

Modelo de apoio a tomada de decisão na gestão de portfólio de projetos com base em uma abordagem de análise multicritério

Everton Glenio Boeira Boeno e Leonardo Dagnino Chiwiacowsky

Resumo

A seleção do portfólio de projetos é crucial para a sobrevivência das organizações, que devem tomar decisões baseadas em um conjunto amplo de informações. Como consequência disso, decisões estratégicas não podem se basear apenas nas experiências ou intuições de seus tomadores de decisão, uma vez que podem refletir um juízo de valor particular e não coletivo. Portanto, é indicado aos tomadores de decisão o uso de uma metodologia científica para a tomada de decisão. Nesse contexto, este estudo tem como objetivo o desenvolvimento de um modelo de decisão multicritério, em conjunto com aplicação de um método de análise multicritério, que auxilie os responsáveis na gestão do portfólio de projetos das empresas, a fim de assegurar que o investimento realizado seja o mais assertivo possível. O modelo foi criado com o uso do método AHP, para o cálculo do peso dos critérios, e do método PROMETHEE, para a ordenação das alternativas. Para cumprir a metodologia estabelecida pelos métodos, foi necessário a definição de critérios, sua adequada ponderação e avaliação de projetos no modelo. Os testes realizados com 20 projetos trouxeram resultados satisfatórios. Pode-se perceber a diferença de 42,21% entre os projetos menos e mais atrativos. Com este estudo, conclui-se que a utilização de um modelo de apoio a tomada de decisão é muito útil. O modelo pode identificar diferenciações significativas entre os projetos e, sem esse método de apoio, o decisor ficaria sem essa informação. Com isso, entende-se que a organização pode ter ganhos significativos com sua utilização.

Palavras-chave

Indústria 4.0, Modelos de Apoio a Tomada de Decisão, Gestão de Portfólio, Método de Análise Multicritério.

Support model for decision making in project portfolio management based on a multicriteria analysis approach

Abstract

The selection of the project portfolio is crucial for the survival of organizations, which must make decisions based on a broad set of information. As a consequence of this, strategic decisions cannot be based only on the experiences or intuitions of its decision makers, since they can reflect a judgment of particular and not collective value. Therefore, decision makers are advised to use a scientific methodology for decision making. In this context, this study aims to develop a multicriteria decision model, together with the application of a multicriteria analysis method, which assists those responsible for managing the companies' project portfolio, in order to ensure that the investment made is as assertive as possible. The model was created using the AHP method, for calculating the weight of the criteria, and the PROMETHEE method, for ranking the alternatives. To comply with the methodology established by the methods, it was necessary to define criteria, its adequate weighting and evaluation of projects in the model. The tests carried out with 20 projects brought satisfactory results. It was possible to notice the difference of 42.21% between the least attractive and most attractive projects. With this study it is concluded that the use of a decision support model is very useful. The model can identify significant differentiations between projects and without this method of support, the decision maker would be left without this information. With this, it is understood that the organization can make significant gains with its use.

Keywords

Industry 4.0, Decision Support Models, Portfolio Management, Multicriteria Analysis Method.

I. INTRODUÇÃO

No cenário atual e na medida em que o tempo e as tecnologias avançam, mais se faz necessário que as empresas busquem ser competitivas no seu mercado de atuação, exigindo que os investimentos sejam realizados de maneira assertiva. A seleção do portfólio de projetos se torna crucial

para a sobrevivência das organizações. Segundo Barney e Hesterley [1], o conceito de gerenciamento de portfólio de projetos surgiu da necessidade de otimizar o uso de recursos para garantir um retorno eficiente e eficaz dos investimentos.

Como consequência disso, decisões estratégicas não podem se basear apenas nas experiências ou intuições de seus

tomadores de decisão, uma vez que podem refletir um juízo de valor particular e não coletivo. Portanto, é indicado aos tomadores de decisão o uso de uma metodologia científica para a tomada de decisão, de forma a permitir a avaliação adequada de um conjunto de critérios que auxiliará no processo de tomada de decisão [2].

No setor industrial, um erro na alocação de recursos pode significar grandes perdas de oportunidades ou até mesmo a falência de uma empresa, devido ao grande montante de capital comumente dispendido na efetivação de projetos nesse segmento. Para uma adequada gestão do portfólio de projetos, além dos aspectos estratégicos, outras questões também devem ser consideradas, uma vez que existe limitação de recursos para a realização de um conjunto de projetos de forma simultânea. Com base nessa análise, o uso de uma abordagem de auxílio à tomada de decisão multicritério pode dar suporte à melhor definição do portfólio de projetos das empresas, cuja análise deve considerar um conjunto amplo de critérios.

López e Almeida [3] utilizaram o método PROMETHEE V para seleção de portfólio de projetos. Os autores desenvolveram um modelo para a seleção de projetos oriundos do planejamento estratégico de uma empresa do setor elétrico brasileiro, para comporem o seu portfólio anual. Foram elencados alguns critérios importantes para o desenvolvimento do modelo, sendo avaliados em uma escala de 0 a 100, tendo sido assim definidos: Impacto no resultado – 100; Alinhamento estratégico – 80; Melhoria dos indicadores regulados – 60; Contribuição para satisfação dos clientes – 50; Probabilidade de alcançar os benefícios – 40; Complexidade – 20.

Leão e colaboradores [4], aplicaram os métodos AHP e PROMETHEE II na seleção de projetos de bolsas de pesquisa, com base em um estudo de caso, realizado com dados da Chamada de Propostas do Programa Institucional de Iniciação Científica (ProIC/PIBIC) - 2017/2018, da Universidade de Brasília (UnB). A metodologia envolveu a construção do modelo com múltiplos critérios, a fim de facilitar a tomada de decisão, com a formalização e definição de alternativas de decisão para a seleção dos projetos apresentados pelos professores. Os resultados mostraram uma ordenação aderente aos itens considerados relevantes pela Instituição na classificação dos projetos. Embora o modelo construído tenha sido aplicado no contexto de uma única instituição, os autores afirmam que ele pode ser utilizado por outras instituições de ensino superior, uma vez que os critérios de seleção definidos pelos Órgãos de Fomento são semelhantes [4].

Ma, Harstvedt, Jaradat e Smith [5] criaram uma solução de apoio para o problema da seleção de portfólio de projetos (PPS). O PPS envolve a utilização de indicadores chave de desempenho (KPI) e na combinação de métodos de tomada de decisão com vários critérios, utilizados para analisar e comparar o potencial de sucesso de diferentes projetos em relação a várias dimensões de uma organização. O principal objetivo do estudo foi direcionar a seleção de projetos para uma perspectiva de sustentabilidade em um ambiente de tomada de decisão incerto. Para atingir esse objetivo, um modelo de lógica nebulosa baseado na abordagem TOPSIS foi usado para incorporar medidas de sustentabilidade sob incerteza, de forma a permitir a identificação da solução mais

sustentável. Um estudo de caso de empresa de manufatura de papel em larga escala foi apresentado para demonstrar a aplicação do modelo gerado.

Nesse contexto, este estudo tem como objetivo o desenvolvimento de um modelo de decisão multicritério, em conjunto com aplicação de um método de análise multicritério. O método de análise multicritério empregado é caracterizado pelo uso integrado do método AHP, utilizado para o cálculo do peso dos critérios, e do método PROMETHEE II, utilizado para a ordenação das alternativas, de modo a auxiliar os responsáveis na gestão do portfólio de projetos das empresas, a fim de assegurar que o investimento realizado seja o mais assertivo possível.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

A. Gestão de Portfólio

A gestão de portfólio de projetos é a atividade periódica envolvida na seleção de projetos que atendam aos objetivos declarados de uma organização, sem exceder os recursos disponíveis ou violar outras restrições. Algumas das questões que precisam ser abordadas nesse processo de seleção são os objetivos e prioridades da organização, benefícios financeiros, benefícios intangíveis, disponibilidade de recursos e nível de risco do portfólio de projetos [6].

A relevância do gerenciamento do portfólio de projetos está relacionada à necessidade dos tomadores de decisão em avaliar, priorizar e selecionar um conjunto de iniciativas, levando em consideração a falta de recursos e a necessidade de atingir metas estratégicas [7]. A seleção do portfólio de projetos deve ser considerada como um processo que inclui várias etapas relacionadas, em vez de apenas avaliar ou pontuar projetos ou resolver um problema de otimização [7].

Podem ser definidas cinco etapas principais para o processo de seleção do portfólio de projetos. As três primeiras etapas, pré-triagem, análise de projeto individual e triagem, são atividades *off-line* realizadas antes da reunião de um grupo decisor, normalmente adotadas para seleção do portfólio. Este procedimento preliminar pode ser realizado por analistas de decisão ou gerentes que trabalham individualmente [7].

A pré-triagem aplica diretrizes para garantir que qualquer projeto considerado seja adequado ao foco estratégico do portfólio, isto é, que tenha sido submetido a uma análise preliminar e tenha um proponente para garantir sua implementação, se escolhido. Na etapa de análise individual do projeto, um conjunto comum de parâmetros, como, por exemplo, valor presente líquido, taxa interna de retorno ou pontuação ponderada, é calculado para cada projeto. Durante a seleção do portfólio, esses parâmetros permitem a comparação de projetos em uma base comum [7].

Por fim, durante o estágio de triagem, os atributos dos projetos avaliados no estágio anterior são examinados para eliminar qualquer projeto que não atenda aos critérios predefinidos, como, por exemplo, taxa mínima de retorno. As duas últimas etapas, seleção do portfólio e ajuste do portfólio, podem ser realizadas em uma sessão on-line pelos tomadores de decisão da gerência por meio do emprego de um modelo de decisão [7].

A importância da gestão de portfólio se deve à necessidade de se conseguir, com recursos financeiros, humanos e

tecnológicos limitados, selecionar e focar em projetos que confirmam maior vantagem competitiva, de acordo com a estratégia adotada pela organização [8].

A decisão de manter ou não um projeto pode envolver riscos e conflitos organizacionais se não for executada de forma estruturada e clara, com a participação efetiva de todos os envolvidos [9]. Por esta razão, é recomendável o uso de uma abordagem científica, objetiva e sistemática, capaz de avaliar adequadamente o caráter multicritério da seleção de projetos que comporão o portfólio.

B. Tomada de decisão

A palavra decisão é formada pelo prefixo de origem latina *des* (que em latim significa parar, extrair, interromper), que se antepõe à palavra *caedere* (que significa cindir, cortar). Tomada ao pé da letra, a palavra decisão significa “parar de cortar” ou “deixar fluir”. Uma decisão precisa ser tomada sempre que se está diante de um problema que possui mais que uma alternativa para sua solução. Mesmo quando, para solucionar um problema, há uma única ação a tomar, existem as alternativas de tomá-la ou não [10].

Identificar de maneira precisa o problema de decisão possibilita direcionar corretamente todo o esforço de solução. Em sua dimensão mais básica, um processo de tomada de decisão pode ser entendido como a escolha, por parte de um centro decisor (um indivíduo ou um grupo de indivíduos), da melhor alternativa entre as possíveis. O problema analítico está em definir o melhor e o possível em um processo de decisão. As decisões podem ser classificadas de várias formas, tais como: a) simples ou complexas; b) específicas ou estratégicas, entre outras categorias. As consequências advindas das decisões podem apresentar-se da seguinte maneira: a) imediata; b) curto prazo; c) longo prazo; d) combinação das formas anteriores (impacto multidimensional) [10].

Chiavenato [11] identifica seis elementos comuns a todo processo decisório:

- a) decisor;
- b) objetivo;
- c) preferências;
- d) estratégia (metodologia utilizada para a tomada de decisão);
- e) situação (aspectos ambientais, recursos e restrições);
- f) resultado (consequências do processo de decisão).

Para Uris [12], um processo de tomada de decisão deve conter as seguintes etapas:

- a) Análise e identificação da situação e do problema: a situação e o ambiente onde o problema está inserido devem ser claramente identificados, por meio do levantamento de informações, para que a tomada de decisão seja segura e precisa. Para isso, cabe um rigoroso levantamento das informações necessárias;
- b) Identificação de alternativas: através dos dados preliminarmente coletados, busca-se a identificação das possíveis alternativas para a resolução do problema proposto;
- c) Comparação entre alternativas: devem ser relacionadas as vantagens e desvantagens de cada alternativa, bem como

os custos envolvidos. Nessa fase, podem ser utilizados algoritmos de apoio à decisão;

- d) Classificação dos riscos de cada alternativa: deve-se mensurar o grau de incerteza, imprecisão e ambiguidade de todas as alternativas. Este item pode ser um critério do modelo de decisão;
- e) Escolha da melhor alternativa: uma vez identificadas as vantagens, desvantagens e riscos, o(s) decisor(es) deve(m) ser capaz(es) de identificar a(s) alternativa(s) que melhor solucione(m) o problema;
- f) Execução e avaliação: a(s) alternativa(s) escolhida(s) deve(m) ser implantada(s) com energia e domínio da situação. A comparação dos resultados com as previsões determina a continuidade dessa linha de ação ou sua mudança. Os resultados do processo decisório devem ser analisados e comparados, objetivando validar ou não o processo utilizado. Assim, erros detectados não serão repetidos em outros processos decisórios.

C. Modelagem Multicritério de apoio à tomada de decisão

O homem tenta há muitos anos abordar processos complexos de tomada de decisão utilizando abstrações, heurísticas e raciocínios dedutivos, por vezes apoiando-se no estado da arte do conhecimento científico disponível. Até a primeira metade do século XX, por exemplo, utilizava-se basicamente a esperança matemática para a tomada de decisão em condições consideradas aleatórias. Verificava-se, no entanto, que, em certas condições, as limitações e o consequente risco associado a tal tratamento eram inaceitáveis [10].

A ideia de usar modelos na solução de problemas na tomada de decisão não é nova e, certamente, não está vinculada ao uso de computadores. Em algum momento, no seu cotidiano, as pessoas aplicam alguma abordagem de modelagem para tomar uma decisão. As informações coletadas ajudam no entendimento das consequências, auxiliando no desenvolvimento de bons julgamentos para tomar decisões sobre essas consequências [13].

As técnicas de modelagem podem ajudar a tomar boas decisões, mas não garantem que bons resultados serão gerados em decorrência dessas decisões. No entanto, usar consistentemente um processo estruturado baseado em modelos, para tomar decisões, deverá produzir bons resultados com mais frequência que a tomada de decisão realizada de forma desestruturada [14]. É importante reforçar que o foco dessas metodologias é apoiar ou auxiliar na tomada de decisões, não prescrever como as decisões devem ser tomadas ou descrever como as decisões são tomadas [16].

A Pesquisa Operacional (PO) é uma área que reúne um conjunto de técnicas aplicáveis na resolução de problemas e no auxílio à tomada de decisão. O uso da PO permite aperfeiçoar procedimentos operacionais existentes e ajudar os gestores no processo de tomada de decisão, provendo não só subsídios racionais, mas também ferramentas quantitativas. É caracterizada por reunir um conjunto de disciplinas isoladas, tais como Programação Linear, Teoria das Filas, Simulação, Programação Dinâmica, Teoria dos Jogos, entre outras. Em síntese, a PO representa um instrumento científico para tomada de decisões [15].

Um dos primeiros métodos dedicados à solução de problemas em um contexto de decisão multicritério é hoje talvez o mais extensivamente usado em todo o mundo. Trata-se do método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), desenvolvido pelo Prof. Thomas L. Saaty em meados da década de 1970 [15], segundo o qual o problema de decisão pode ser decomposto em níveis hierárquicos, facilitando, assim, sua compreensão e avaliação. Em contraste com esse método e com a teoria da utilidade multiatributo, frequentemente considerados como os métodos multicritério mais representativos da chamada *Escola Americana*, outra série de métodos foi desenvolvida na Europa, por vezes denominados, em seu conjunto, a *Escola Francesa* do Apoio Multicritério à Decisão (AMD). Esses métodos permitem uma modelagem mais flexível do problema, pois não admitem necessariamente a comparabilidade entre todas as alternativas, além de não imporem ao analista de decisões uma estruturação hierárquica dos critérios existentes [15].

Os métodos de tomada de decisão multicritério (MCDM) são frequentemente usados como auxílio na resolução de diferentes categorias de problemas de decisão que podem surgir em vários campos. Nas últimas décadas, os métodos MCDM têm sido usados para auxiliar os tomadores de decisão a organizar e sintetizar informações de uma maneira que os levam a sentirem-se seguros em tomar decisões, examinando vários critérios (fatores) que são geralmente conflitantes [16].

Além da divisão dos métodos de tomada de decisão em Escolas, pode-se citar também a classificação por tipo de problema [15]. Os problemas de decisão podem ser de quatro tipos: a) problema de seleção: a meta é selecionar a melhor alternativa ou reduzir o conjunto de opções a um subconjunto de boas alternativas equivalentes ou incomparáveis; b) problema de ranqueamento ou ordenação: alternativas são ordenadas da melhor para a pior por meio de notas ou comparações para a par. A ordem pode ser completa ou parcial, se alternativas incomparáveis são consideradas; c) problema de classificação: alternativas são separadas em grupos ordenados e pré-definidos, chamados categorias. O objetivo é agrupar as alternativas com comportamentos ou características similares por razões descritivas, organizacionais ou preditivas; d) problema de descrição: a meta é descrever alternativas e suas consequências, sendo feito, geralmente, como primeiro passo na compreensão das características do problema de decisão em estudo. A Figura 1 ilustra alguns métodos MCDA e o seu uso por tipo de problema.

Problemas de Seleção	Problemas de Ordenação	Problemas de Classificação	Problemas de Descrição
AHP	AHP	AHPShort	
ANP	ANP		
MAUT-UTA	MAUT-UTA	UTADIS	
PROMETHEE	PROMETHEE	FlowSort	GAIA
ELECTRE I	ELECTRE III	ELECTRE - Tri	
TOPSYS	TOPSYS		
DEA	DEA		

Figura 1 - Métodos MCDA por tipo de problema [15]

D. Método PROMETHEE

Os métodos PROMETHEE I (ordenação parcial) e PROMETHEE II (ordenação completa) foram desenvolvidos por J.P. Brans e apresentados pela primeira vez em 1982 [17]. No mesmo ano, várias aplicações usando essas metodologias já foram empregadas por G. Davignon [17], na área de saúde. Alguns anos depois, J.P. Brans e B. Mareschal [17] desenvolveram o PROMETHEE III (ordenação com base em intervalos) e o PROMETHEE IV (caso contínuo) [17].

Os mesmos autores propuseram em 1988 o módulo interativo visual GAIA, que fornece uma representação gráfica interessante, apoiando a metodologia PROMETHEE [17]. Em 1992 e 1994 [17], J.P. Brans e B. Mareschal sugeriram ainda duas oportunas extensões: PROMETHEE V (MCDA incluindo restrições de segmentação) e PROMETHEE VI (representação do cérebro humano) [17]. Um número considerável de aplicações bem-sucedidas foi tratado pela metodologia PROMETHEE em vários campos, como Instituições Financeiras, Localização Industrial, Planejamento de Recursos Humanos, Recursos Hídricos, Investimentos Financeiros, Medicina, Química, Assistência Médica, Turismo, Gerenciamento Dinâmico, entre outras. A principal razão pelo sucesso da metodologia se deve, basicamente, às suas propriedades matemáticas e à sua facilidade de uso [17].

Os métodos PROMETHEE usam comparações pareadas entre as alternativas, utilizando os seus desempenhos critério a critério, a fim de dispor as alternativas em ordem de prioridade. Além disso, utilizam o conceito de funções de preferência, com a possibilidade de associar a estas funções limites de indiferença e de preferência estrita. Dessa forma, de acordo com as diferenças dos desempenhos existentes entre as alternativas, o decisor poderá variar o grau de preferência (ou índice de credibilidade) de uma alternativa em relação à outra [18].

O método é dividido em três etapas [19], descritas a seguir:

- a) Cálculo dos graus de preferência para todo o par ordenado de alternativas em relação a cada critério:

Se considerada a função de preferência linear com q e p sendo, respectivamente, os limiares de indiferença e de preferência, para critérios a serem maximizados, o grau de preferência π_{ij}^k é calculado formalmente conforme a Equação (1).

$$\pi_{ij}^k = \begin{cases} 0 & \text{se } f_k(a_i) - f_k(a_j) \leq q \\ \frac{[f_k(a_i) - f_k(a_j) - q]}{[p - q]} & \text{se } q < f_k(a_i) - f_k(a_j) < p \\ 1 & \text{se } f_k(a_i) - f_k(a_j) \geq p \end{cases} \quad (1)$$

onde $f_k(a_i)$ representa o desempenho da alternativa a_i no critério k .

Se considerada a função de preferência Gaussiana, Equação (2), onde s representa o ponto de inflexão, tem-se que o grau de preferência π_{ij}^k expressa o quanto a alternativa a_j é preferível à alternativa a_i de acordo com o decisor;

As grandezas π_{ij}^k e π_{ji}^k não são números simétricos, mas respeitam a condição $0 \leq \pi_{ij}^k + \pi_{ji}^k \leq 1$.

$$\pi_{ij}^k = \begin{cases} 1 - \exp\left(\frac{-(f_k(a_i) - f_k(a_j))^2}{2s^2}\right) & \text{se } f_k(a_i) - f_k(a_j) \geq 0 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (2)$$

b) Cálculo dos fluxos uni-critério:

Os fluxos positivos e negativos resumem os graus de preferência ordenados em uma pontuação única para cada alternativa:

O fluxo positivo indica o quanto uma alternativa é preferível, de acordo com o juízo de valor do decisor, em relação a todas as outras alternativas, em relação a um particular critério. Quanto maior for este fluxo positivo, mais preferível é uma alternativa comparada às demais. O seu cálculo é realizado conforme a Equação (3), onde n representa o número de alternativas avaliadas e k representa o critério considerado:

$$\Phi_k^+(a_i) = \frac{\sum_{j=1}^n \pi_{ij}^k}{n - 1} \quad (3)$$

O fluxo negativo, de forma análoga, mede o quanto as demais alternativas são preferíveis a uma alternativa específica e é obtido tomando uma média de todos os graus de preferência das alternativas comparadas a uma alternativa particular. O seu cálculo é realizado conforme a Equação (4):

$$\Phi_k^-(a_i) = \frac{\sum_{j=1}^n \pi_{ji}^k}{n - 1} \quad (4)$$

O fluxo líquido tem o objetivo de levar em conta tanto os aspectos positivos quanto os negativos de uma alternativa, sendo obtido pela diferença dos fluxos negativo e positivo, conforme Equação (5), para $i = 1, \dots, n$. e $k = 1, \dots, m$:

$$\Phi_k(a_i) = \Phi_k^+(a_i) - \Phi_k^-(a_i). \quad (5)$$

c) Cálculo dos fluxos globais.

Tem como objetivo consolidar em uma medida única de fluxo a contribuição de todos os critérios, sendo necessário que o decisor forneça a importância relativa de cada critério [19]. A Equação (6) apresenta a expressão de cálculo do fluxo líquido global da alternativa a_i :

$$\Phi(a_i) = \sum_{k=1}^m w_k * \Phi_k(a_i) \quad (6)$$

Com base nos fluxos líquidos globais, é obtida uma ordenação das alternativas e com base em fluxos líquidos uni-critério é gerada uma representação gráfica do problema de decisão, denominada Plano Gaia.

A seguir, são relacionadas as versões da família de métodos PROMETHEE [19]:

a) PROMETHEE I - a ordenação obtida corresponde a uma pré-ordem parcial, pois pode existir uma relação de

incomparabilidade entre as alternativas. É baseado no emprego dos fluxos positivo e negativo globais [19];

b) PROMETHEE II - a relação de incomparabilidade entre as alternativas não é permitida nesta versão, que gera uma pré-ordem total ou completa. É baseado no emprego do fluxo líquido global [12];

c) PROMETHEE III - é obtida uma ordem por intervalos, uma vez que este método trabalha com limites variáveis [19];

d) PROMETHEE IV - generaliza a versão II para o caso de um número infinito de alternativas [19];

e) PROMETHEE V - amplia a aplicação do PROMETHEE II, sendo apropriado para o caso em que é necessário selecionar um subconjunto de alternativas, dentre as consideradas, em razão de restrições existentes no problema [19];

f) PROMETHEE VI - auxilia o decisor na determinação dos coeficientes de importância associados aos critérios, de modo a melhorar a expressão de suas preferências [19].

E. O Plano Gaia

O plano Gaia é uma representação bidimensional de um problema de decisão. Ele contém todos os aspectos de um problema de decisão: as alternativas, os critérios e a informação de preferência do tomador de decisão (limiars e pesos) [15].

A posição das alternativas dá ao decisor alguma ideia quanto a sua similaridade: quanto mais próximas as alternativas, mais similares elas são. A similaridade e não-similaridade são definidas pelos limiars de indiferença e de preferência. Isto implica que o plano Gaia depende da informação de preferência dada pelo decisor [15].

De maneira análoga, a posição relativa do critério indica a correlação e a contraposição (ou conflito) dos critérios. Quanto mais próximas forem as setas, mais correlacionados são os critérios no problema de decisão. Quanto maior for o ângulo entre os critérios, maior será o conflito entre eles. O comprimento de uma seta de critério mede o seu poder de discriminação ou diferenciação como uma função dos dados [15].

Quanto mais diferentes forem as alternativas em relação a um critério, mais longa será a seta e assim mais discriminador (diferenciador) será o critério. O poder de diferenciação de um critério depende dos limiars escolhidos e dos pesos correspondentes. Quanto maior o limiar de indiferença, menos discriminador será um critério.

O plano Gaia permite a visualização de pontos de vista conflitantes. Entretanto, uma vez que esta é apenas uma representação bidimensional, a projeção resulta em uma perda de informação que faz com que o plano Gaia seja menos preciso ou menos representativo no problema de decisão. A quantidade de informação preservada depende dos dados e do número de critérios. Como consequência da perda de informações, a ordenação obtida pela projeção sobre a seta de decisão não corresponde, necessariamente, à ordenação fornecida pelo PROMETHEE II [15].

Para construção do Plano Gaia, são empregados os fluxos líquidos uni-critério globais calculados pelo método PROMETHEE, reunidos em uma representação matricial,

onde cada linha representa uma alternativa e cada coluna representa um critério. Para representar esta matriz graficamente em duas dimensões, o método Gaia emprega a técnica estatística de análise de componentes principais (PCA). São calculados os autovalores e autovetores da matriz, de forma que os autovetores correspondentes aos dois maiores autovalores são utilizados para definição do Plano Gaia. Detalhes sobre o procedimento matemático para construção do Plano Gaia podem ser encontrados em [15].

F. Método AHP

O método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) foi desenvolvido por Thomas L. Saaty em meados da década de 1970 [15] no intuito de promover a superação das limitações cognitivas dos tomadores de decisão. Talvez a tarefa mais criativa de tomar uma decisão seja escolher os fatores que são importantes para essa decisão. No processo de avaliação analítica, esses fatores, uma vez selecionados, são organizados em uma estrutura hierárquica que parte de um nível superior, representando a meta geral do problema, e segue para níveis inferiores representando critérios, subcritérios e alternativas [20].

O método AHP transforma as comparações, muitas vezes empíricas, em valores numéricos que são processados e comparados. A determinação do peso de cada um dos fatores relevantes na análise permite a avaliação de cada um dos elementos dentro da hierarquia definida. Essa capacidade de conversão de dados empíricos em modelos matemáticos é o principal diferencial do AHP com relação a outras técnicas comparativas. A partir do momento em que todas as comparações foram efetuadas e os pesos relativos entre os critérios a serem avaliados foi estabelecida, o valor de priorização de cada uma das alternativas é calculado. Esse valor de priorização determina o grau de preferência de a alternativa frente a sua capacidade em atender a meta estabelecida. Depois de organizada a hierarquia de decisão, é feita a comparação pareada entre os critérios de acordo com a Escala Fundamental de Saaty, apresentada na Figura 2 [21].

1	Igual Importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma para outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza
2,4,6,8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre as duas definições

Figura 2 - Escala Fundamental de Saaty [21]

Uma vez que a matriz de comparação tenha sido completada, pode ser calculado o vetor de priorização correspondente.

O cálculo de prioridades ou preferências é a essência da estratégia matemática na qual se baseia o método AHP. Diferentes estratégias têm sido propostas para calcular o vetor de prioridades a partir de uma matriz de comparação aos pares, destacando-se os seguintes métodos:

- a) método aproximado: emprega apenas somas e médias;
- b) método do autovalor: calcula não somente as prioridades, mas também a permite o cálculo da inconsistência;

c) média geométrica: proposto para resolver uma situação especial no método do autovalor [22].

A seguir, são apresentadas as etapas de aplicação do método aproximado [20]:

- a) Soma dos elementos de uma coluna j :

$$s_j = \sum_{i=1}^n a_{ij}, j = 1, \dots, n \tag{7}$$

- b) Normalização dos valores de comparação:

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{s_j}, \text{ para } i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, n \tag{8}$$

- c) Cálculo do vetor prioridade pela média da linha i :

$$p_i = \frac{\sum_{j=1}^n n_{ij}}{n}, i = 1, \dots, n \tag{9}$$

Uma vez calculado o vetor de priorização, pode ser efetuada a avaliação da consistência a fim de detectar possíveis contradições nos valores da matriz de comparação. Quando várias comparações pareadas são efetuadas, elas podem contradizer uma a outra. Entre os motivos para a existência de contradições, citam-se: a) definição vaga do problema; b) falta de informação suficiente; c) incerteza de informações; d) falta de concentração no momento da comparação [22]. Quando empregado o método AHP, aceita-se uma inconsistência de até 10% quando comparada à inconsistência média de 500 matrizes de comparação geradas aleatoriamente. Estes valores médios são denominados Índice Aleatório (RI) ou Consistência Aleatória (CA). Quando verificada uma inconsistência na matriz de comparação superior a este limiar, uma nova matriz deve ser gerada [22].

Vários são os métodos propostos para medir inconsistência, entretanto o mais comumente utilizado foi desenvolvido por Saaty [20]. Ele propôs o Índice de Consistência (CI), o qual está relacionado como o método do autovalor. A Equação (10) mostra o CI .

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \tag{10}$$

A equação (11) mostra o cálculo da razão de consistência (CR).

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{11}$$

Para determinação da razão de consistência, é necessário o cálculo do maior autovalor λ_{max} da matriz de comparação. Para o seu cálculo, pode ser empregada a seguinte estratégia:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} p_j = \lambda_{max} p_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

Uma vez que $\sum_{i=1}^n p_i = 1$, tem-se:

$$\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} p_j \right) = \lambda_{max} \sum_{i=1}^n p_i = \lambda_{max} \quad (13)$$

III. MATERIAL E MÉTODOS

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um modelo de decisão multicritério, em conjunto com a aplicação de um método de análise multicritério, para auxiliar os responsáveis pela gestão do portfólio de projetos das empresas, a fim de assegurar que o investimento realizado seja o mais assertivo possível.

Para desenvolvimento da abordagem multicritério deste estudo, as seguintes etapas foram realizadas:

- definição dos objetivos;
- definição das alternativas;
- definição dos critérios relevantes para o problema de decisão;
- avaliação das alternativas em relação dos critérios;
- avaliação da importância relativa de cada critério;
- determinação da avaliação global de cada alternativa.

Estas etapas são realizadas pelo tomador de decisão em conjunto com os responsáveis pela estratégia da organização, consistindo no alinhamento do objetivo estratégico da empresa em relação a seu portfólio de projetos.

Com a etapa de definição do objetivo concluída, passou-se à etapa de identificação das alternativas a serem consideradas no estudo. As alternativas foram definidas de acordo com o alinhamento estratégico da organização.

Também para compor a construção do modelo de decisão, foram investigados trabalhos da literatura a fim de identificar os critérios relevantes para o problema de seleção de portfólio de projetos. Em [3], [4] e [5], a gestão de portfólio é discutida com referência a diferentes trabalhos que utilizaram a abordagem de decisão multicritério para apoio à tomada de decisão relacionada à gestão de portfólio de projetos. O conjunto de critérios discutidos nestes trabalhos foi adaptado à situação abordada no presente estudo. Portanto, para construção do modelo de decisão, foram definidos os seguintes critérios:

- Segurança – esse critério demonstra o risco potencial possível de ser eliminado por cada projeto, na possibilidade de sua realização. É um critério qualitativo, estando associado a medidas de riscos ergonômicos que determinam a maneira como o risco é classificado, podendo ser avaliado como: leve, médio, alto e extremo. A cada nível de classificação de eliminação do risco, é associada uma medida quantitativa, tendo sido definidas as pontuações 0, 1, 3 e 5, respectivamente;
- Qualidade – esse critério representa o quanto cada projeto assegura padrões de repetibilidade e qualidade após sua implementação. É um critério qualitativo, estando associado à eliminação da influência do operador,

podendo ser classificado como: não altera, nenhuma, baixa, média e alta.

A cada nível de eliminação da influência do operador, é associada uma medida quantitativa, tendo sido definidas as pontuações 0, 1, 2, 4 e 5, respectivamente;

c) Mão de obra – esse critério representa a redução na necessidade de mão de obra que cada projeto pode trazer. Esse critério é quantitativo e está ligado diretamente ao percentual de redução de mão de obra decorrente da realização do projeto;

d) Criticidade - esse critério está relacionado à complexidade de implementação de cada projeto. É um critério qualitativo que avalia o esforço necessário de adaptação à nova condição caso o projeto seja realizado, sendo medido como: alternativas são: Fluxo Completo, Fluxo Simples e Nova Tecnologia. Para cada nível de esforço são definidas as pontuações 1, 2 e 5, respectivamente;

e) Financeiro – esse critério está diretamente relacionado ao dispêndio financeiro para realização de cada projeto. É um critério quantitativo, sendo avaliado de acordo com o valor de investimento exigido pelo projeto.

Para finalizar o processo de construção do modelo de decisão, passou-se para a etapa de entrada ad pontuação do desempenho de cada projeto em relação a cada critério presente no modelo. Estas pontuações são fornecidas pelo usuário decisor.

Em seguida, a fim de resolver o problema de seleção do portfólio de projetos, foi empregada uma abordagem de análise multicritério baseada no emprego dos métodos AHP e PROMETHEE II, de maneira associada e seguindo as seguintes etapas:

Etapa 1: método AHP:

- estruturação do problema na forma hierárquica;
- construção da matriz de comparação dos critérios;
- cálculo do vetor de priorização dos critérios pelo uso do método aproximado definido pelas equações (7) a (9);
- avaliação da consistência da matriz de comparação pelo emprego das equações (10) a (13).

Etapa 2: método PROMETHEE II:

- cálculo dos graus de preferência, para todo o par ordenado de alternativas, em relação a cada critério presente no modelo, pelo emprego da equação (1);
- cálculo dos fluxos positivo e negativo unicritério, pelo emprego das equações (3) e (4);
- cálculo dos fluxos líquidos unicritério, pelo emprego da equação (5);
- cálculo dos fluxos globais pelo emprego da equação (6), onde são utilizados os pesos dos respectivos critérios, calculados pelo método AHP.

O método AHP é utilizado para avaliar o grau de importância do conjunto de critérios definidos para o estudo, pela construção da matriz de comparação, com as devidas verificações de consistência e cálculo de prioridade. Por sua vez, o método PROMETHEE II é utilizado para avaliar o desempenho do conjunto de alternativas em relação ao conjunto de critérios, por meio do cálculo dos fluxos unicritério o global. Com isso, é gerada como saída uma lista dos projetos avaliados, ordenadas de acordo com a importância

que cada projeto pode ter para a organização, frente aos juízos de valor utilizados no modelo.

IV. RESULTADOS

Para o desenvolvimento da abordagem de decisão multicritério, foi realizado um estudo sobre a atual forma de tomada de decisão praticada numa empresa do ramo metalmeccânico. Na sequência, é descrita a funcionalidade do modelo proposto e a utilização dos métodos empregados.

A. Criação do Modelo

Para aplicação da metodologia descrita na seção III deste trabalho, as seguintes etapas foram realizadas:

- a) Foi realizada uma consulta junto aos representantes dos três níveis hierárquicos de uma organização com relação à forma como as decisões relacionadas à gestão do portfólio de projetos são tomadas;
- b) Com base nas respostas apresentadas, foi construído um relatório quantitativo que permitiu identificar os critérios utilizados para seleção dos projetos atuais;
- c) De acordo com os dados do relatório, os critérios relevantes para o problema de decisão foram definidos. Estes critérios são apresentados na Figura 3, com a indicação da respectiva ponderação atualmente utilizada na empresa.

PESO GERAL	SEGURANÇA		TOTAL	PESO GERAL	QUALIDADE		TOTAL
	RISCOS ERGONÔMICOS				INFLUÊNCIA DO OPERADOR		
5	LEVE	0	4	Não altera	0		
	MEDIO	1		Nenhuma	1		
	ALTO	3		Baixa	2		
	EXTREMO	5		Média	4		
				Alta	5		

PESO GERAL	CRITICIDADE		TOTAL	PESO GERAL	MÃO DE OBRA		TOTAL	PESO GERAL	FINANCEIRO	
	COMPLEXIBILIDADE PARA IMPLANTAÇÃO				REDUÇÃO DO NÚMERO DE OPERADORES				INVESTIMENTO	
2	Fluxo completo	1	3	Valor em %	1	Valor em R\$				
	Fluxo simples	2								
	Nova tecnologia	5								

Figura 3 - Matriz de critérios

Após essa etapa, verificou-se a compatibilidade dos critérios adotados pela empresa com os critérios identificados em trabalhos da literatura. Com isso, os seguintes critérios foram definidos:

- a) Segurança: é assumido como critério de maximização, uma vez que, quanto maior o risco eliminado, maior será a pontuação do projeto;
- b) Qualidade: é assumido como critério de maximização, uma vez que, quanto mais a operação está na mão do operador, mais se tem a necessidade de investir no projeto para automatizar esta operação;
- c) Mão de obra: é assumido como critério de maximização, pois quanto maior a redução da mão de obra, menor será o *payback* do projeto;
- d) Criticidade: é assumido como critério de minimização, pois quanto mais simples for a implementação do projeto, mais rápido o novo processo se estabilizará;
- e) Financeiro: é assumido como critério de minimização, pois quanto menor o investimento para se conseguir um

resultado, melhor será para a segurança financeira da empresa.

B. Utilização dos Métodos AHP e PROMETHEE

Por meio do uso da escala fundamental de Saaty [21], e seguindo as etapas descritas na seção E, a seguinte sequência de etapas foi realizada:

- a) avaliar a importância relativa de cada critério;
- b) determinar a avaliação global de cada alternativa.

Para a ponderação dos critérios, inicialmente foi construída a representação hierárquica do problema de decisão. Em seguida os critérios foram comparados para a par, de acordo com a Escala Fundamental (Figura 2), determinando-se o grau de importância de cada um em relação ao outro. Os resultados das comparações foram organizados na matriz de comparação apresentada na Figura 4.

	SEGURANÇA	QUALIDADE	MÃO DE OBRA	CRITICIDADE	FINANCEIRO
SEGURANÇA	1	2	5	7	9
QUALIDADE	0,5	1	2	5	7
MÃO DE OBRA	0,2	0,5	1	2	5
CRITICIDADE	0,142857143	0,2	0,5	1	2
FINANCEIRO	0,111111111	0,142857143	0,2	0,5	1
SOMA	1,953968254	3,842857143	8,7	15,5	24

Figura 4 - Matriz de comparação dos critérios

Com a construção da matriz de comparação, foi aplicado o método aproximado para o cálculo do vetor de priorização, de acordo com as Equações (7) a (9). Em seguida, foi efetuada a avaliação da consistência a fim de detectar possíveis contradições nos valores de comparação. A Figura 5 mostra os resultados intermediários deste cálculo, sendo apresentado o valor do maior autovalor, calculado de acordo com a Equação (13).

	SEGURANÇA	QUALIDADE	MÃO DE OBRA	CRITICIDADE	FINANCEIRO	VETOR PRIORIZAÇÃO	
						Média	Taxa inconsistência
SEGURANÇA	0,51177904	0,5204461	0,574712644	0,4516129	0,375	48,67%	2,521964977
QUALIDADE	0,25588952	0,26022305	0,229885057	0,32258065	0,29166667	27,20%	1,38712408
MÃO DE OBRA	0,10235581	0,13011152	0,114942529	0,12903226	0,20833333	13,70%	0,693464559
CRITICIDADE	0,07311129	0,05204461	0,057471264	0,06451613	0,08333333	6,61%	0,334893606
FINANCEIRO	0,05686434	0,03717472	0,022988506	0,03225806	0,04166667	3,82%	0,191572185
					Soma		5,129019408

Figura 5 - Matriz de consistência

Uma vez obtido o valor do maior autovalor, a taxa de consistência CR é obtida pela aplicação das equações (10) e (11). A Figura 6 mostra que a taxa de consistência calculada foi de 2,9%, o que de acordo com Saaty e Vargas [22] é um valor aceitável, por ser menor que 10%. Portanto, conclui-se que os valores do vetor de ponderação dos critérios são adequados para a aplicação.

	Índice de consistência	Taxa de consistência
	CI	CR
	3,2%	2,9%

n	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Através de um CR menor que 10%, conclui-se que a matriz de priorização está consistente.

Figura 6 - Taxa de consistência

Para avaliação das alternativas pelo método PROMETHEE, os 20 projetos considerados no estudo tiveram os seus valores de desempenho definidos para cada um dos critérios definidos no modelo de decisão. Estes valores foram reunidos na matriz de desempenho, apresentada na Figura 7.

PROJETOS	AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS				
	SEGURANÇA	QUALIDADE	MÃO DE OBRA	CRITICIDADE	FINANCEIRO
P1	0	0	0,00	1	0
P2	0	1	0,05	1	2000
P3	1	2	0,10	2	20000
P4	3	4	0,20	5	200000
P5	5	5	0,25	5	800000
P6	1	2	0,00	2	50000
P7	1	2	0,00	2	25000
P8	3	1	0,00	1	30000
P9	5	1	0,00	1	250000
P10	5	5	0,00	1	950000
P11	5	5	0,00	1	1000000
P12	3	2	0,05	1	1300000
P13	3	0	0,20	2	150000
P14	1	0	0,10	2	25000
P15	1	0	0,00	2	75000
P16	1	1	0,00	1	25000
P17	1	2	0,00	1	80000
P18	3	1	0,10	1	800000
P19	1	1	0,05	1	250000
P20	1	2	0,05	2	100000

Figura 7 - Matriz de desempenho

Para aplicação do método PROMETHEE, foram determinados os limiares de indiferença (q) e de preferência (p), com base nos valores atribuídos a cada critério e incorporado o vetor priorização (w) de cada critério, calculado pelo método AHP. A Figura 8 mostra esses valores.

q	1	1	0,05	1	25000
p	3	3	0,25	3	250000
w	0,487	0,272	0,137	0,066	0,038

Figura 8 - Limiares e ponderação dos critérios

Após esta etapa de determinação dos limiares, seguem-se as etapas do método PROMETHEE, descritas a seguir:

a) Cálculo dos graus de preferência para todo o par ordenado de alternativas sobre cada critério:

Nesta etapa, para cada critério, foram construídas duas matrizes: uma para armazenar o valor da diferença entre os desempenhos de cada par ordenado de alternativas, e outra matriz para armazenar o valor do grau de preferência, calculado de acordo com a Equação (1). Para o conjunto de cinco critérios, foi construído um total de 10 matrizes com 400 campos cada uma. A Figura 9 ilustra uma porção destas matrizes.

Matrizes de Fluxo Unicritério						
SEGURANÇA						
	DIFERENÇA	1	2	PREFERÊNCIA	1	MAX
1	P1	P1	P2	P1	P1	P2
1	P1	0	0	P1	0	0
2	P2	0	0	P2	0	0
3	P3	1	1	P3	0	0
4	P4	3	3	P4	1	1
5	P5	5	5	P5	1	1
6	P6	1	1	P6	0	0
7	P7	1	1	P7	0	0
8	P8	3	3	P8	1	1
9	P9	5	5	P9	1	1

Figura 9 - Matrizes de diferença e graus de preferência

b) Cálculo dos fluxos uni-critério:

Nesta etapa, são calculados os fluxos positivos e negativos que consolidam os graus de preferência ordenados em uma pontuação única para cada alternativa. Para este cálculo são utilizadas as Equações (3) a (5).

Projeto	FPg	FNg	Flg	Representação
P1	0,025583627	0,35420201	-0,328618383	0,335690808 3,36%
P2	0,025422825	0,300434663	-0,275011838	0,362494081 3,62%
P3	0,070766751	0,223828549	-0,153061798	0,423469101 4,23%
P4	0,437025341	0,127410233	0,309615107	0,654807554 6,55%
P5	0,68412266	0,092766987	0,591355673	0,795677837 7,96%
P6	0,050825655	0,240520388	-0,189694733	0,405152634 4,05%
P7	0,052389007	0,240046915	-0,187657908	0,406171046 4,06%
P8	0,1899457	0,132004113	0,057941587	0,528970794 5,29%
P9	0,362827884	0,099844363	0,262983521	0,63149176 6,31%
P10	0,584105008	0,055810251	0,528294756	0,764147378 7,64%
P11	0,583881672	0,056926931	0,52695474	0,76347737 7,63%
P12	0,202100238	0,152151677	0,049948561	0,52497428 5,25%
P13	0,258960642	0,159885455	0,099075187	0,549537594 5,50%
P14	0,041772678	0,273942837	-0,232170159	0,383914921 3,84%
P15	0,021027572	0,29215336	-0,271125788	0,364437106 3,64%
P16	0,023752271	0,247206099	-0,223453828	0,388273086 3,88%
P17	0,049485639	0,24239641	-0,192910772	0,403544614 4,04%
P18	0,196173965	0,145864642	0,050309323	0,525154661 5,25%
P19	0,017007524	0,255538219	-0,238530695	0,380734652 3,81%
P20	0,048770963	0,233013517	-0,184242553	0,407878723 4,08%

Figura 10 - Cálculo dos fluxos uni-critério

c) Cálculo dos fluxos globais:

Esta etapa tem como objetivo levar em conta o desempenho de cada alternativa em todos os critérios, simultaneamente. Para o cálculo do fluxo líquido global, é empregada a Equação (6). A Figura 10 destaca em vermelho os fluxos positivos e negativos globais e a Figura 11 destaca em vermelho os fluxos líquidos globais.

Projeto	FPg	FNg	Flg	Representação
P1	0,025583627	0,35420201	-0,328618383	0,335690808 3,36%
P2	0,025422825	0,300434663	-0,275011838	0,362494081 3,62%
P3	0,070766751	0,223828549	-0,153061798	0,423469101 4,23%
P4	0,437025341	0,127410233	0,309615107	0,654807554 6,55%
P5	0,68412266	0,092766987	0,591355673	0,795677837 7,96%
P6	0,050825655	0,240520388	-0,189694733	0,405152634 4,05%
P7	0,052389007	0,240046915	-0,187657908	0,406171046 4,06%
P8	0,1899457	0,132004113	0,057941587	0,528970794 5,29%
P9	0,362827884	0,099844363	0,262983521	0,63149176 6,31%
P10	0,584105008	0,055810251	0,528294756	0,764147378 7,64%
P11	0,583881672	0,056926931	0,52695474	0,76347737 7,63%
P12	0,202100238	0,152151677	0,049948561	0,52497428 5,25%
P13	0,258960642	0,159885455	0,099075187	0,549537594 5,50%
P14	0,041772678	0,273942837	-0,232170159	0,383914921 3,84%
P15	0,021027572	0,29215336	-0,271125788	0,364437106 3,64%
P16	0,023752271	0,247206099	-0,223453828	0,388273086 3,88%
P17	0,049485639	0,24239641	-0,192910772	0,403544614 4,04%
P18	0,196173965	0,145864642	0,050309323	0,525154661 5,25%
P19	0,017007524	0,255538219	-0,238530695	0,380734652 3,81%
P20	0,048770963	0,233013517	-0,184242553	0,407878723 4,08%

Figura 11 - Cálculo dos fluxos globais

Por meio da aplicação combinada dos métodos AHP e PROMETHEE, foi possível obter uma ordenação dos 20 projetos avaliados no estudo. Esse número pode ser maior com a adaptação dos campos das matrizes utilizadas no cálculo. Para a ordenação final obtida, o Projeto 5 se mostrou o mais atrativo para investimento, seguido dos Projetos 10 e 11. Os demais projetos passam a ter uma diferença superior a 1% nos valores de preferência obtidos pelo método. A Figura 12 mostra a tabela com a ordenação decrescente dos projetos avaliados.

Classificação	Projeto	Representatividade	Diferença
1	P5	7,96%	3,96%
2	P10	7,64%	0,09%
3	P11	7,63%	14,23%
4	P4	6,55%	3,56%
5	P9	6,31%	12,98%
6	P13	5,50%	3,74%
7	P8	5,29%	0,72%
8	P18	5,25%	0,03%
9	P12	5,25%	19,34%
10	P3	4,23%	3,68%
11	P20	4,08%	0,42%
12	P7	4,06%	0,25%
13	P6	4,05%	0,40%
14	P17	4,04%	3,78%
15	P16	3,88%	1,12%
16	P14	3,84%	0,83%
17	P19	3,81%	4,28%
18	P15	3,64%	0,53%
19	P2	3,62%	7,39%
20	P1	3,36%	

Figura 12 -Tabela de ordenação

Nesse contexto, o projeto menos atrativo para investimento foi o Projeto 1. Sua diferença é de 42,21% em relação a atratividade do Projeto 5. Sem o uso desta abordagem científica e sistemática para auxiliar na tomada de decisão, o encarregado pela decisão não teria como avaliar a proporção de diferença entre os projetos preferíveis daqueles não indicados.

Outro resultado gerado pelo emprego do método PROMETHEE é o Plano Gaia, que possibilita uma análise qualitativa dos resultados do estudo de decisão. Para geração desta representação do Plano Gaia, os fluxos uni-critério são empregados em um procedimento de cálculo descrito no trabalho de Ishizaka e Nemery [15] e resumido na seção II.E. Com base nesta teoria, foi desenvolvida uma rotina no software MATLAB para geração do plano Gaia.

De acordo com a Figura 13, é possível observar que os critérios utilizados no estudo se mostram conflitantes, uma vez que as linhas dos critérios estão espaçadas uma da outra. Esta é uma característica desejada, pois mostra que cada critério é capaz de avaliar um aspecto diferente das alternativas, isto é, dos projetos avaliados. Além disso, por seu comprimento maior, os critérios Financeiro e Criticidade se mostram como os com maior capacidade para diferenciar as alternativas. Ainda, as setas em sentidos opostos do critério Financeiro em relação aos critérios Segurança e Qualidade mostra que eles são conflitantes, ou seja, para se ter uma maior Qualidade ou Segurança em um projeto, isto implicará em um maior dispêndio de recursos.

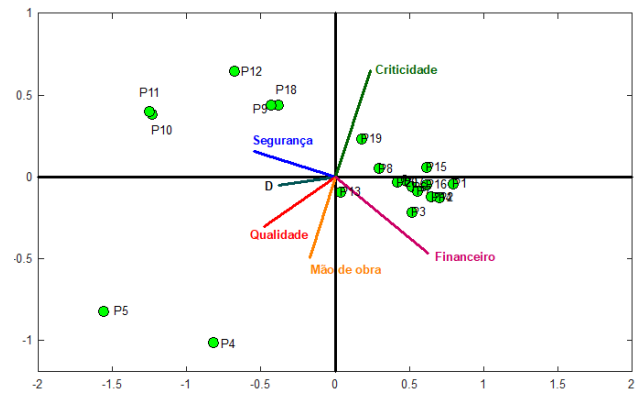


Figura 13 - Plano Gaia

Com relação às alternativas, percebe-se que os cinco projetos de maior prioridade se encontram do lado para onde a linha de decisão D se direciona, isto é, do lado esquerdo do gráfico. Avaliando os dois primeiros projetos na ordenação, o Projeto 5 está alinhado com os critérios Qualidade e Mão de Obra, enquanto o Projeto 10 está alinhado com o critério Segurança. Apesar deste critério ter o maior peso na análise de decisão, o duplo alinhamento do Projeto 5 o favorece. Devido à proximidade entre os projetos, percebe-se uma semelhança muito grande entre os Projetos 10 e 11, assim como entre os Projetos 9 e 18. Em contraposição, os Projetos 1 e 15 estão distantes dos Projetos 5 e 4, representando a grande diferença existente entre os Projetos.

V. CONCLUSÕES

Neste trabalho, foi mostrado o desenvolvimento de um modelo de decisão multicritério em conjunto com a aplicação de um método de análise multicritério que auxilie os responsáveis pela tomada de decisão na gestão de portfólio de projetos numa organização. Para sua construção, foi realizada uma consulta junto aos encarregados pela gestão de portfólio na empresa, tendo sido realizado um levantamento qualitativo dos atributos utilizados, sendo comparados com critérios evidenciados na literatura.

O modelo foi criado com emprego dos métodos AHP e PROMETHEE para compor a metodologia estabelecida composta pelas seguintes etapas: a) consulta qualitativa; b) definição das alternativas e dos critérios; c) avaliação do desempenho das alternativas em cada critérios; d) determinação da ponderação de cada critério pelo método AHP; k) priorização dos 20 projetos pelo método PROMETHEE.

A matriz de comparação dos critérios, através do cálculo da taxa de consistência, trouxe um valor de 2,9%, o que a torna confiável. A partir disso, os testes realizados com 20 projetos trouxeram resultados satisfatórios. Pode-se perceber a diferença de 42,21% entre os projetos menos e mais atrativos. Além disso, o plano Gaia forneceu uma representação gráfica do problema, apoiando a metodologia PROMETHEE e permitindo uma avaliação qualitativa de aspectos relevantes do problema.

Conclui-se que a utilização de um modelo de apoio à tomada de decisão é útil para os gestores das empresas. Como destacado anteriormente, o modelo pode trazer diferenciações significativas entre os projetos e, sem esse método de apoio, o

decisor ficaria sem acesso a esta informação. Com isso, entende-se que a organização pode ter ganhos significativos com o uso desse modelo. No entanto, o método deve ser seguido à rigor, seus critérios e pesos devem estar alinhados estrategicamente com os objetivos da organização e toda a análise deve ser feita de forma estruturada e transparente.

Para futuras pesquisas, sugere-se o aumento no número de projetos a serem avaliados simultaneamente, porém esse aumento trará um maior número de interações com o decisor e necessitaria de mais informações e um maior cuidado quanto ao cumprimento do método e respeito aos critérios estabelecidos. Sugere-se também o uso de novos métodos, como exemplo o PROMETHEE IV, com o objetivo de avaliar de forma adequada o caso de aumento do conjunto de alternativas que está em constante crescimento. Além disso, uma coleta de dados de um horizonte mais longo seria uma tarefa a ser considerada em desenvolvimentos futuros deste modelo, pois as opiniões e avaliações de hoje podem ser diferentes de acordo com a mudança de cenário vindouro.

VI. BIBLIOGRAFIA

- [1] J. B. Barney, W. S. Hesterly, "Strategic Management and Competitive Advantage: Concepts," *Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall*, 2010.
- [2] S. Dožić, "Multi-criteria decision-making methods: application in the aviation industry.: Application in the aviation industry," *Journal of Air Transport Management*, [s.l.], v. 79, p. 969-997, 2019.
- [3] H. M. López, A. T. Almeida, "Utilizando PROMETHEE V para seleção de portfólio de projetos de uma empresa de energia elétrica," *Production*, [s.l.], v. 24, n. 3, p. 559-571, 2013.
- [4] H. A. T. Leão, E. D. Canedo, P. H. T. Costa, M. V. Okimoto, G. A. Santos, "Use of AHP and Promethee for Research Project Portfolio Selection," *Computational Science and its Applications*, p. 504-517, 2019.
- [5] J. Ma, J. D. Harstvedt, R. Jaradat, B. Smith, "Sustainability driven multi-criteria project portfolio selection under uncertain decision-making environment," *Computers & Industrial Engineering*, v. 140, p. 106-236, 2020.
- [6] P. Patanakul, "Principais atributos de eficácia no gerenciamento de portfólios de projetos," *Revista Internacional de Gerenciamento de Projetos*, v. 33, n. 5, p. 1084-1097, 2015.
- [7] F. Ghasemzadeh, N. P. Archer, "Project portfolio selection through decision support," *Decision Support Systems*, On-Canada, p. 73-88, 2000.
- [8] H. Rozenfeld, et al., "Gestão de desenvolvimento de produto: uma referência para a melhoria do processo," *São Paulo: Saraiva*, 2006.
- [9] F. Ghasemzadeh, N. Archer, P. Iyogun, "A zero-one model for project portfolio selection and scheduling," *Journal of the Operational Research Society*, v. 50, n. 7, p. 745-755, 1999.
- [10] L. F. A. M. Gomes, C. F. S. Gomes, "Princípios e métodos para tomada de decisão: enfoque multicritério," *São Paulo: Atlas*, 2019.
- [11] I. Chiavenato, "Introdução à teoria geral da administração," *São Paulo: McGraw-Hill*, 1983.
- [12] A. Uris, "O livro de mesa do executivo," São Paulo: *Pioneira*, 1989.
- [13] T. L. Saaty, "Decision making with the analytic hierarchy process," *Int. J. Services Sciences*, Vol. 1, n. 1, p.83-98, 2008.
- [14] C. Ragsdale, "Modelagem de planilha e análise de decisão: uma introdução prática a business analytics," *Cengage*, 2. ed., SP, 2017. Tradução: Foco Traduções. Revisão: J. L. Becker.
- [15] A. Ishizaka, P. Nemery, "Multi-criteria Decision Analysis: Methods and Software," *Chichester: John Wiley & Sons*, 2013.
- [16] V. Belton, T. Stewart, "Multi-Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach," Dordrecht: *Kluwer Academic Publishers*, 2002.
- [17] J. P. Brans, B. Mareschal, "Chapter 5: PROMETHEE methods. Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys," *Bruxelles*, p. 164-189, 2005.
- [18] V. Guendler, M. D. O. Duarte, A. T. Almeida, "Sistema de apoio à decisão multicritério para seleção de projetos," *XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 2009.
- [19] J. C. B. Queiroz, "Modelos e Métodos de Tomada de Decisão Para Apoio à Gestão Estratégica em Empresas," *Universidade Federal de Minas Gerais* (Tese de Doutorado), Cap. 3, 2009.
- [20] T. L. Saaty, "How to make a decision: The analytic hierarchy process," *European Journal of Operational Research*, Volume 48, p. 09-26, 1990.
- [21] M. M. Iañes, C. B. Cunha, "Uma metodologia para a seleção de um provedor logístico," *Revista Produção*, v.16, n.3, p. 394-412, 2006.
- [22] T. L. Saaty, L. G. Vargas, "Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process," *International Series in Operations Research & Management Science*, Springer US, 2012.