY, 1991).

Para Roy (1991), todos esses índices permitem verificar em que medida a alternativa *a* supera a de referência *b*. De maneira análoga, o índice de credibilidade $\sigma_s\ (a, b)$ permite avaliar como a alternativa de referência *b* supera a *a*.

Conforme Figueira, Greco e Ehrgott (2005), para o cálculo dos índices de concordância $g_i\ (a, b)$, $g_i\ (b, a)$, $G\ (a, b)$ e $G\ (b, a)$, devem-se considerar: $c_i\ (a, b)$ = índice de concordância sob o critério *i* da proposição "*a* é tão boa quanto *b*"; $c_j\ (b, a)$ = índice de concordância sob o critério *i* da proposição "*b* é tão boa quanto *a*"; $G\ (a, b)$ = índice global de concordância da proposição "*a* é tão boa quanto *b*"; $G\ (b, a)$ = índice global de concordância da proposição "*b* é tão boa quanto *a*"; $p_i$ = limite de preferência definido para o critério *i*; $q_i$ = limite de indiferença definido para o critério *i*; e $t_i$ = função de avaliação do critério *i*.

O cálculo de $g_i\,(a, b)$ é realizado da seguinte forma:

a) Se $t_i\,(a) \leq t_i\,(b) - p_i$, então $c_i\,(a, b) = 0$.
b) Se $t_i\,(a) > t_i\,(b) - q_i$, então $c_i\,(a, b) = 1$.
c) Se $t_i\,(b) - p_i < t_i\,(a) \leq t_i\,(b) - q_i$, então $0 < g_i\,(a, b) \leq 1$.

Nas fórmulas acima, $g_i\,(a, b)$ é obtido por meio de interpolação linear, conforme a equação (3):

$$g_i(a,b) = \frac{p_i - [t_i(a) - t_i(b)]}{p_i - q_i} \tag{3}$$

Para Figueira, Greco e Ehrgott (2005), o mesmo procedimento deve ser usado para calcular $g_i\,(a, b)$. Os índices de concordância global $G\,(a, b)$ e $G\,(b, a)$ são obtidos pela equação (4), em que $w_i$ é o peso do critério *i*:

$$G(a,b) = \frac{\sum_{i=1}^{n} w_i c_i(a,b)}{\sum_{i=1}^{n} w_i} \tag{4}$$

Para Roy (1991), no cálculo dos índices de discordância $h_i\,(a, b)$, $h_i\,(b, a)$, $H\,(a, b)$ e $H\,(b, a)$, devem-se considerar: $h_i\,(a, b)$ = índice de discordância sob o critério *i* da proposição "*a* é tão boa quanto *b*"; $h_i\,(b, a)$ = índice de discordância sob o critério *i* da proposição "*b* é tão boa quanto *a*"; e $v_i$ = limite de veto definido para o critério *i*.

O cálculo de $h_i\,(a, b)$ é realizado da seguinte forma:

a) Se $t_i\,(a) > t_i\,(b) - p_i$, então $h_i\,(a, b) = 0$.
b) Se $t_i\,(a) < t_i\,(b) - v_i$, então $h_i\,(a, b) = 1$.
c) Se $t_i\,(b) - v_i < t_i\,(a) \leq t_i\,(b) - p_i$, então $0 < h_i\,(a, b) \leq 1$, em que $h_i\,(a, b)$ é obtido por meio de interpolação linear, de acordo com a equação (5):

$$h_i(a,b) = \frac{[t_i(b) - t_i(a)] - p_i}{v_i - p_i} \tag{5}$$

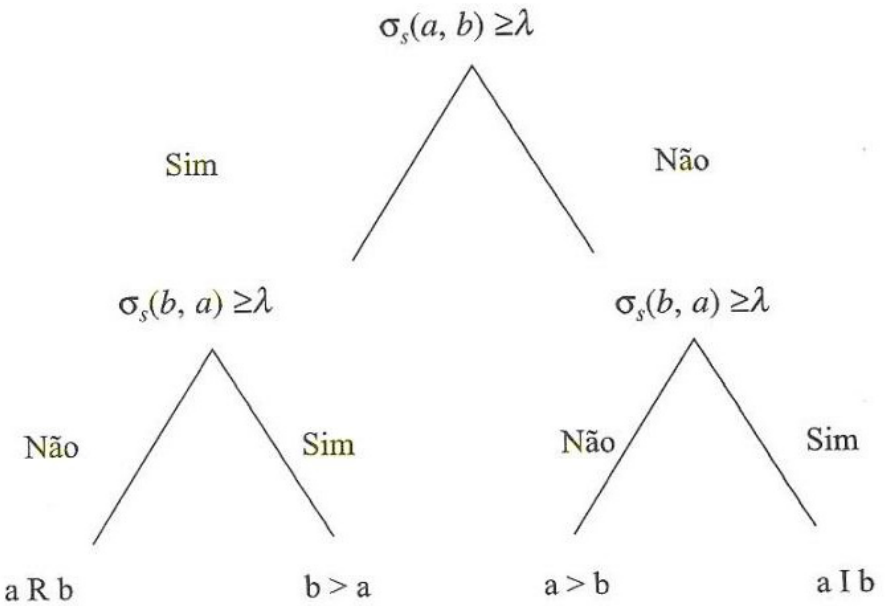
Conforme Roy (1991), para mostrar como a alternativa *a* supera a de referência *b*, considerando os índices de concordância $g_i\,(a, b)$ e de discordância $h_i\,(a, b)$, determina-se o índice de credibilidade, representado por $\sigma_s\,(a, b)$. Na ocasião do conjunto de critérios cujo índice $h_i\,(a, b)$ supera o $g_i\,(a, b)$, o de credibilidade $\sigma_s\,(a, b)$ será obtido de acordo com a equação (6):

$$\sigma_s\,(a,b) = c_i(a,b).\pi \left[\frac{1 - h_i(a,b)}{1 - g_i(a,b)}\right] \tag{6}$$

Após definido o índice de credibilidade, deve-se incluir o nível de corte, que, segundo Figueira, Greco e Ehrgott (2005), é o menor valor que o índice de credibilidade pode assumir para afirmar que *aSb*. Sua relação de preferência será obtida por meio da comparação, em que o valor assumido deve ser entre 0,5 e 1. Na Figura 2, podem-se observar os procedimentos efetuados na relação de superação entre as alternativas *a* e a de referência *b*, com base nos índices de credibilidade $\sigma_s\,(a, b)$ e $\sigma_s\,(b, a)$ e no nível de corte ($\lambda$) considerado.

**FIGURA 2**

**Relação entre *a* e *b* a partir de $\sigma_s$ (*a*, *b*) e $\sigma_s$ (*b*, *a*)**




**Fonte:** Gomes, Araya e Carignano (2004).

Deve-se repetir o procedimento de cálculo de $\sigma_s$ (*a*, *b*) e de $\sigma_s$ (*b*, *a*) para cada alternativa de referência. O número de relações de preferência entre *a* e *b* ecorresponde ao de alternativas de referência do conjunto *A*. Em seguida, deve-se passar ao procedimento de alocação da alternativa $a_n$ numa das categorias predefinidas $k_n$. A apresentação dos elementos dos conjuntos *A* (das alternativas), *K* (dos critérios) e *C* (das categorias) se encontram na seção de aplicação do Electre TRI.

## METODOLOGIA

Para a classificação da pesquisa, utilizou-se Gil (2008). No Quadro 7, apresentam-se, de forma geral, as classificações da pesquisa. As características adotadas neste trabalho, em cada classificação da pesquisa, encontram-se em destaque.

**QUADRO 7**

**Classificações da pesquisa adotadas neste trabalho**

| Classificação da pesquisa | Características adotadas neste trabalho | | |
|---|---|---|---|
| Objeto | **Bibliografia** | De laboratório | **De campo** |
| Natureza | Básica | | **Aplicada** |

*Continua*

| Classificação da pesquisa | Características adotadas neste trabalho | | |
|---|---|---|---|
| Abordagem do problema | Quantitativa | Qualitativa | |
| Objetivos | Exploratória | Descritiva | Explicativa |
| Procedimento técnicos | Bibliográfica | Documental | *Ex-post-facto* |
| | Participante | Estudo de caso | Pesquisa-ação |
| | Experimental | Levantamento | |

**Fonte:** Elaborado pelos autores baseado em Gil (2008).

Entre as delimitações, o modelo foi desenvolvido para os segmentos de franquias: bares, restaurantes, padarias e pizzarias; cosméticos e perfumaria; livrarias, gráficas e sinalização, nos quais se obteve o retorno dos questionários em número suficiente para tratamento e análises estatísticas, ou seja, os dados foram coletados por meio de um questionário de pesquisa.

Em cada segmento de franquias, o número de participantes foi de 15, 11 e 13, respectivamente. Ou seja, pode-se considerar uma decisão individual de cada franqueadora, que, ao inserir dados e informações no modelo, tornou-se um resultado de decisão em grupo, levando características e peculiaridades de cada segmento de mercado.

Nesta pesquisa, vale destacar que o analista é o autor deste trabalho e que os decisores são as marcas das franquias que responderam ao questionário da pesquisa. Ou seja, os decisores são os responsáveis pelas franquias (franqueadoras), e não os franqueados (unidades). Esse conjunto de pessoas (franqueadoras) será responsável pelos dados que foram coletados e, posteriormente, utilizados pelo analista para modelagem do problema.

Ao enviar o *link* do questionário para as franqueadoras, sugeriu-se, de acordo com os assuntos abordados, que ele fosse respondido preferencialmente pelo Departamento de Planejamento e Controle da Produção (PCP) ou pelo Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Destacou-se, nos contatos, que o questionário deveria ser encaminhado aos responsáveis pela previsão de demanda e/ou desenvolvimento de novos produtos.

## APLICAÇÃO DO ELECTRE TRI

Para aplicação do Electre TRI na classificação de previsão de demanda para novos produtos no sistema brasileiro de franquias, como se utilizou o *software* Iris 2.0, empregou-se *k* para apresentar os critérios e *c* para as categorias, graças às particularidades do *software*, que usa o *c* fixo para as categorias, permitindo editar apenas os critérios.

## DEFINIÇÃO DAS ALTERNATIVAS

O conjunto de alternativas foi denominado por $A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, a_9, a_{10}\}$, composto por onze métodos de previsão de demanda. No Quadro 8, apresenta-se o conjunto das alternativas.

**QUADRO 8**
**Alternativas para aplicação no Electre TRI**

| Métodos de previsão de demanda | | Alternativas (*A*) |
|---|---|---|
| Qualitativos | Pesquisa de mercado | $a_1$ |
| | Método Delphi | $a_2$ |
| | Analogia histórica | $a_3$ |
| | Simulação de cenários | $a_4$ |
| | Pesquisa da equipe de vendas | $a_5$ |
| Quantitativos (Projeção) | Média móvel | $a_6$ |
| | Suavização exponencial | $a_7$ |
| | Box-Jenkins (Arima) | $a_8$ |
| Quantitativos (correlação) | Análise de regressão | $a_9$ |
| | Modelos econométricos | $a_{10}$ |
| | *Bootstrapping* subjetivo | $a_{11}$ |

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Nesta pesquisa, não foram usados todos os métodos de previsão de demanda disponíveis na literatura. Buscou-se selecionar os mais utilizados nos estudos de Chambers, Mullick e Smith (1971), Georgoff e Murdick (1986), Yokum e Armstrong (1995), Armstrong (2001), Kahn (2002), Armstrong e Fildes (2006), mais citados na literatura.

## DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS

Os seis critérios usados nesta pesquisa para a seleção de cada método de previsão de demanda são denotados pelo conjunto $K = \{k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6\}$ e apresentados no Quadro 9. Eles foram identificados no questionário de pesquisa.

**QUADRO 9**

**Critérios selecionados para aplicação no Electre TRI**

| Critérios (*K*) | |
|---|---|
| $k_1$ | Grau de precisão da previsão |
| $k_2$ | Horizonte de planejamento |
| $k_3$ | Custos para implementação e manutenção do método |
| $k_4$ | Necessidade de dados históricos consistentes |
| $k_5$ | Necessidade de recursos computacionais (*softwares*) |
| $k_6$ | Conhecimento de recursos matemáticos e experiência |

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Após definir os critérios usados na pesquisa, é necessário estabelecer os itens avaliados em cada um deles, conforme o Quadro 10.

**QUADRO 10**

**Itens avaliados nos critérios**

| Critérios (*K*) | Itens avaliados nos critérios |
|---|---|
| $k_1$ | Pouco preciso (razoável) |
| | Preciso (boa) |
| | Muito preciso (excelente) |
| $k_2$ | Longo prazo (acima de 2 anos) |
| | Médio prazo (até 2 anos) |
| | Curto prazo (até 3 meses) |
| $k_3$ | Os dados de entrada do método não estão disponíveis |
| | Método quantitativo |
| | Utilizados esporadicamente (de vez em quando) |
| | Método qualitativo |
| | Utilizados com frequências |
| | Os dados de entrada do método estão disponíveis |
| $k_4$ | Utilizam-se dados de situações análogas |
| | Utilizam-se dados históricos passados |
| | Utilizam-se dados de situações análogas e dados históricos passados |
| $k_5$ | Não utiliza |
| | Planilhas eletrônicas |
| | Pacotes computacionais estatísticos de uso genérico |
| | Pacotes computacionais específicos para previsão de demanda |

*Continua*

| Critérios (*K*) | Itens avaliados nos critérios |
|---|---|
| $k_6$ | Tomadores de decisões sem habilidades em cálculos e/ou sem experiência na previsão de demanda |
| | Tomadores de decisões com habilidade em cálculos |
| | Tomadores de decisões com experiência na previsão de demanda |
| | Tomadores de decisões com habilidade em cálculos e com experiência |

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Esses itens de julgamento dos critérios foram identificados no questionário de pesquisa.

## DEFINIÇÃO DOS PESOS DOS CRITÉRIOS

Os pesos atribuídos aos critérios foram definidos com base na coleta de dados com os decisores, que corresponde aos respondentes do questionário das franqueadoras contempladas na análise dos três segmentos de atuação das franquias. Na equação (7), é apresentado o cálculo do peso normalizado, em que $P_n$ = peso normalizado e $P_a$ = peso atribuído.

$$P_n = \frac{P_a}{\sum Pa} \tag{7}$$

No Quadro 11, apresentam-se os pesos atribuídos pelos decisores para cada critério. Como a proposta é classificar os métodos de previsão de demanda para novos produtos em três segmentos distintos de atuação das franquias, todos os critérios foram considerados pelos decisores em suas análises, diferenciando-se em cada segmento os pesos dos critérios. Utilizou-se uma média aritmética simples para quantificação dos pesos dos critérios, pois não foi considerado apenas um decisor, e sim um conjunto de decisores – consenso entre os envolvidos no processo de análise –, visando assegurar que os pesos atribuídos refletem o contexto desta pesquisa.

**QUADRO 11**

**Pesos dos critérios atribuídos pelos decisores**

| Critérios ($k_j$) | Segmentos | |
|---|---|---|
| | Bares, restaurantes, padarias e pizzarias | |
| | Peso atribuído | Peso normalizado |
| $k_1$ | 3 | 0,13 |
| $k_2$ | 4 | 0,17 |
| $k_3$ | 4 | 0,17 |
| $k_4$ | 5 | 0,23 |
| $k_5$ | 4 | 0,17 |
| $k_6$ | 3 | 0,13 |
| **Total** | | **1** |

*Continua*

| Critérios ($k_j$) | Segmentos | |
|---|---|---|
| | Cosméticos e perfumaria | |
| | Peso atribuído | Peso normalizado |
| $k_1$ | 3 | 0,13 |
| $k_2$ | 5 | 0,21 |
| $k_3$ | 3 | 0,13 |
| $k_4$ | 4 | 0,17 |
| $k_5$ | 4 | 0,17 |
| $k_6$ | 5 | 0,21 |
| **Total** | | **1** |

| Critérios ($k_j$) | Livrarias, gráficas e sinalização | |
|---|---|---|
| | Peso atribuído | Peso normalizado |
| $k_1$ | 4 | 0,17 |
| $k_2$ | 3 | 0,13 |
| $k_3$ | 3 | 0,13 |
| $k_4$ | 5 | 0,21 |
| $k_5$ | 5 | 0,21 |
| $k_6$ | 4 | 0,17 |
| **Total** | | **1** |

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

## DEFINIÇÃO DAS CATEGORIAS

Após identificar os critérios e atribuir seus respectivos pesos, identificaram-se as categorias que forneceram uma recomendação de ação para o analista desta pesquisa. Foram estabelecidas três categorias, denotadas pelo conjunto $C = \{c_1, c_2, c_3\}$, conforme o Quadro 12, sendo a categoria $c_1$ aquela que representa os resultados desfavoráveis e a $c_3$, a que representa resultados favoráveis.

**QUADRO 12**

**Categorias estabelecidas para aplicação no Electre TRI**

| Categorias ($C$) | |
|---|---|
| $c_1$ | *Não recomendado* |
| $c_2$ | *Pouco recomendado* |
| $c_3$ | *Recomendado* |

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Com o objetivo de aprimorar a previsão de demanda para novos produtos no sistema brasileiro de franquias, o analista optou por utilizar essas três categorias na análise, pois, dentro da $c_3$ (*recomendado*), os tomadores de decisão terão opções dos métodos e da previsão de demanda que melhor condizem com determinada categoria de novos produtos. Além do mais, as categorias $c_3$ e $c_2$ possibilitarão a combinação dos métodos para previsão de demanda, podendo levar a previsões mais precisas do que ao usar um único método, melhorando a precisão da previsão, já que, com diferentes técnicas, podem-se adicionar informações úteis, ao contrário de um modelo único. Ou seja, pode-se dizer que as empresas utilizam essas técnicas para realizar suas previsões, de modo a obterem resultados mais precisos (OLIVEIRA, FUTAMI e OLIVEIRA, 2016). De acordo com Guimarães e Lange (2020), a combinação dos métodos para previsão de demanda para novos produtos pode levar a maior precisão, ao estimar a demanda de venda de dado produto e/ou serviço.

Para o método Electre TRI, usou-se o *software* Interactive Robustness analysis and parameters' Inference for multicriteria Sorting problems (Iris), versão 2.0 demo – disponível para testes e desenvolvimento de trabalhos acadêmicos, apresentado por Dias e Mousseau (2002). O Iris 2.0 foi responsável por auxiliar o analista na representação das preferências dos decisores (franqueadoras).

## O IRIS 2.0 E SUA INTERFACE

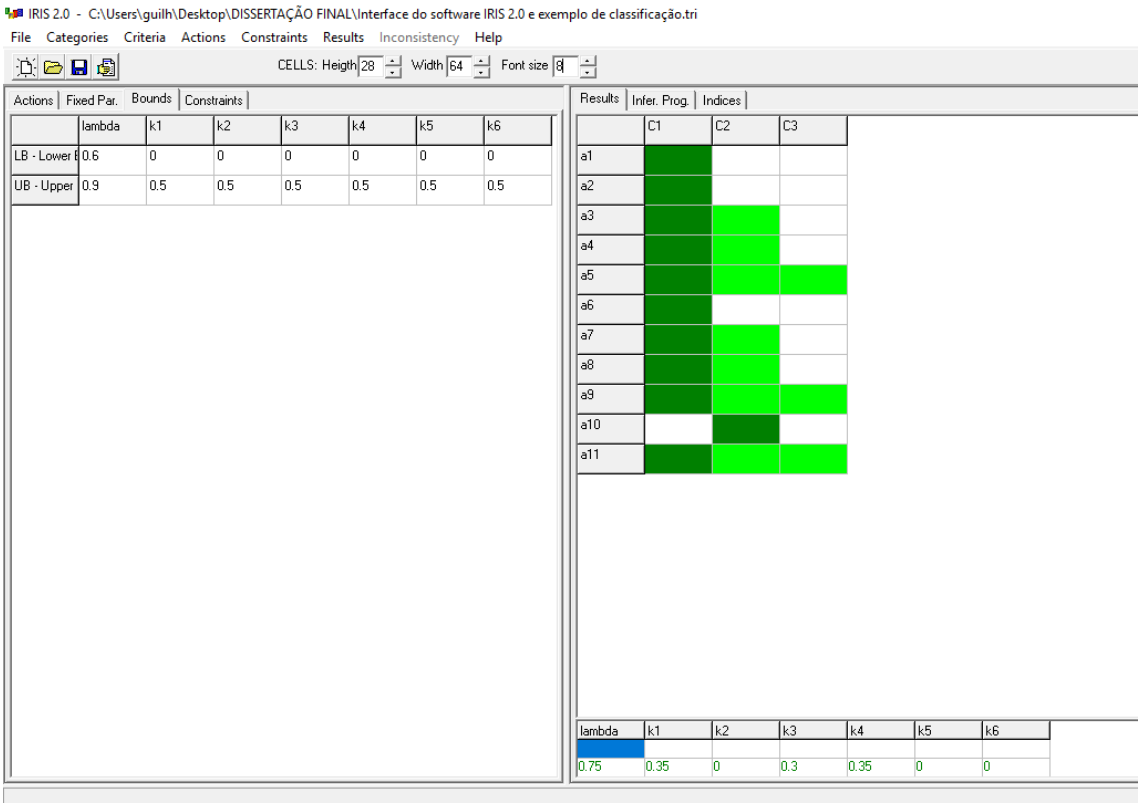
De acordo com Dias e Mousseau (2002), o Iris 2.0 foi idealizado para a problemática de classificação ordinal multicritério em que existe um conjunto de ações – nesse caso, as alternativas – descritas pelo seu desempenho em múltiplos critérios de avaliação – o grau de precisão da previsão, o horizonte de planejamento, os custos para implementação e manutenção do método, as necessidade de dados históricos consistentes, o conhecimento de recursos matemáticos e a necessidade de recursos computacionais –, segundo um conjunto de categorias predefinidas – as dos métodos não recomendado, pouco recomendado e recomendado.

O Iris 2.0 se baseia no Electre TRI, mas não exige que o decisor fixe valores para todos os parâmetros. O *software* procura obter algumas restrições que tais parâmetros devem respeitar. Se as indicadas pelo decisor não forem incompatíveis entre si, inferirá um conjunto de valores para os parâmetros, capaz de reproduzir todos os exemplos, indicando a gama de classificações possíveis face às restrições indicadas. Se as restrições forem incompatíveis, o Iris 2.0 sugere valores para os parâmetros que minimizam uma medida de erro e permite identificar as restrições que, ao serem removidas, conduzem a um sistema de restrições com solução (DIAS e MOUSSEAU, 2002).

A parte esquerda da janela está associada aos *inputs*, enquanto a direita é usada para os *outputs*, podendo o decisor deslocar a linha que divide essas áreas. Cada janela está organizada de acordo com o *organizer*, com múltiplas páginas, conforme se pode observar na Figura 3.

**FIGURA 3**

**Interface do Iris 2.0 e exemplo de classificação**




**Fonte:** Elaborada pelos autores.

A área da esquerda permite editar os *inputs*, como desempenhos das ações (*actions*); valor dos parâmetros fixos, que são os limites das categorias e os de indiferença de preferência, discordância e veto (*fixed par.*); limites superiores e inferiores (*bounds*); e restrições adicionais àquelas variáveis (*constraints*). Os resultados só refletem as alterações nos *inputs* após o decisor ordenar ao Iris 2.0 que os calcule novamente.

A área da direita permite visualizar resultados (*outputs*) como gamas de categorias, classificação inferida e valores inferidos para os parâmetros (*results*); programa linear para inferência dos parâmetros (*infer. prog.*); e média geométrica de categorias possíveis por ação (*indices*).

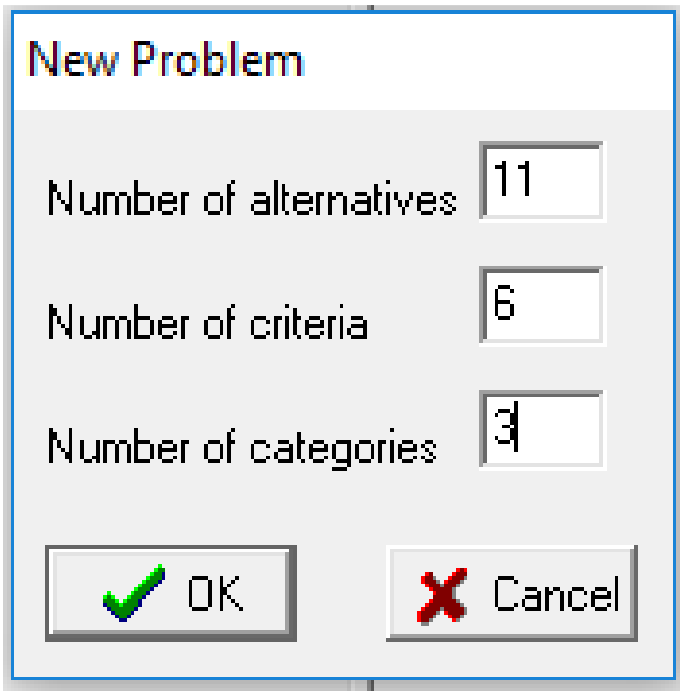
O *software* permite a visualização dos resultados do método Electre TRI por meio da classificação das alternativas. Com base nos indicadores definidos junto ao decisor, os resultados da aplicação são mostrados por meio de cores, a fim de definir o resultado proposto. O verde escuro indica o Electre TRI proposto em determinada categoria, enquanto o verde claro indica uma possível realocação da alternativa em outra categoria.

As aplicações já publicadas envolvendo o Iris 2.0 e que auxiliarão nesta pesquisa são: Neves et al. (2008); Queiroz (2011); Covas, Silva e Dias (2013); Chakhar e Saad (2014). Na seção a seguir, apresenta-se como aconteceu a execução do Electre TRI no problema proposto.

## EXECUÇÃO DO ELECTRE TRI NO IRIS 2.0

Para a execução do algoritmo de classificação do Electre TRI, inicialmente, inseriram-se como entrada números de alternativas ($A = 11$), critérios ($K = 6$) e categorias ($C = 3$), conforme Figura 4.

**FIGURA 4**
**Entrada de alternativas, critérios e categorias**




**Fonte:** Elaborada pelos autores.

Com base nas respostas de pesquisa, construíram-se as matrizes de avaliação das alternativas para cada critério dos três segmentos analisados, que informa a avaliação dos decisores e ilustra o desempenho de cada alternativa frente aos critérios de decisão. Esses dados, após tabulação, serviram de entrada para a aplicação do método Electre TRI no IRIS 2.0. O tratamento das respostas – relação entre alternativas, critérios e itens avaliados – se deu com o objetivo de construir cada uma das matrizes de avaliação apresentadas na Figura 5.

**FIGURA 5**

**Matrizes de avaliação dos três segmentos analisados**

IRIS 2.0 - C:\Users\guilh\Desktop\DISSERTAÇÃO FINAL\BARES, RESTAURANTES, PADARIAS E PIZZARIAS

File Categories Criteria Actions Constraints Results Inconsistency Help

CELLS: Heigth 28 Width 64 Font size 8

Actions | Fixed Par. | Bounds | Constraints

| Action | ELow | EHigh | k1 | k2 | k3 | k4 | k5 | k6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 5 | 5 | 2 | 4 |
| a2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 |
| a3 | 1 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 3 | 4 |
| a4 | 1 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 |
| a5 | 1 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 5 | 3 |
| a6 | 1 | 3 | 1 | 4 | 4 | 1 | 2 | 2 |
| a7 | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 1 | 2 |
| a8 | 1 | 3 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 3 |
| a9 | 1 | 3 | 3 | 5 | 4 | 5 | 2 | 3 |
| a10 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| a11 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 |

IRIS 2.0 - C:\Users\guilh\Desktop\DISSERTAÇÃO FINAL\COSMÉTICOS E PERFUMARIA.tri

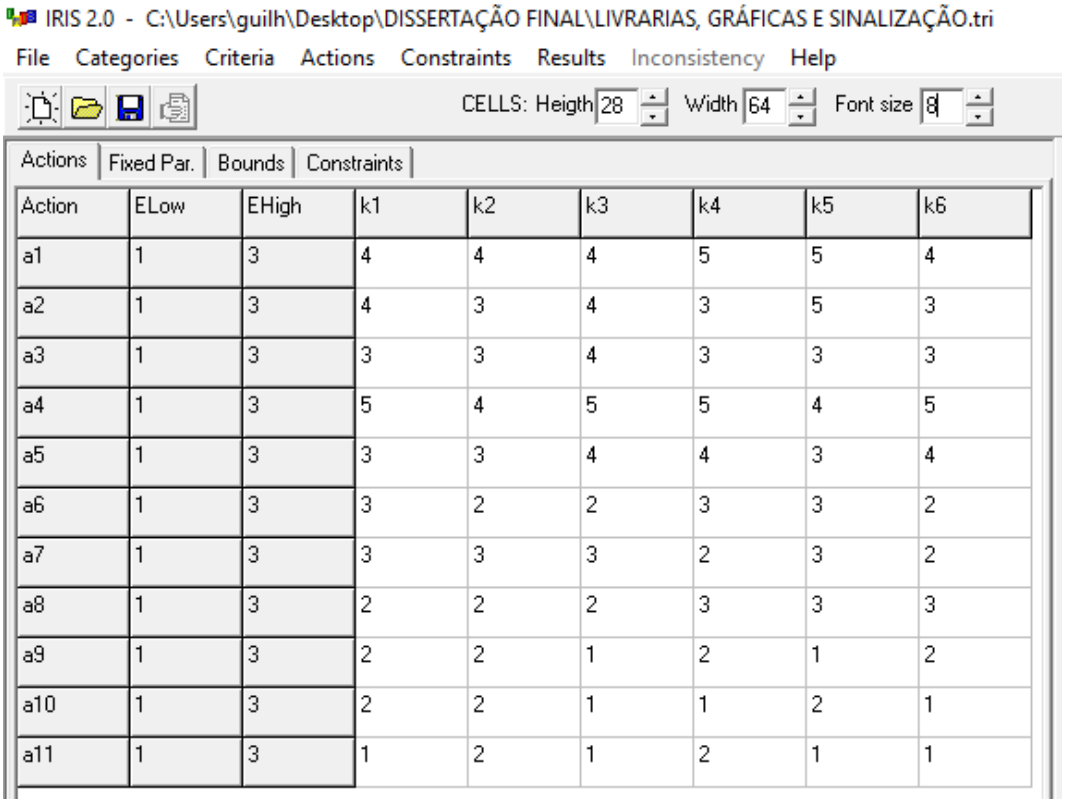
File Categories Criteria Actions Constraints Results Inconsistency Help

CELLS: Heigth 28 Width 64 Font size 8

Actions | Fixed Par. | Bounds | Constraints

| Action | ELow | EHigh | k1 | k2 | k3 | k4 | k5 | k6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 4 | 4 |
| a2 | 1 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| a3 | 1 | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 |
| a4 | 1 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 1 | 1 |
| a5 | 1 | 3 | 3 | 5 | 3 | 4 | 5 | 5 |
| a6 | 1 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 |
| a7 | 1 | 3 | 1 | 5 | 2 | 4 | 3 | 3 |
| a8 | 1 | 3 | 4 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 |
| a9 | 1 | 3 | 3 | 3 | 1 | 4 | 2 | 2 |
| a10 | 1 | 3 | 2 | 4 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| a11 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 |

*Continua*




| Action | ELow | EHigh | k1 | k2 | k3 | k4 | k5 | k6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a1 | 1 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 |
| a2 | 1 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 3 |
| a3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| a4 | 1 | 3 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 |
| a5 | 1 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 |
| a6 | 1 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 |
| a7 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| a8 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| a9 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| a10 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| a11 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 |

**Fonte:** Elaborada pelos autores.

Após a padronização das matrizes de avaliação, foi necessário estabelecer fronteiras de referência entre cada uma das categorias estabelecidas. Tais fronteiras representam as categorias que o analista e os decisores consideram necessárias à distribuição das alternativas e foram representadas por $\{b\}$.

Diante das categorias, o analista de decisão procurou levantar, junto aos decisores, os perfis que representavam, para eles, alternativas cujos desempenhos distinguiam duas categorias consecutivas. No Quadro 13, apresentam-se as duas fronteiras de referência ($b_1$ e $b_2$) que dividem as três categorias.

**QUADRO 13**

**Limites das fronteiras das categorias de referência dos critérios**

| Categorias ($C$) | Fronteiras de referência $\{b\}$ | Valores das fronteiras em cada critério ($K$) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $k_1$ | $k_2$ | $k_3$ | $k_4$ | $k_5$ | $k_6$ |
| $c_1 - c_2$ | $b_1$ | 1 | 2 | 2.5 | 2 | 1.5 | 2.5 |
| $c_2 - c_3$ | $b_2$ | 2 | 3 | 3.5 | 3 | 2.5 | 3.5 |

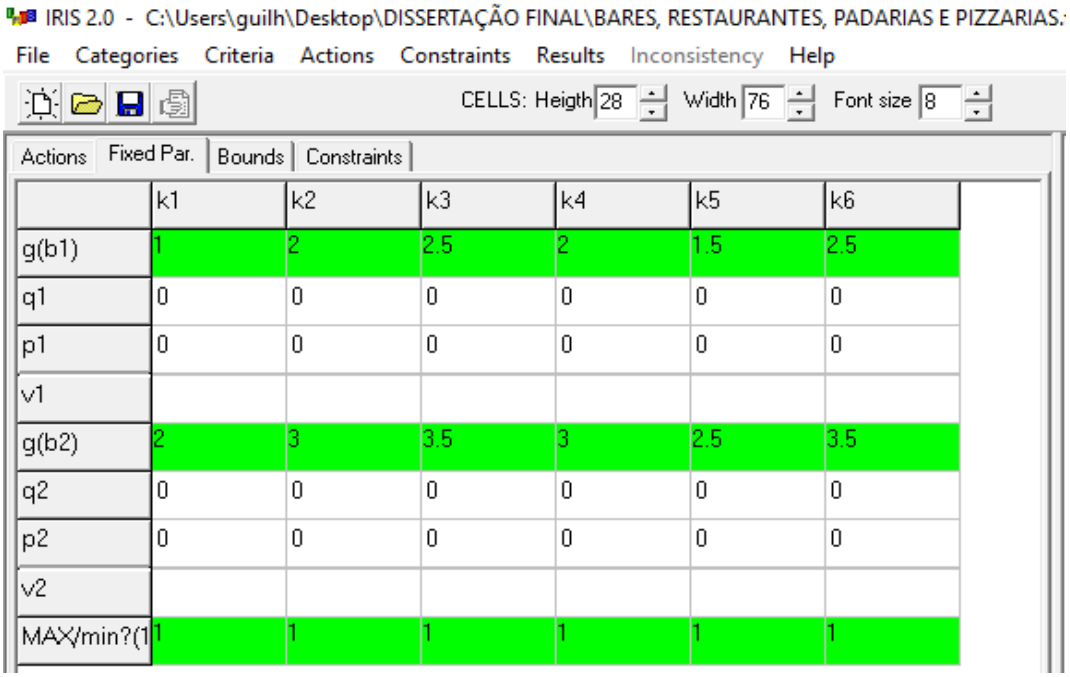
**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Os limites entre as categorias é uma definição necessária para que se possam enquadrar as alternativas sem nenhuma dúvida. A inserção desses valores no Iris 2.0 está ilustrada na Figura 6.

Os limiares de indiferença ($q$), preferência ($p$) e veto ($v$) foram considerados iguais a zero, admitindo-se critérios verdadeiros para esse contexto. Tal determinação foi considerada pela dificuldade encontrada pelos decisores em quantificar suas preferências e entender, de forma qualitativa, a avaliação sobre as categorias. A inserção desses valores no Iris 2.0 também se encontra na Figura 6.

**FIGURA 6**

**Perfis limites e limiares de indiferença, preferência e veto**




| | k1 | k2 | k3 | k4 | k5 | k6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| g(b1) | 1 | 2 | 2.5 | 2 | 1.5 | 2.5 |
| q1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| p1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| v1 | | | | | | |
| g(b2) | 2 | 3 | 3.5 | 3 | 2.5 | 3.5 |
| q2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| p2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| v2 | | | | | | |
| MAX/min?(1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

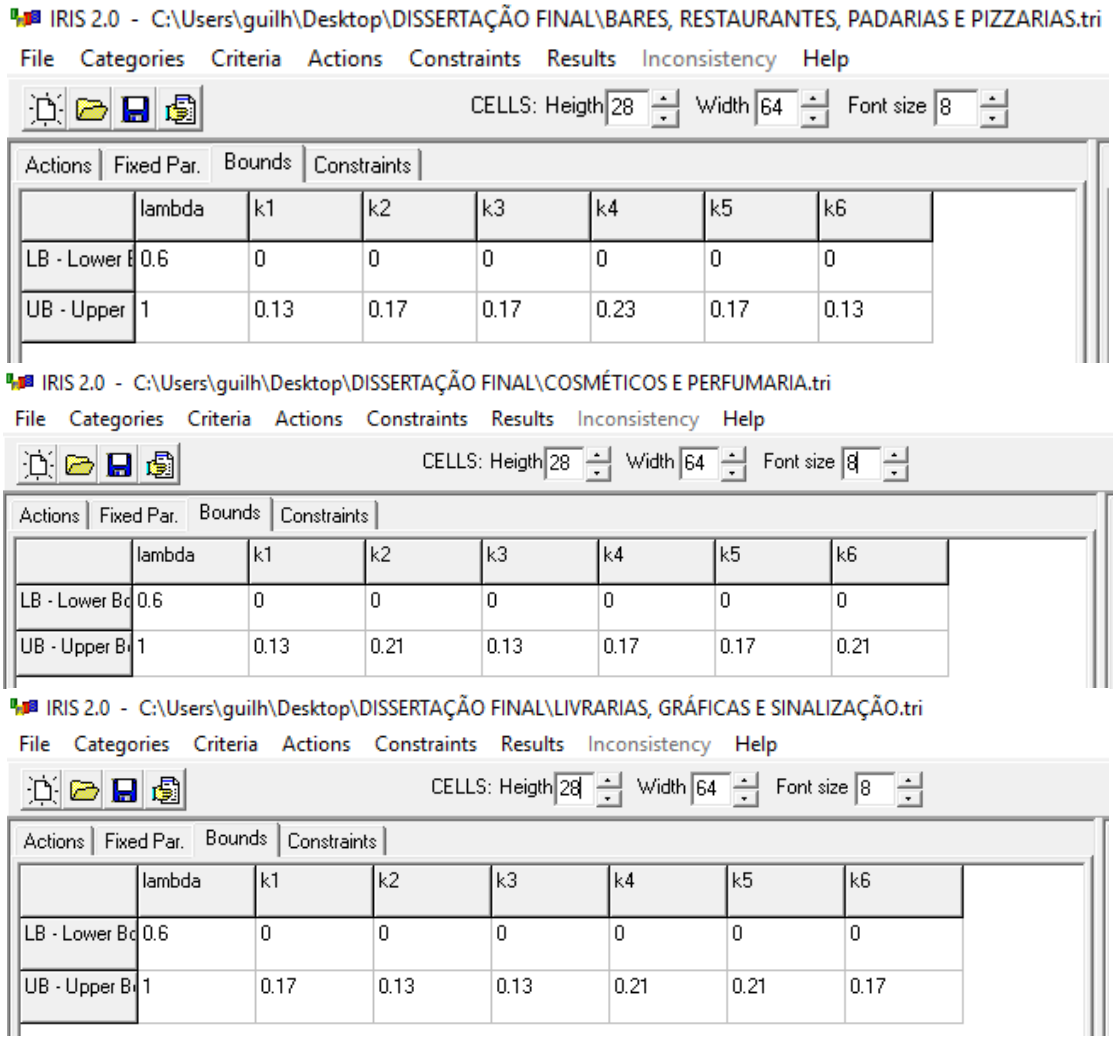
**Fonte:** Elaborada pelos autores.

Na modelagem, não foi usado o limite de veto, uma vez que o Electre TRI apresenta tendência a alocar uma alternativa numa categoria inferior, e, na maioria dos critérios, quanto maior for o desempenho de uma alternativa, mais críticas serão sua avaliação e alocação em determinada categoria. Assim, vetar a inserção dessa alternativa numa categoria mais alta poderia interferir no resultado final da pesquisa, alocando um método de previsão de demanda numa categoria de menor recomendação.

O Iris 2.0 permite que os critérios e o nível de corte assumam valores variados entre um intervalo definido pelo decisor. Dessa forma, os parâmetros foram ajustados para responder da melhor forma às preferências do decisor. Os limites para os critérios foram determinados levando em conta o grau de importância do peso que cada critério exerce sobre o problema. A inserção desses valores no *software* se encontra ilustrada na Figura 7.

**FIGURA 7**

**Pesos dos critérios dos três segmentos analisados**




**Fonte:** Elaborada pelos autores.

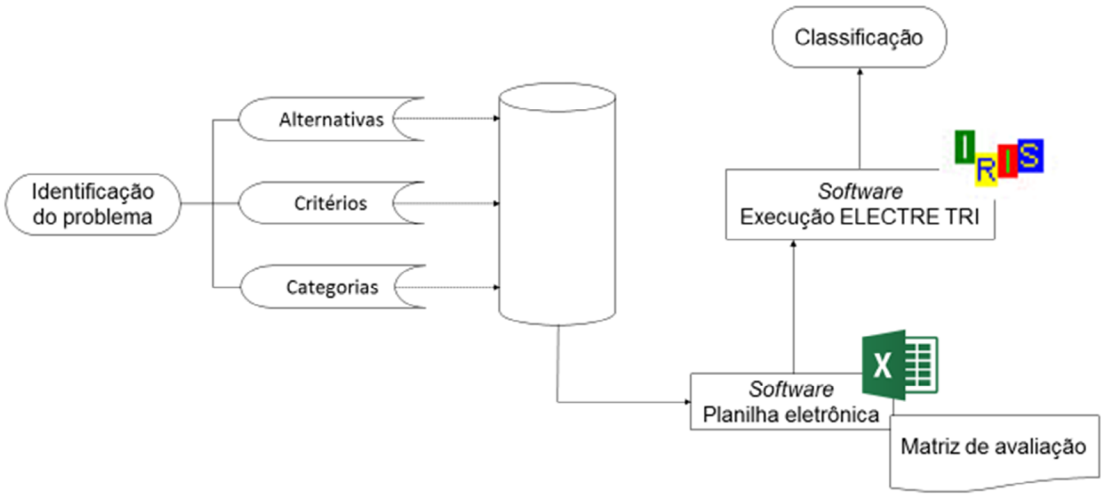
Realizou-se uma análise para checar a sensibilidade do modelo quanto ao índice de credibilidade ($\lambda$). Tal índice se refere ao valor mínimo de $\sigma_s(a, b)$ necessário para validar a relação de sobreclassificação entre alternativas. Para a modelagem do método, assumiu-se $\lambda = 0{,}6$ e realizou-se a análise de sensibilidade para o nível de credibilidade, adotando $\lambda = 0{,}7$, $\lambda = 0{,}8$ e $\lambda = 0{,}9$ pois, conforme já citado, o valor assumido de $\lambda$ deve ser entre 0,5 e 1.

A segunda análise de sensibilidade realizada se refere aos pesos dos critérios. Para isso, analisaram-se todos os critérios, atribuindo um mesmo peso, e procedeu-se a uma variação nos pesos dos critérios, de modo a verificar quantos por cento dos critérios podem ser alterados sem impactar a classificação das alternativas.

Ambas as análises de sensibilidade foram feitas no Iris 2.0, de modo que as variações na classificação das alternativas em cada análise são brevemente discutidas na próxima seção. Na Figura 8, apresenta-se uma representação da execução do Electre TRI no Iris 2.0.

**FIGURA 8**

**Representação da execução do Electre TRI no Iris 2.0**




**Fonte:** Elaborada pelos autores.

O apoio multicritério à decisão, especificamente o Electre TRI no Iris 2.0, promoveu uma análise objetiva e auxiliou os decisores com a responsabilidade de tomar decisões difíceis e complexas, como as envolvidas nesta pesquisa.

Por fim, pode-se dizer que, para o segmento de bares, restaurantes, padarias e pizzarias, na categoria de adições a linhas existentes de produtos, os resultados mostram que os métodos pesquisa de mercado, analogia histórica, simulação de cenários, pesquisa da equipe de vendas, Box-Jenkins (Arima) e análise de regressão se enquadraram na categoria dos métodos recomendados.

No segmento de cosméticos e perfumaria, na categoria de adições a linhas existentes de produtos, os resultados mostram que os métodos pesquisa de mercado e Delphi, analogia histórica, pesquisa da equipe de vendas, média móvel e Box-Jenkins (Arima) se enquadraram na categoria dos métodos recomendados.

O segmento de livrarias, gráficas e sinalização, na categoria de novos produtos para a empresa, mostram que os métodos pesquisa de mercado e Delphi, analogia histórica, simulação de cenários e pesquisa da equipe de vendas se enquadraram na categoria dos métodos recomendados.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de classificação de métodos de previsão de demanda para novos produtos em categorias predefinidas se mostra aplicável e consistente, respeitando critérios e delimitações apresentados ao longo do trabalho.

Dessa forma, agregando uma abordagem de apoio multicritério à decisão, para a avaliação dos métodos de previsão de demanda para novos produtos e/ou novos serviços, com os recursos do Electre TRI, foi possível designar cada um dos métodos de previsão de demanda a uma categoria.

O Electre TRI foi fundamental para classificar os métodos de previsão de demanda, sob o foco de vários critérios, visando apresentá-los nas categorias de novos produtos e nos diferentes segmentos das franquias para apoiar os responsáveis por essas previsões dentro das organizações.

A implementação do Electre TRI nesta pesquisa está baseada na utilização do Iris 2.0, o qual foi fundamental para o desenvolvimento do estudo, uma vez que a ferramenta auxiliou nas análises de preferências dos decisores – nesse caso, as franqueadoras. Esta pesquisa contribuiu para a comunidade científica, pois existem poucos trabalhos publicados envolvendo o Electre TRI aplicados no Iris 2.0.

Como sugestões para trabalhos futuros, identificaram-se as seguintes vertentes e oportunidades: desenvolver a classificação de métodos de previsão de demanda para novos produtos nos outros segmentos de atuação das franquias que não foram contemplados nesta pesquisa, bem como utilizar um método de apoio multicritério à decisão para identificar, selecionar, ordenar ou classificar os critérios utilizados para expansão das unidades das franqueadoras, como análise do ponto comercial e de público-alvo.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida ao pesquisador e autor Guilherme Fernando Ribeiro durante o mestrado. O papel do patrocinador: A instituição financiadora não teve nenhum papel na pesquisa. Agradecemos também aos especialistas das áreas de atuação que contribuíram e participaram ativamente durante o processo de validação do questionário utilizado na pesquisa. Por fim, e não menos importante, agradecemos também à Associação Brasileira de Franchising (ABF), que enviou o *link* do questionário da pesquisa para as franquias associadas à ABF. E também um agradecimento especial para todas as franquias que participaram da pesquisa.

## NOTA

Esta pesquisa na íntegra pode ser encontrada no Repositório Institucional da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/2299>.

## REFERÊNCIAS


ALMEIDA, A. T. **O conhecimento e o uso de métodos multicritério de apoio** à d**ecisão**. 2. ed. Recife: Editora UFPE, 2011.

ARMSTRONG, J. S. **Principles of forecasting:** a handbook for researchers and practioners. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2001.

ARMSTRONG, J. S.; FILDES, R. Making progress in forecasting. **International Journal of Forecasting**, v. 22, n. 3, p. 433-441, 2006.

AZEVEDO, P. F.; SILVA, V. L. S. Food franchising and backward coordination: and empirical analysis on Brazilian firms. **Journal on Chain and Network Science**, v. 3, n. 1, p. 33-44, 2003.

BELTON, V.; STEWART, T. J. **Multiple criteria decision analysis**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002.

CECATTO, C.; BELFIORE, P. O uso de métodos de previsão de demanda nas indústrias alimentícias brasileiras. **Gestão & Produção**, v. 22, n. 2, p. 404-418, 2015.

CHAKHAR, S.; SAAD, I. Incorporating stakeholders' knowledge in group decisionmaking. **Journal of Decision Systems**, v. 23, n. 1, p. 113-126, 2014.

CHAMBERS, J. C.; MULLICK, S. K.; SMITH, D. D. How to choose the right forecasting Technique. **Harvard Business Review**, v. 49, p. 45-71, 1971.

COHON, J. L. **Multiobjective programming models and planning**. Nova York: Academic Press, 1978.

COVAS, M.; SILVA, C. A.; DIAS, L. C. Multi-criteria decision analysis for sustainable data centers location: international transactions. **International Transactions in Operational Research**, v. 20, n. 3, p. 269-299, 2013.

DIAS, L. C.; MOUSSEAU, V. Iris: um SAD para problemas de classificação baseado em agregação multicritério. In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO, 3., 2002, **Anais...** Coimbra: APSI, 2002.

FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. **Multiple criteria decision analisis:** state of the art surveys. Nova York: Springer Science, 2005.

GEORGOFF, D. M.; MURDICK, R. G. Manager's guide to forecasting. **Harvard Business Review**, v. 64, n. 1, p. 110-120, 1986.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOMES, L. F. A. M. **Teoria da decisão**. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. **Tomada de decisões em cenários complexos**: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S. **Princípios e métodos para tomada de decisão:** enfoque multicritério. Rio de Janeiro: Atlas, 2019.

GUETTA, A. et al. **Franchising:** learn from the experts. Rio de Janeiro: ABF, 2013.

GUIMARÃES, I. G.; LANGE, D. A. Desenvolvimento de uma metodologia para previsão de demanda em uma empresa de produtos ornamentais. **Iberoamerican Journal of Project Management**, v. 11, n. 1, p. 1-28, 2020.

KAHN, K. B. An exploratory investigati on of new product forecasting practices. **The Journal of Product Innovation Management**, v. 19, n. 2, p. 133-143, 2002.

KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. **Decisions with multiple objectives:** preferences and value tradeoffs. Nova York: John Wiley & Sons, 1976.

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S. C.; HYNDMAN, R. J. **Forecasting:** methods and applications. 3. ed. Nova York: John Wiley & Sons, 1998.

MAS-MACHUCA, M.; SAINZ, M.; MARTINEZ-COSTA, C. A review of forecasting models for new products. **Intangible Capital**, v. 10, n. 1, p. 1-25, 2014.

MAURO, P. C. **Guia do franqueado**. São Paulo: Nobel, 2007.

MOUSSEAU, V.; SLOWINSKI, R.; ZIELNIEWICZ, P. P. A user-oriented implementation of the Electre-TRI method integrating preference elicitation support. **Computers & Operations Research**, v. 27, p. 757-777, 2000.

NEVES, L. P. et al. A multi-criteria decision approach to sorting actions for promoting energy efficiency. **Energy Policy**, v. 36, n. 7, p. 2351-2363, 2008.

OLIVEIRA, D; FUTAMI, A. H.; OLVEIRA M. A. Avaliação da previsão de demanda para o desenvolvimento de novo produto utilizando o processo de outsourcing: um estudo em uma empresa de transformação de plásticos. **Revista Espacios**, v. 38, n. 9, p. 23, 2017.

OTHA, S.; HIRAMOTO, R.; KITAMURA, A. Strategic decision making of the product-mix using a new demand forecasting model in the manufacturing industry. **Japan Industrial Management Association**, v. 64, n. 4, p. 614-619, 2014.

PEREIRA, D. V. S. **Mensuração do índice de desenvolvimento humano:** uma proposta utilizando o método multicritério Electre TRI-C. Dissertação (Mestrado em engenharia de produção) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

QUEIROZ, M. E. A. **Avaliação multicritério de riscos em contratos comerciais de terceirização:** uma abordagem de classificação com o Electre TRI. Dissertação (Mestrado em engenharia de produção) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

RITZMAN, L. P.; KRAJEWSKI, L. J.; MALHOTRA, M. **Administração da produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Pearson/Prentice Hall, 2009.

ROY, B. The outranking approach and the foundations of Electre methods. **Theory and Decision**, v. 31, p. 49-73, 1991.

ROY, B. **Multicriteria methodology for decision aiding**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1996.

ROY, B.; BOUYSSOU, D. **Aide multicritère à la décision:** méthodes et cas. Paris: Economica, 1993. p. 695.

SAATY, T. L. **Fundamentals of decision making and priority theory:** with the analytic hierarchy process. Pittsburgh: RWS Publications, 1994.

SARMIENTO, A. T.; SOTO, O. C. New product forecasting demand by using neural networks and similar product analysis. **Dyna**, v. 81, n. 186, p. 311-317, 2014.

SILVA, V. S. et al. Analysis of the production capacity of a photography company through the forecast of demand based on time series. **Brazilian Applied Science Review**, v. 5, n. 1, p. 340-357, 2021.

SIMÕES, R. G. **Aplicação do Electre TRI na classificação de fornecedores de indústria automotiva**. Dissertação (Mestrado em modelagem computacional) – Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, 2013.

SIPPER, D.; BULFIN, R. L. J. **Production:** planning, control and integration. Nova York: McGraw-Hill, 1997.

THOMAS, B. G.; BOLLAPRAGADA, S. General Electric uses an integrated framework for product costing, demand forecasting, and capacity planning of new photovoltaic technology products. **Interfaces**, v. 40, n. 5, p. 353-367, 2010.

YOKUM, J. T.; ARMSTRONG, J. S. Beyond accuracy: comparison of criteria used to select forecasting methods. **International Journal of Forecasting**, v. 11, n. 4, p. 591-597, 1995.

**GUILHERME FERNANDO RIBEIRO**
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2714-4560
Doutorando em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
E-mail: ribeiro.guilherme91@gmail.com

**PRISCILLA BASSETTO**
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9316-2337
Mestranda em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
E-mail: pri_bass@hotmail.com

**RONY PETERSON DA ROCHA**
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6682-8407
Pós-Doutor em Engenharia Mecânica; Professor do Departamento de Engenharia de Produção Agroindustrial da Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR). E-mail: ronypeterson_eng@hotmail.com

**YSLENE ROCHA KACHBA**
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8320-4783
Doutora em Engenharia de Produção; Professora do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). E-mail: yslener@utfpr.edu.br

**ALDO BRAGHINI JUNIOR**
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9388-3073
Pós-Doutor em Engenharia; Professor do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). E-mail: aldo@utfpr.edu.br