

## APLICAÇÃO DA METODOLOGIA MULTICRITÉRIO NA SELEÇÃO DE PROJETOS EM UMA INCUBADORA DE EMPRESAS DE PERNAMBUCO

**Rafael Gomes de Barros**

Bacharel em Administração pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE  
[rgb.adm@gmail.com](mailto:rgb.adm@gmail.com) (Brasil)

**Marcos Felipe Falcão Sobral**

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE  
Professor do Programa Pós-Graduação em Administração e do Departamento de Administração da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE  
[marcos\\_sobral@bol.com.br](mailto:marcos_sobral@bol.com.br) (Brasil)

### RESUMO

A seleção de projetos de incubação gera a responsabilidade de mantê-los em funcionamento por até três anos. Isso implica um investimento de médio a longo prazo por parte da iniciativa pública e privada, fazendo com que equívocos na seleção tenham consequências severas. Dessa forma, a seleção errada de um projeto pode acarretar a perda do investimento. Em contrapartida, a não escolha de um projeto promissor possui consequências sérias para o desenvolvimento regional e econômico. Neste contexto, as incubadoras enfrentam dificuldades naturais em decidir quais empresas deverão ser incubadas. Isso ocorre em razão da alta quantidade de alternativas a serem consideradas em face de múltiplos critérios. Considerando isso, o presente trabalho relata a aplicação experimental do método PROMETHEE II para apoiar o decisor na seleção de projetos em uma incubadora de Pernambuco no ano de 2012. O uso do método possibilitou a estruturação de um modelo para seleção de projetos de incubação permitindo ao decisor uma recomendação que o auxiliou na tomada de decisão final.

**Palavras-chave:** Incubadoras de Empresas; Apoio Multicritério a Decisão; PROMETHEE II.

This is an Open Access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil pode ser considerado como um dos países que mais concentram empreendedores em todos os âmbitos da economia. Segundo o portal Empresômetro (2013), mantido pelo IBPT (Instituto Brasileiro de Planejamento Tributário), no período de janeiro a março de 2013 foram abertas mais de 300 mil empresas no país. Por outro lado, de acordo com estimativas do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE, 2013), 48% das empresas decretam falência ou simplesmente fecham suas portas antes do terceiro ano.

A alta taxa de mortalidade das empresas possui implicações severas para a economia como um todo, impedindo um crescimento sustentável, evitando a manutenção estável de empregos e causando perda para os empreendedores.

Visando promover um início bem estruturado, que proporcione a assessoria necessária demandada por uma organização em fase inicial, surgiram as incubadoras de empresas. Estas possuem a missão de proporcionar serviços de suporte, a baixo custo, e que favoreçam a introdução de uma empresa no mercado de forma mais bem planejada e com um melhor grau de sucesso.

Atualmente existem diversas entidades que oferecem oportunidades de suporte a incubação no Estado de Pernambuco, dentre elas se destacam o Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP), o Serviço Brasileiro de Apoio a Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), o Núcleo de Empreendimentos em Ciência, Tecnologia e Artes (NECTAR) e a Incubadora Positiva, da Universidade Federal de Pernambuco, dentre outras.

A seleção dos projetos é realizada por meio da abertura periódica de editais que especificam, dentre outros aspectos, critérios que servirão de base para avaliação das alternativas de projetos à incubação de empreendimentos.

O volume de projetos inscritos normalmente é muito elevado e os projetos aprovados deverão realmente atender, ao máximo possível, os critérios estabelecidos no certame de seleção, dentro da quantidade de vagas disponibilizadas e divulgadas no edital para incubação de empresas.

Notadamente existem dificuldades de ordem técnica para o decisor definir quais dos projetos deveriam ser escolhidos. Isso porque, decisões dessa natureza, envolvem a análise, muitas vezes simultânea, de múltiplos critérios que, ocasionalmente, podem ser conflitantes entre si.

Também estão presentes dados quantitativos e qualitativos que precisam ser agregados e inseridos na modelagem do problema. Nesses contextos os decisores demandam ferramentas que lhes proporcionem recomendações seguras e que validem suas decisões, aproximando-as dos objetivos a serem alcançados.

Considerando esses fatores, foi realizada uma modelagem usando a Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão em uma incubadora local, situada em Pernambuco. O trabalho visou à proposição de um suporte ao decisor responsável pela determinação de quais candidatas deveriam ser contempladas pelo edital.

O estudo foi aplicado de forma piloto aos projetos da última seleção de 2012, em paralelo com o procedimento atual. Por questões de ordem estrutural do órgão, para o resultado final prevaleceram os resultados obtidos pela metodologia anterior. Isso se deve à necessidade de adequar os modelos de julgamento aos estatutos da instituição.

Inicialmente foram realizadas entrevistas com o decisor responsável pela seleção da região, que expôs as principais dificuldades no julgamento dos projetos. Em seguida foram analisadas as características do problema e identificada a melhor metodologia para tratamento da problemática. Por fim elaborou-se um ranking contendo todos os projetos que participaram do edital. Foi possível obter ganhos significativos desta aplicação piloto, o que permitiu à instituição a observação de novos horizontes para o julgamento de seus futuros editais.

Formalmente o presente trabalho é dividido em cinco capítulos, sendo o primeiro destinado a abordar a introdução ao tema a ser tratado, o segundo trata da construção do referencial teórico, o terceiro traz a contextualização do problema, o quarto capítulo apresenta a aplicação do método e o quinto aponta as conclusões obtidas pô meio deste trabalho.

## 2. APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO

Para Roy (1996), o apoio à decisão é a atividade da pessoa que, através da utilização de modelos de forma explícita, mas não necessariamente formalizados por completo, auxilia na obtenção de elementos que respondam as questões expostas por um *stakeholder* em um processo decisório.

Já o apoio multicritério à decisão tem como princípio buscar o estabelecimento de uma relação de preferências (subjetivas) entre as alternativas que estão sendo avaliadas sob a influência de vários critérios, no processo de decisão (Almeida & Costa, 2003).

Problemas relacionados à tomada de decisão são comuns em uma infinidade de áreas, tanto públicas quanto privadas, e, desde tempos remotos, o homem tenta resolvê-los apoiando-se em abstrações, heurísticas e raciocínios dedutivos, a fim de guiar e validar suas escolhas (Gomes, Araya, & Carignano, 2004).

Segundo Malczewki (1999), os problemas multicritério envolvem seis componentes: objetivos, decisor ou decisores, conjunto de critérios de decisão, conjunto de alternativas, conjunto de estado da natureza e consequência das decisões.

Vincke (1992) definiu que um problema multicritério é a situação em que sendo definido um conjunto de ações  $a$  e uma família de critérios  $f$ , deseja-se: determinar um subconjunto de ações consideradas as melhores em relação a  $F$  (problema de escolha); dividir  $A$  em subconjuntos, de acordo com algumas normas (problema de classificação); ordenar as ações de  $A$  da melhor para a pior (problema de ordenação).

Na literatura é possível identificar uma série de métodos que foram desenvolvidos para tratamento das problemáticas descritas por Vincke (1992). Almeida e Costa (2003) apontam que é comum verificar a existência de dois grupos de métodos, sendo o primeiro derivado da Escola Americana e o segundo, da Escola Europeia. Para os métodos americanos podemos destacar a Teoria da Utilidade Multiatributo e para os métodos europeus se destacam a família ELECTRE e PROMETHEE.

Autores como ALMEIDA e COSTA (2003), VINCKE (1992) e BELTON e STEWART (2002) destacam que, muitas vezes, existem situações em que o uso de métodos baseados na Teoria da Utilidade são limitados ante a dificuldade em se estabelecer uma função utilidade que atenda a todos os axiomas desta teoria. Nessas situações os modelos desenvolvidos na Europa, notadamente o ELECTRE (*Elimination and Choice Translating Algorithm*) e o PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Valuations*) admitem um modelo mais flexível do problema, o que facilita seu uso, sem comprometer de forma significativa a recomendação.

Os métodos da família ELECTRE foram fruto de diversos desenvolvimentos gerando o ELECTRE I, II, III, IV e TRI (ROY, 1996), ELECTRE TRI-NG (Sobral & Costa, 2012) e ELECTRE TRI-NC (Almeida-Dias, Figueira, & Roy, 2011), dentre outros.

Já o PROMETHEE se divide em (ROY, 1996; BELTON e STEWART, 2002; VINCKE, 1992):

-PROMETHEE I trata da problemática de escolha e estabelece uma pré-ordem parcial;

-PROMETHEE II trata da problemática de ordenação e escolha por meio do estabelecimento de uma pré-ordem completa;

-PROMETHEE III trata os fluxos de forma probabilística e amplia a noção de indiferença;

-PROMETHEE IV é destinado à problemática de escolha e ordenação, em que o conjunto de soluções viáveis é contínuo;

-PROMETHEE V aplica restrições sobre os resultados do PROMETHEE II, utilizando otimização inteira;

-PROMETHEE VI é destinado à problemática de escolha ou ordenação e isenta o decisor da tarefa de estabelecer pesos sobre os critérios; e

-PROMETHEE-GAIA utiliza procedimentos gráficos para construção da recomendação.

Tanto o ELECTRE como o PROMÉTHÉE exploram relações binárias que representam as preferências estabelecidas pelo tomador de decisão. O ELECTRE se destaca pela construção de matrizes de concordância e discordância, enquanto o PROMÉTHÉE constrói a relação de sobreclassificação incorporando o conceito de fluxo líquido de superação.

O uso da metodologia multicritério na área de inovação é um tema crescente, a exemplo de aplicações como o uso do MACBETH (Measuring Attractiveness by Categorical Based) na avaliação de desempenho organizacional (Gallon, Ensslin, & Ensslin, 2011), proposição incorporação da dimensão integrativa no processo de avaliação de desempenho organizacional tendo como base a Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão Construtivista – MCDA-C (Dutra, Ensslin, Ensslin, Lima, & Lopes, 2008).

## 2.1 Métodos da Família Prometheé

O PROMETHEE é uma família de métodos de sobreclassificação, concebida em suas primeiras versões por Jean-Pierre Brans em 1982 (Brans, 1982).

Desde sua concepção, o método vem sendo extensamente aplicado em diversos contextos brasileiros, dentre os quais se destacam seu uso no apoio para seleção de investimentos em Petróleo e Gás (Araújo & Almeida, 2009), para priorização de sistemas de informação (Almeida & Costa, 2002), na priorização de áreas de controle de perdas em redes de distribuição de água (Morais, Cavalcante, & Almeida, 2010), no planejamento de manutenção preventiva (Cavalcante & Almeida, 2005).

O PROMETHEE II foi o método escolhido para ser aplicado na seleção de projetos. Ele estabelece uma pré-ordem completa entre as alternativas, é utilizado para problemática de ordenação, trabalhando com a comparação entre pares.

A avaliação parte da construção dos critérios, com pesos atribuídos segundo o grau de preferência do decisor, que servirão para comparar as alternativas. Através dos pesos valorados pelo decisor, obtém-se o grau de sobreclassificação  $\pi(a,b)$  de  $a$  em relação a  $b$ , para cada par de alternativas  $(a,b)$ , através da seguinte equação.

$$\pi(a,b) = \frac{1}{W} \cdot \sum_{j=1}^K w_j P_j(a,b)$$

Onde: (1)

$$W = \sum_{j=1}^k w_j \text{ e } w_j \geq 0$$

A função de diferença  $[g_i(a) - g_i(b)]$  é dada através de  $F_i(a,b)$ . É a diferença do desempenho das alternativas para cada critério que estabelece  $F_i(a,b)$ . Quando  $[g_i(a) > g_i(b)]$ , então  $F_i(a,b) = 1$ , caso contrário  $F_i(a,b) = 0$ . Em alguns casos existem limiares de diferença e indiferença, ou ainda ambos.

Nesses casos a função  $F_i(a,b)$  pode ser estabelecida de outra forma, para contemplar essas situações.

Segundo Almeida (2010), existem seis formas básicas para a função  $F_i(a,b)$ . Desse modo, o decisor pode representar suas preferências usando a que mais se alinhe aos seus critérios. A tabela 1 detalha as funções para os critérios.

**Tabela 1. Funções para os critérios**

| Tipo de critério          | Função                         | Valor F  |
|---------------------------|--------------------------------|--|
| Critério usual            | $[g_i(a) - g_i(b)] > 0$        | $F_i(a,b) = 0$                                     |
|                           | $[g_i(a) - g_i(b)] \leq 0$     | $F_i(a,b) = 1$                                     |
| Quase-critério (q)        | $[g_i(a) - g_i(b)] > q$        | $F_i(a,b) = 1$                                     |
|                           | $[g_i(a) - g_i(b)] \leq q$     | $F_i(a,b) = 0$                                     |
| Limiar de preferência (p) | $[g_i(a) - g_i(b)] > p$        | $F_i(a,b) = 1$                                     |
|                           | $[g_i(a) - g_i(b)] \leq p$     | $F_i(a,b) = \frac{[g_i(a) - g_i(b)]}{p}$           |
|                           | $[g_i(a) - g_i(b)] \leq 0$     | $F_i(a,b) = 0$                                     |
| Pseudocritério (p) e (q)  | $ g_i(a) - g_i(b)  > p$        | $F_i(a,b) = 1$                                     |
|                           | $q <  g_i(a) - g_i(b)  \leq p$ | $F_i(a,b) = \frac{1}{2}$                           |
|                           | $ g_i(a) - g_i(b)  \leq q$     | $F_i(a,b) = 0$                                     |
| Área de indiferença       | $ g_i(a) - g_i(b)  > p$        | $F_i(a,b) = 1$                                     |
|                           | $q <  g_i(a) - g_i(b)  \leq p$ | $F_i(a,b) = \frac{ g_i(a) - g_i(b)  - q}{(p - q)}$ |
|                           | $ g_i(a) - g_i(b)  \leq q$     | $F_i(a,b) = 0$                                     |

|                    |   |   |
|--------------------|---|---|
| Critério Gaussiano | $[g_i(a) - g_i(b)] > 0$<br>$[g_i(a) - g_i(b)] \leq 0$ | <i>A preferência aumenta segundo uma distribuição normal</i><br>$F_i(a, b) = 0$ |
|--------------------|---|---|

Fonte: ALMEIDA (2010).

Na etapa de exploração da relação de sobreclassificação, deve-se calcular o fluxo de entrada, dado pela equação (2) e o fluxo de saída, dado pela equação (3).

$$\phi_+(a) = \sum_{b \in A} \pi(a, b) \quad (2)$$

$$\phi_-(a) = \sum_{b \in A} \pi(a, b) \quad (3)$$

Segundo Cavalcante e Almeida (2005), o fluxo de saída representa a média de todos os graus de sobreclassificação de  $a$ , com respeito a todas as demais alternativas, enquanto o fluxo de entrada representa a média de todos os graus e sobreclassificação das alternativas sobre  $a$ .

Para que o PROMETHEE II defina o ranking das alternativas, é utilizada a diferença entre o fluxo de entrada e o de saída. Formalmente ele é determinado como fluxo de sobreclassificação líquido ou neto e é dado pela equação (4). As alternativas que possuírem o maior fluxo líquido ocuparão posições melhores no ranking.

$$\phi(a) = \phi_+(a) - \phi_-(a) \quad (4)$$

### 3. CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

De acordo com a Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos Inovadores (ANPROTEC, 2013), as incubadoras são entidades promotoras de empreendimentos inovadores, que têm por objetivo o suporte aos empreendedores de forma a auxiliá-los na criação de empresas de sucesso.

Em 2011 a ANPROTEC realizou um estudo conjunto com o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCI), que indicou que o Brasil possui 384 incubadoras em operação, abrigando 2.640 empresas, gerando 29.905 empregos e com um faturamento bruto de R\$ 4,1 bilhões (ANPROTEC, 2013).

Segundo Iacono, Almeida e Negano (2011), as incubadoras têm sido fundamentais para o surgimento e crescimento de empresas de pequeno porte com tecnologia avançada. As incubadoras também podem exercer uma importante interligação entre Centros de Conhecimento (Universidades) e o próprio mercado de trabalho, por meio de um *spin-off* (Santos & Teixeira, 2012).

As incubadoras de empresas se prestam a desempenhar um papel crucial para o início de novas organizações, durante um período muito crítico: o de introdução da empresa no mercado. As incubadoras têm sido apontadas como atores importantes para o desenvolvimento de empresas e até de regiões (Serra, Serra, Ferreira, & Fiates, 2011).

As incubadoras ofertam serviços de assessoria aos projetos em suas fases iniciais, por no máximo dois anos, disponibilizando arranjo físico, com serviços básicos de infraestrutura (internet, salas, telefone e ambiente de trabalho) e assessoria gerencial, possibilitando o desenvolvimento adequado ao negócio em sua fase primária. Esse tipo de apoio pode variar de incubadora para incubadora. Autores como Xavier, Martins e Lima (2008) concluem que a eficácia do serviço prestado pela incubadora aos empresários pode ser considerada como fator decisivo para o sucesso do empreendimento.

Podem existir três tipos de incubadoras (Dornelas, 2002): a) Incubadora de Empresas de Base Tecnológica, que abriga empresas cujos produtos, processos ou serviços são gerados a partir de resultados de pesquisas aplicadas, com alto valor agregado; b) Incubadora de Empresas dos Setores Tradicionais, que abriga empresas ligadas aos setores tradicionais da economia detendo tecnologia largamente difundida; c) Incubadora de Empresas Mista, que abriga empresas dos dois tipos anteriormente descritos.

Normalmente o tempo máximo de incubação para os empreendimentos é de três anos, após isso as empresas podem ainda permanecer vinculadas às incubadoras, mas se tornam empresas graduadas e não podem mais ser hospedadas na incubadora de origem. Porém, elas podem ainda receber acompanhamento em alguma área que demande apoio especializado por parte das incubadoras.

### **3.1 Fases e importância da correta escolha de projetos de incubação**

Cada um dos projetos de empreendimentos que participam da seleção para incubação na incubadora em estudo será analisado inicialmente através de um formulário preenchido on-line, disponibilizado no site da organização, com todos os dados do projeto e de cada um dos integrantes do empreendimento. A fase posterior a esta é a de apresentação oral dos projetos inscritos anteriormente

através do formulário on-line. Por meio desses dois mecanismos será possível identificar os projetos que se enquadram nas exigências do edital de seleção.

Após a apresentação oral dos projetos, estes receberão uma pontuação conforme cada critério especificado no edital. Essa pontuação não recebe atualmente nenhum tratamento em nível de detalhamento ou de normatização, apenas se atribui valores de um a cinco, que devem contemplar unicamente o desempenho percebido pelo decisor ao longo da apresentação.

O sistema atual é totalmente empírico, no que se refere ao tratamento dos dados, e não utiliza um processo estruturado de apoio à tomada de decisão. Cada projeto implica a responsabilidade por parte dos gestores da organização em conceder todo o suporte especificado em edital, que engloba desde a infraestrutura até a assessoria em serviços de gestão de empresas e consultoria. Adicionalmente, existem responsabilidades para a organização, que deve proporcionar condições adequadas de desenvolvimento aos empreendimentos.

O processo seletivo é uma das fases mais críticas da incubação, já que um candidato a empreendimento erroneamente aprovado tem poucas possibilidades de se tornar um empreendimento bem-sucedido futuramente. Dessa forma, o processo de seleção deve fornecer o máximo de detalhamento e precisão possível ao decisor, objetivando a correta determinação, por meio do processo seletivo, de empreendimentos que de fato possam vir a se tornar empresas autossuficientes no futuro.

Todos os projetos inscritos em incubadoras de empresas têm por objetivo a incubação de empresas, já que os empreendedores que os submeteram acreditam que suas ideias e projetos são viáveis e valorosos. Porém, cabe ao gestor/decisor escolher os projetos com mais potenciais a serem desenvolvidos, de acordo com os critérios preestabelecidos no edital e também com o seu juízo de valor.

Durante o processo de seleção é possível detectar, através dos planos de negócios que foram apresentados, o potencial do empreendimento. Além disso, nessa fase é possível o decisor visualizar as contrapartidas e as habilidades técnicas de cada membro que constitui as equipes de trabalho. Mas se todos os dados obtidos nessas avaliações não forem tratados de forma adequada, permanecerão no campo da subjetividade ou de informações imprecisas ou ainda incorretas.

Sendo assim, a escolha indevida de um projeto consumirá o tempo que poderia ser destinado à incubação de um empreendimento que realmente poderia se desenvolver de forma mais plena com a assessoria de uma incubadora de empresas, o que acarreta em prejuízo para a incubadora, pois o empreendimento que foi incubado por uma falha no processo de seleção tomará os recursos que deveriam ter sido destinados a um empreendimento que teria plenas condições de se estabelecer e desenvolver de forma adequada, dentro da incubadora e posteriormente como empresa graduada.

#### 4. MODELAGEM DO PROBLEMA

A empresa em estudo é considerada uma das maiores incubadoras da Região Nordeste. A aplicação ocorreu em uma de suas filiais, que está localizada em um município de Pernambuco. Por opção da incubadora, dados mais específicos serão omitidos neste trabalho.

Ao longo do processo de modelagem, foram realizadas seis entrevistas com o decisor. As duas entrevistas iniciais tiveram por objetivo o esclarecimento por parte do gestor local de aspectos relacionados ao Apoio à Decisão e também serviram para identificar as principais características do problema, critérios e alternativas. As entrevistas seguintes foram destinadas à aplicação do método, discussão sobre as recomendações e análises de sensibilidade.

O decisor possui formação em nível superior, possui conhecimento limitado na área de Apoio à Decisão, porém conta com extensa experiência na seleção de projetos. Ao longo das entrevistas seguintes e com o esclarecimento de questões postas por ele, este afirmou que necessitava de alguma ferramenta que auxiliasse o processo de tomada de decisão ou que possibilitasse uma maior precisão nas informações adquiridas ao longo do processo de seleção sobre os projetos de empreendimentos inscritos.

O processo de seleção de projetos de empreendimentos, para incubação na empresa em estudo, é iniciado através de um edital. Em seu corpo são publicados todos os detalhes do certame, incluindo o número de vagas para projetos e os critérios que servirão para analisar os projetos.

Inicialmente se supôs que o problema estaria relacionado com a problemática de portfólio. Porém, em entrevistas com o decisor, observou-se que as seleções possuem exigências peculiares determinadas pelo edital de seleção. Tal edital é definido pelo Conselho da Incubadora e passa por diversas esferas para ser publicado. Por se tratar de um instrumento de seleção pública, este possuía dispositivos claros que determinavam a criação de um ranking de alternativas. Dessa forma, optou-se pela problemática de ordenação, já que a posição de cada projeto pode gerar direitos de preferência para o candidato.

Os direitos de preferência são definidos em função da posição no ranking e podem ser materializados de diversas formas. As mais comuns ocorrem quando os primeiros colocados podem escolher equipes de suporte ou localização para execução do projeto. Também é um instrumento a ser usado em caso de desistência ou desclassificação de proposta, o que gera necessidade legal de convocação de projetos mais bem posicionados na lista de aprovados.

Para definição do método, foi utilizado como base inicial o tipo de problemática. Em seguida foram observadas as informações intercritérios, conforme sugerido por Almeida (2010). Em contato com o decisor, e ao analisar as características do problema, foi definido o uso de um método que limitasse a possibilidade de compensação entre os critérios. Isso porque, em seleções anteriores, observou-se uma grande frequência de alternativas desbalanceadas. Neste contexto os métodos baseados em critério único de síntese não seriam recomendáveis em virtude da possibilidade de compensação.

De posse dessas considerações, o PROMETHEE II foi escolhido por se tratar de um método de aplicação mais objetiva, que possui as características de não compensação entre os critérios. Este aspecto foi um fator de melhoria sobre o método atual que distorce resultados pela compensação, já que as alternativas (que neste caso são os projetos) podem ser desbalanceadas. Este método também foi escolhido por tratar da problemática de ordenação, que foi levantada pelo decisor em detrimento da problemática de escolha e por apresentar uma estrutura de preferência mais flexível. Por ser um procedimento de fácil aprendizado, o decisor conseguiu se familiarizar rapidamente com o método, o que facilitou a interpretação dos resultados, a recomendação para decisão e as análises de sensibilidade.

Para aplicação da metodologia foi utilizado o último edital de seleção para projetos, lançado em 2012, como base para aplicação do PROMETHEE II. Nesta seleção participaram 12 projetos, que foram avaliados sob a ótica de cinco critérios: Caráter inovador ou de diferencial do projeto em relação ao mercado ( $C_1$ ); Qualidade do projeto, levando em conta os resultados econômicos e sociais envolvidos ( $C_2$ ); Exequibilidade do projeto, incluindo viabilidade financeira ( $C_3$ ); Qualificação profissional, técnica e empreendedora dos proponentes do projeto ( $C_4$ ) e Especificações das contrapartidas ( $C_5$ ). Estes critérios são definidos pela Instituição que receberá os projetos de incubação e publicados no edital atendendo o princípio da publicidade. Dessa forma, todos os participantes têm acesso ao processo de julgamento e seus eixos de avaliação.

Os projetos foram avaliados sob uma escala crescente de 1 a 5. O decisor optou por não utilizar os limiares  $p$  e  $q$ , trabalhando com a função critério usual. A instituição considera que todos os critérios devem ter igual importância. Como o decisor não estabeleceu pesos diferenciados, foi utilizado o valor de 1/5 para cada um dos critérios. Após avaliação por parte dos decisores de cada uma das 12 alternativas, gerou-se a matriz de avaliação, demonstrada na tabela 2.

**Tabela 2. Matriz de avaliação critérios x alternativas**

|          | $C_1$ | $C_2$ | $C_3$ | $C_4$ | $C_5$ |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $A_1$    | 4     | 3     | 3     | 3     | 4     |
| $A_2$    | 5     | 4     | 5     | 5     | 4     |
| $A_3$    | 3     | 2     | 2     | 3     | 3     |
| $A_4$    | 2     | 2     | 2     | 3     | 2     |
| $A_5$    | 5     | 4     | 3     | 5     | 4     |
| $A_6$    | 3     | 3     | 3     | 4     | 4     |
| $A_7$    | 2     | 2     | 2     | 3     | 3     |
| $A_8$    | 3     | 3     | 2     | 2     | 2     |
| $A_9$    | 4     | 3     | 3     | 2     | 4     |
| $A_{10}$ | 3     | 2     | 1     | 2     | 3     |
| $A_{11}$ | 2     | 3     | 2     | 2     | 2     |
| $A_{12}$ | 2     | 2     | 3     | 3     | 3     |

Foi realizada a comparação entre pares, considerando o critério verdadeiro, e em seguida foi calculado o grau de sobreclassificação  $\pi(a,b)$  para cada par de alternativas, obtendo a matriz descrita na tabela 3.

**Tabela 3. Cálculo do grau de sobreclassificação**

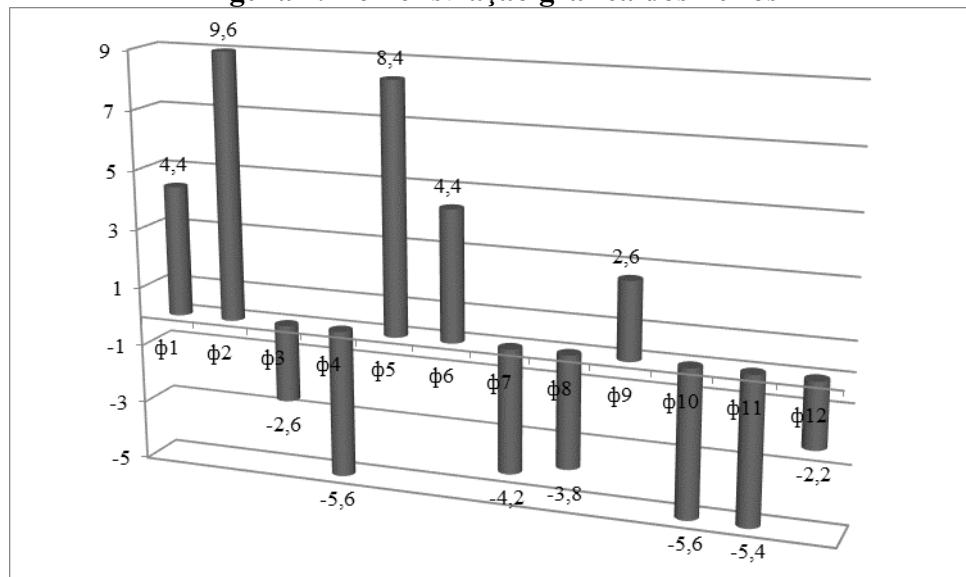
|          | $A_1$ | $A_2$ | $A_3$ | $A_4$ | $A_5$ | $A_6$ | $A_7$ | $A_8$ | $A_9$ | $A_{10}$ | $A_{11}$ | $A_{12}$ |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|
| $A_1$    | 0.0   | 0.0   | 0.8   | 0.8   | 0.0   | 0.2   | 0.8   | 0.8   | 0.2   | 1.0      | 0.8      | 0.6      |
| $A_2$    | 0.8   | 0.0   | 1.0   | 1.0   | 0.2   | 0.8   | 1.0   | 1.0   | 0.8   | 1.0      | 1.0      | 1.0      |
| $A_3$    | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.4   | 0.0   | 0.0   | 0.2   | 0.4   | 0.2   | 0.4      | 0.6      | 0.2      |
| $A_4$    | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.2   | 0.2   | 0.4      | 0.2      | 0.0      |
| $A_5$    | 0.6   | 0.0   | 1.0   | 1.0   | 0.0   | 0.6   | 1.0   | 1.0   | 0.6   | 1.0      | 1.0      | 0.8      |
| $A_6$    | 0.2   | 0.0   | 0.8   | 1.0   | 0.0   | 0.0   | 1.0   | 0.6   | 0.2   | 0.8      | 0.8      | 0.8      |
| $A_7$    | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.2   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.4   | 0.2   | 0.4      | 0.4      | 0.0      |
| $A_8$    | 0.0   | 0.0   | 0.2   | 0.4   | 0.0   | 0.0   | 0.4   | 0.0   | 0.0   | 0.4      | 0.2      | 0.4      |
| $A_9$    | 0.0   | 0.0   | 0.8   | 0.8   | 0.0   | 0.2   | 0.8   | 0.6   | 0.0   | 0.8      | 0.6      | 0.6      |
| $A_{10}$ | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.4   | 0.0   | 0.0   | 0.2   | 0.2   | 0.0   | 0.0      | 0.4      | 0.2      |
| $A_{11}$ | 0.0   | 0.0   | 0.2   | 0.2   | 0.0   | 0.0   | 0.2   | 0.0   | 0.0   | 0.4      | 0.0      | 0.2      |
| $A_{12}$ | 0.0   | 0.0   | 0.2   | 0.4   | 0.0   | 0.0   | 0.2   | 0.6   | 0.2   | 0.4      | 0.6      | 0.0      |

Com base na tabela 3, calculou-se o fluxo positivo (entrada), fluxo de negativo (saída) e o fluxo líquido para cada uma das alternativas. Na tabela 4 é demonstrada a obtenção dos fluxos para posterior ordenação.

**Tabela 4. Cálculo dos fluxos**

|          | $\phi_+$ | $\phi_-$ | $\phi$ |
|----------|----------|----------|--------|
| $A_1$    | 6.0      | 1.6      | 4.4    |
| $A_2$    | 9.6      | 0.0      | 9.6    |
| $A_3$    | 2.4      | 5.0      | -2.6   |
| $A_4$    | 1.0      | 6.6      | -5.6   |
| $A_5$    | 8.6      | 0.2      | 8.4    |
| $A_6$    | 6.2      | 1.8      | 4.4    |
| $A_7$    | 1.6      | 5.8      | -4.2   |
| $A_8$    | 2.0      | 5.8      | -3.8   |
| $A_9$    | 5.2      | 2.6      | 2.6    |
| $A_{10}$ | 1.4      | 7.0      | -5.6   |
| $A_{11}$ | 1.2      | 6.6      | -5.4   |
| $A_{12}$ | 2.6      | 4.8      | -2.2   |

Uma demonstração dos fluxos líquidos é dada na figura 1. Nela é possível observar as alternativas que apresentaram maiores índices positivos e negativos.

**Figura 1. Demonstração gráfica dos fluxos**

Após a obtenção do fluxo líquido foi possível ordenar as alternativas em função de seu escore líquido. O ranking final, realizado através do PROMETHEE II, é demonstrado na tabela 5.

**Tabela 5. Cálculo dos fluxos**

| Posição        | Alternativa |
|----------------|-------------|
| 1 <sup>a</sup> | $A_2$       |

|                       |                        |
|-----------------------|------------------------|
| <b>2<sup>a</sup></b>  | <i>A</i> <sub>5</sub>  |
| <b>3<sup>a</sup></b>  | <i>A</i> <sub>1</sub>  |
| <b>3<sup>a</sup></b>  | <i>A</i> <sub>6</sub>  |
| <b>5<sup>a</sup></b>  | <i>A</i> <sub>9</sub>  |
| <b>6<sup>a</sup></b>  | <i>A</i> <sub>12</sub> |
| <b>7<sup>a</sup></b>  | <i>A</i> <sub>3</sub>  |
| <b>8<sup>a</sup></b>  | <i>A</i> <sub>8</sub>  |
| <b>9<sup>a</sup></b>  | <i>A</i> <sub>7</sub>  |
| <b>10<sup>a</sup></b> | <i>A</i> <sub>11</sub> |
| <b>11<sup>a</sup></b> | <i>A</i> <sub>10</sub> |
| <b>12<sup>a</sup></b> | <i>A</i> <sub>4</sub>  |

#### 4.1 Avaliação da modelagem pelo decisor

A metodologia proposta foi considerada de fácil aplicação, manuseio e interpretação de resultados por parte do decisor. Dessa forma, a modelagem para futuras seleções pode ser considerada mais rápida, já que a periodicidade de lançamento de editais chega a ser semestral.

De acordo com o decisor, o ranking apresentou resultados coerentes com as suas expectativas, refletindo de forma adequada as suas preferências. A recomendação proposta pelo método auxiliou o gestor da área a determinar o ranking de projetos. Uma desvantagem inicialmente apontada pelo decisor está no fato de o método não evitar a ocorrência de empates, o que pode ser incompatível para um edital desta natureza. Sua expectativa seria que o método provesse uma ordem completa, entretanto essa situação pode ser equalizada com critérios de desempate estabelecidos no edital.

A coerência dos resultados foi um dos fatores que mais exigidos pelo decisor. Isso porque a incubadora necessita selecionar corretamente os projetos. Projetos selecionados incorretamente consumirão recursos e não conseguirão se graduar. Em consequência, projetos promissores, que deixam de ser selecionados, são tratados como uma oportunidade perdida e que não pode ser recuperada.

Selecionar corretamente é tão importante quanto conduzir a incubação corretamente. Diante disso, o presente estudo foi considerado inovador e de suma importância para o decisor e seus resultados foram replicados internamente para outras filiais.

O volume de projetos tem aumentado a cada ano, o que gera a necessidade de um novo procedimento para avaliação que comporte grandes quantidades de alternativas. Nesse contexto o

PROMETHEE despertou a atenção do gestor de área por permitir o julgamento de forma mais ágil de vários projetos, se comparado com o procedimento atual.

A expectativa é que a condução de seleções com elevado número de projetos, utilizando o PROMETHEE II, pode trazer ganhos de tempo e precisão para o decisor. Por causa disso, já existem estudos internos para que o método se torne padrão para futuras seleções. Entretanto, por se tratar de uma instituição totalmente estruturada, serão necessários vários trâmites internos para que tal método se torne padrão para futuras seleções.

## 4.2 Análise de sensibilidade

Para verificar a estabilidade dos resultados, foram realizadas rodadas com variação dos parâmetros. O objetivo é verificar a robustez da recomendação. Em especial, considerando o caso em que o decisor optou por manter os valores para todos os critérios, é interessante manter avaliações sobre a manutenção dos resultados ante a sua variação.

Para realizar a análise, os pesos foram alternados em para mais ou para menos em diversas rodadas. O julgamento pela instituição dava conta que os critérios deveriam ter a mesma importância. Em virtude disso, buscou-se avaliar, através da análise de sensibilidade, se a adoção de pesos levemente diferentes poderia ocasionar impactos nos resultados de forma significativa.

Com base nisso, adotou-se o incremento positivo de 10% em cada critério e a redução proporcional dos demais. Em seguida foram realizados decréscimos de 10% sobre cada critério, seguido pelo acréscimo proporcional dos demais. Dessa forma, quando cada critério objeto de análise recebia um acréscimo de 0,2 nos pesos, os outros quatro recebiam decréscimo de 0,05 e vice-versa.

Na primeira rodada de avaliação, o incremento de 10% em um critério, acompanhado pela redução de 2,5% nos demais, manteve a ordem nos nove primeiros colocados. A única variação neste range ocorreu através do desempate das alternativas  $A_1$  e  $A_6$ , que estavam juntas ocupando a terceira posição. O último colocado também não mudou com as operações sobre os pesos desse bloco de rodadas. A décima e a décima primeira posição foram afetadas pelas mudanças, porém, em todos os casos, essas colocações foram alternadas entre  $A_{10}$  e  $A_{11}$ .

A segunda parte da análise de sensibilidade realizou redução de 10% em um critério, seguido pelo aumento de 2,5% nos demais. Essas variações também não promoveram alterações nas nove primeiras posições, com exceção de um caso em que, semelhantemente à rodada anterior, ocorreu uma situação de desempate entre as alternativas  $A_1$  e  $A_6$ , que no ranking original estavam juntas ocupando a terceira posição.

Também ocorreu, em uma das interações, um empate entre  $A_{10}$  e  $A_{11}$  na décima posição. Finalmente, constatou-se que a última posição foi alterada duas vezes, entretanto sempre foi ocupada por alternativas que estavam acima da décima colocação.

Foi observado que as primeiras posições permaneceram inalteradas por causa do seu fluxo líquido, que permitia uma distância considerável em relação às demais alternativas. Em virtude disso, pequenas variações sobre os pesos não são suficientes para interferir na ordem das primeiras alternativas. Em simulações adicionais, constatou-se que a posição dos cinco primeiros colocados somente foi afetada por variações superiores ou inferiores a 90%. Para o decisor não restou dúvida de que as primeiras posições estavam ocupadas realmente por projetos de interesse para a incubadora.

As alternativas empatadas na terceira posição,  $A_1$  e  $A_6$ , estavam apresentando o mesmo fluxo líquido, porém, com valores distantes do segundo e do quinto colocado. Por causa disso e apesar das variações causarem alternância entre o terceiro e o quarto colocado, não existiu nenhum caso em que essas alternativas ocupassem posições superiores ao quarto nível ou inferiores ao terceiro.

Apesar dessas variações na ordem da terceira posição, o decisor julgou que os resultados foram robustos o suficiente para considerar a recomendação válida. A análise de sensibilidade também promoveu um melhor entendimento do funcionamento do método.

## 5. CONCLUSÕES

Após a aplicação do método, analisando os resultados obtidos, visualiza-se um ranking realista com as expectativas do decisor, quando comparado com o resultado da última seleção de projetos pela organização. Isso valida a ação do método perante o decisor, levando em consideração que os resultados foram convergentes entre o método proposto e o atual.

O método proposto é estruturado e impede a compensação, tornando-se especialmente importante para o decisor uma vez que é comum que projetos obtenham notas discrepantes em critérios diferentes, o que, pelo método atual, aumentaria as chances de distorções sobre os resultados.

O decisor considerou interessante a migração do sistema atual para o modelo proposto, visualizando um possível ganho em precisão de informação. Porém, a concretização necessita ainda de avaliações de outros âmbitos da incubadora.

A correta seleção de projetos é uma atividade de suma importância para o sucesso da incubação, fazendo com que o uso de um método formal, que comporte múltiplos critérios, seja uma vantagem adicional para o alcance dos objetivos sociais e estratégicos da incubadora.

O uso do método PROMETHEE II para criação de uma ordenação se mostrou adequado para a realidade da incubadora. Apesar de inicialmente a problemática em questão se assemelhar com a de portfólio, as exigências do certame de seleção davam conta que deveria existir uma ordem clara e precisa das propostas. Com o apoio do analista, foi realizada a adequação para um método que contemplasse as características específicas da modelagem em questão, tais como ausência de compensação e criação de uma pré-ordem completa ou ordem completa.

Apesar do método não prevenir os empates, assim como muitos processos seletivos, a quantidade de propostas aprovadas estavam dentro do número de vagas. Por isso, os empates ocorridos na terceira posição não causaram interferência alguma na recomendação e no exercício dos direitos de preferência.

Mesmo existindo empates que causem disputas por vagas, que não foi o caso dessa modelagem, o decisor orientou previamente que se seguissem as regras de desempate do edital, fazendo com que a presença de projetos ocupando a mesma posição não cause qualquer interferência no pleno uso do método.

Foi utilizada a análise dos fluxos positivos, negativos e líquidos como forma de verificar a performance de cada alternativa, demonstrando para o decisor o grau em que cada projeto é sobreclassificado e sobreclassifica seus pares.

Pode ser comum em algumas seleções de projetos desta instituição a existência de mais de um decisor para julgamento das propostas. Situações dessa natureza ocorrem quando o vulto das propostas é elevado ou quando sua complexidade requer a análise por um comitê multidisciplinar. Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se o uso de ferramentas de decisão em grupo para situações em que existam mais de um decisor responsável pela condução do processo de seleção.

Adicionalmente, é recomendável que se verifique a funcionalidade gráfica do PROMETHEE-GAIA para julgamento desses projetos, visto que ele também pode oferecer *insights* para o processo de ordenação aumentando o grau de precisão dos dados e tornando o decisor mais confortável com a recomendação.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. T. (2010). *O conhecimento e o uso de métodos multicritério de apoio a decisão*. Recife: Editora Universitária.
- Almeida, A. T., & Costa, A. P. (Agosto de 2002). Modelo de decisão multicritério para priorização de sistemas de informação com base no método PROMETHEE. *Gestão & Produção*, pp. 201-214.
- Almeida, A. T., & Costa, A. P. (2003). *Aplicações com métodos multicritério de apoio a decisão*. Recife: Editora Universitária.
- Almeida-Dias, J., Figueira, J. R., & Roy, B. (2011). A multiple criteria sorting method where each category is characterized by several reference actions: The Electre Tri-NC method. *he Electre Tri-NC method. European Journal of Operational Research*, pp. 567-579.
- ANPROTEC. (2013). *Incubadoras e Parques*. Acesso em 03 de 2013, disponível em Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos Inovadoras: <http://anprotec.org.br/site/incubadoras-e-parques/>
- Araújo, A. G., & Almeida, A. T. (Dezembro de 2009). Apoio à decisão na seleção de investimentos em petróleo e gás: uma aplicação utilizando o método PROMETHEE. *Gestão & Produção*, pp. 534-543.
- Belton, V., & Stewart, T. J. (2002). *Multiple Criteria Decision Analysis*. Kluwer Academic Publishers.
- Brams, J.-P. (1982). L'ingénierie de la décision; Elaboration d'instruments d'aide à la décision. La méthode PROMETHEE. *L'aide à la décision: Nature, Instruments et Perspectives d'Avenir*. Québec. Fonte: <http://www.inf.unideb.hu/valseg/dolgozok/anett.racz/docs/DSS/Promethee.pdf>
- Ca valcante, C. A., & Almeida, A. T. (Agosto de 2005). Modelo multicritério de apoio a decisão para o planejamento de manutenção preventiva utilizando PROMETHEE II em situações de incerteza. *Pesquisa Operacional*, pp. 279-296.
- Dornelas, J. C. (2002). *Planejando Incubadoras de Empresas* (1ª Edição ed.). Rio de Janeiro: Campus Elsevier .
- Dutra, A., Ensslin, L., Ensslin, S., Lima, M. V., & Lopes, A. L. (2008). INOVAÇÃO NO PROCESSO DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ORGANIZACIONAL: O USO DA DIMENSÃO INTEGRATIVA. *RAI – Revista de Administração e Inovação*, pp. 150-163.
- Gallon, A. V., Ensslin, S. R., & Ensslin, L. (jan./mar. de 2011). AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO ORGANIZACIONAL EM INCUBADORAS DE EMPRESAS POR MEIO DA METODOLOGIA MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO CONSTRUTIVISTA (MCDA-C): A EXPERIÊNCIA DO MIDI TECNOLÓGICO. *RAI – Revista de Administração e Inovação*, pp. 37-63.
- Gomes, L. F., Araya, M. C., & Carignano, C. (2004). *Tomada de decisões em cenários complexos*. São Paulo: Thomson.
- Iacono, A., Almeida, C. A., & Negano, M. S. (Oct de 2011). Interação e cooperação de empresas incubadas de base tecnológica: uma análise diante do novo paradigma de inovação. *Revista de Administração Pública*, pp. 1485-1516.

IBPT - Instituto Brasileiro de Planejamento Tributário. (2013). *Empresômetro*. Acesso em 16 de março de 2013, disponível em <http://www.empresometro.com.br/>

Morais, D. C., Cavalcante, C. A., & Almeida, A. T. (Abril de 2010). Priorização de áreas de controle de perdas em redes de distribuição de água. *Pesquisa Operacional*, pp. 15-32.

Roy, B. (1996). *Multicriteria for Decision Aiding*. London: Kluwer Academic Publishers.

Santos, D. A., & Teixeira, R. M. (jan./mar. de 2012). O PROCESSO DE SPIN-OFF ACADÊMICO: ESTUDO DE CASOS MÚLTIPLOS DE EMPRESAS INCUBADAS DA UFS. *RAI - Revista de Administração e Inovação*, pp. 31-50.

SEBRAE. (2013). *Notícias Sebrae*. Acesso em 16 de 03 de 2013, disponível em SEBRAE Paraná: <http://portal2.pr.sebrae.com.br/PortalInternet/Noticia/ci.48%25-das-empresas-brasileiras-fecham-as-portas-depois-de-tr%C3%A3s-anos.print>

Serra, B., Serra, F. R., Ferreira, M. P., & Fiates, G. G. (jan./mar. de 2011). FATORES FUNDAMENTAIS PARA O DESEMPENHO DE INCUBADORAS DE BASE TECNOLÓGICA. *RAI – Revista de Administração e Inovação*, pp. 221-247.

Sobral, M. F., & Costa, A. P. (2012). Negotiation model for group decision with ELECTRE TRI – the ELECTRE TRI-NG. *Journal of Decision Systems*, pp. 121-136.

Vincke, P. (1992). *Multicriteria Decision-aid*. John Wiley & Sons.

Xavier, W. S., Martins, G. S., & Lima, A. A. (2008). Fortalecendo empreendimentos em TI: qual a contribuição das incubadoras? . *JISTEM - Journal of Information Systems and Technology Management*, pp. 433-452.

**AN APPLICATION OF MULTICRITERIA METHODOLOGY TO PROJECT SELECTION  
IN A BUSINESS INCUBATOR IN PERNAMBUCO-BRAZIL**

**ABSTRACT**

The selection of companies for incubation generates a responsibility to keep them in place for up to three years. This implies an investment in the medium to long term by the public and private initiative, and making mistakes in this selection have hard consequences. Thus, the wrong selection of a project will involve the loss of investment. On the other hand, no choice a promising project has serious consequences for regional and economic development. In this context the incubators face difficulties in deciding which companies should be incubated. This occurs due to the high number of alternatives to be considered in the face of multiple criteria. Considering this, the present paper reports the experimental application of the method PROMETHEE II to support the decision maker in selecting projects in an incubator of Pernambuco, Brazil, in 2012. The use of the multicriteria method allowed the structuring of a model for project selection for incubation, providing to the decision maker a recommendation that helped him in making the final decision.

**Keywords:** Business Incubator; Multicriteria Decision Aid; PROMETHEE II.

---

Data do recebimento do artigo: 22/04/2014

Data do aceite de publicação: 20/03/2015