

MODELO MULTICRITÉRIO PARA A SELEÇÃO DE CONTRATADOS EM PROJETOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Maria Creuza Borges de Araújo¹

¹ Universidade Federal de Pernambuco
Av. Professor Moraes Rego, 1235, Recife, Pernambuco, Brasil
mariacreuzaborges@yahoo.com.br

Luciana Hazin Alencar¹

alencarlh@gmail.com

Ana Carla Reis²

² Universidade de Brasília
Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília, Brasil
anacarlabr@yahoo.com.br

Caroline Maria de Miranda Mota¹

carol3m@gmail.com

RESUMO

A seleção de contratados é uma questão estratégica para a indústria de construção, já que os fornecedores possuem um importante papel no desempenho de projetos. Esse estudo levantou diversos critérios utilizados na avaliação de fornecedores, tais como o desempenho, questões estratégicas e *status* financeiro, identificados por meio de revisão da literatura. Ademais, este artigo propõe uma adaptação do PROMETHEE-GDSS para a seleção de contratados na indústria de construção, na qual o PROMETHEE III é utilizado nas fases de avaliação individual e global, resultando em uma ordenação com fluxos intervalares. Como principal resultado constatou-se que a adaptação utilizada proporciona maior flexibilidade na escolha de contratados. Além disso, os critérios citados na revisão da literatura podem ser utilizados como base para as organizações na seleção de contratados na construção civil.

PALAVRAS CHAVE. Seleção de contratados, PROMETHEE-GDSS, Indústria de Construção.

Área principal (ADM)

ABSTRACT

Contractor selection is a strategic question for construction industry, since the suppliers have an important role in projects performance. This study looked at various criteria used in the supplier evaluation, such as performance, strategic issues and financial status, identified by a literature review. Furthermore, this article proposed an adaptation of PROMETHEE-GDSS for contractor selection in the construction industry, which the PROMETHEE III is used in the phases of individual and global evaluations, resulting in a *ranking* with interval flows. As the main result it was verified that adaptation used provides greater flexibility in choosing contractors. In addition, the criteria cited in the literature review can be used as a basis for organizations in the selection of contractors in construction.

KEYWORDS. Contractor selection. PROMETHEE-GDSS. Construction Industry.

Main area (ADM)

1. Introdução

Os contratados possuem alta influência no sucesso ou fracasso de projetos da indústria de construção civil, já que são responsáveis pelas principais atividades neste processo. Neste contexto, de acordo com Turkys (2008), a avaliação de contratados é uma parte essencial do ciclo de gerenciamento do projeto, pois a seleção de empreiteiros qualificados traz aos *stakeholders* a confiança de atingir os objetivos do mesmo.

Além disso, selecionar fornecedores adequados reduz significativamente o custo de compra de material, aumenta a competitividade do negócio, aumenta a flexibilidade e qualidade do produto e auxilia a acelerar o processo de compra de materiais (Zolfani *et al.*, 2012). Desta forma, “a eficiência do processo de construção é normalmente associada com a escolha bem sucedida de um empreiteiro” (Zavadskas *et al.*, 2008).

Para uma seleção de contratados satisfatória é importante escolher os critérios adequados para o processo de avaliação, que devem estar de acordo com os objetivos e necessidades do cliente. Normalmente, é necessário o uso de vários critérios para alcançar as metas da companhia. Por este motivo, o processo de seleção é considerado um problema de decisão multicritério (Zeydan *et al.*, 2011; Chen *et al.*, 2011). Ademais, o método de seleção é estritamente importante para uma escolha correta e depende do tipo de critério utilizado (qualitativo ou quantitativo), número de decisores, informação disponível, entre outros.

Desta forma, este trabalho propõe um modelo de decisão multicritério que visa selecionar os contratados mais adequados para projetos de construção civil. Para tanto, é utilizada uma adaptação do PROMETHEE GDSS, na qual o PROMETHEE II é substituído pelo PROMETHEE III nas fases de avaliação individual e global, resultando em um *ranking* formado por fluxos intervalares. Assim, se duas alternativas possuem fluxos líquidos muito próximos, de acordo com a amplitude do intervalo, estas poderão ser consideradas indiferentes, o que traz maior flexibilidade ao decisor na escolha do contratado. Em seguida, é realizada uma simulação do modelo proposto. Os critérios utilizados na aplicação numérica foram identificados a partir de uma revisão da literatura em artigos da área.

2. Métodos PROMETHEE

O PROMETHEE (*Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluation*) “é um método de sobreclassificação bem conhecido, que permite ordenar as alternativas da melhor para a pior” (Araz e Ozkaran, 2007). Segundo Vincke (1992), este método consiste na construção de uma relação de sobreclassificação valorada, envolvendo conceitos e parâmetros que possuem interpretações físicas e econômicas mais facilmente entendidas pelos decisores. Chen *et al.* (2011) afirmam que, para a implementação deste método, é necessário obter informações sobre a importância relativa dos critérios considerados e sobre a função preferência do decisor.

De acordo com Brans e Vincke (1985), a vantagem principal do PROMETHEE é a facilidade de entendimento do método pelo decisor. Brans e Mareschal (1994) enfatizam que, embora a noção de critérios generalizados seja introduzida para levar em consideração as amplitudes dos desvios entre avaliações, trazendo a necessidade de vários parâmetros adicionais, tais parâmetros são facilmente entendidos devido ao seu significado econômico. Além disso, Brans *et al.* (1984) afirmam que pequenos desvios nos valores dos parâmetros não induzem modificações importantes nos *rankings* das alternativas. Assim, “as principais vantagens são simplicidade, clareza e estabilidade” (Brans *et al.*, 1986).

No presente trabalho o modelo proposto utiliza o PROMETHEE III para realizar uma adaptação no PROMETHEE-GDSS, a partir da qual serão selecionados fornecedores para a indústria de construção.

2.1. PROMETHEE III

Dentre estes métodos, o PROMETHEE III é o único que possui uma ordenação intervalar. Segundo Brans *et al.* (1984), o mesmo associa, para cada ação a , um intervalo $[x_a, x_b]$ e define uma ordenação intervalar (P, I) , como segue:

$$\begin{array}{ll}
 aPb \text{ se} & x_a > y_b \\
 alb \text{ se} & x_a \leq y_b \text{ e } x_b \leq y_a
 \end{array} \quad (1)$$

O intervalo $[x_a, x_b]$ é dado por:

$$\begin{cases}
 x_a = \bar{\Phi}(a) - \alpha\sigma_a \\
 y_a = \bar{\Phi}(a) + \alpha\sigma_a
 \end{cases} \quad (2)$$

Onde:

$$\begin{cases}
 \bar{\Phi}(a) = \frac{1}{n} \sum_{b \in A} (\pi(a, b) - \pi(b, a)) = \frac{1}{n} \Phi(a) \\
 \sigma_a^2 = \frac{1}{n} \sum_{b \in A} (\pi(a, b) - \pi(b, a) - \bar{\Phi}(a))^2 \\
 \alpha > 0
 \end{cases} \quad (3)$$

Em que n é o número de ações.

Desta forma, este método considera ações que possuem fluxos muito próximos indiferentes, ao passo que, “no PROMETHEE I e II, a indiferença entre duas ações ocorre quando os fluxos correspondentes são estritamente iguais” (Brans *et al.*, 1984), independente da função preferência a ser utilizada. Desta forma, auxilia o decisor na determinação dos limites para a indiferença ou preferência entre alternativas.

2.2. PROMETHEE-GDSS

Em diversas situações, nas quais vários *stakeholders* influenciam diretamente no processo de decisão, é necessário o uso de métodos de decisão em grupo. Tais métodos realizam a agregação das preferências dos diversos participantes e, a partir desta agregação, encontram resultados que se adequem as necessidades da organização, considerando os diferentes pontos de vista existentes.

O PROMETHEE GDSS, proposto por Macharis *et al.* (1998) é um método de decisão em grupo que objetiva apoiar os decisores em situações nas quais os objetivos individuais são fortemente conflitantes (Figura 1).

Os autores citam três passos para a resolução do problema: estágio preliminar, avaliação individual e avaliação global. No estágio preliminar, o analista deve conhecer e estruturar o problema de acordo com as preferências dos decisores, e, em seguida, construir uma tabela de avaliação com o conjunto de alternativas potenciais e critérios globais ou individuais.

Na segunda fase são estabelecidos os pesos de cada critério que, segundo Macharis *et al.* (1998) devem ter soma total igual a 1. Em seguida, os decisores deverão escolher as funções preferências para cada critério. A partir da definição dos pesos e funções obtêm-se a matriz de alternativas (n) versus critérios (k) de avaliação individual. Posteriormente, é realizada a avaliação individual das alternativas, utilizando o PROMETHEE I, PROMETHEE II e o plano GAIA. Ao final da etapa, o indivíduo possui uma ordenação completa das suas alternativas de acordo com o PROMETHEE II.

Na última fase, os fluxos líquidos de todos os decisores com relação a cada alternativa são colhidos e os resultados são agregados. Desta forma, uma nova matriz é criada, considerando os decisores como critérios. O PROMETHEE II é novamente utilizado e obtêm-se o *ranking* global das alternativas.

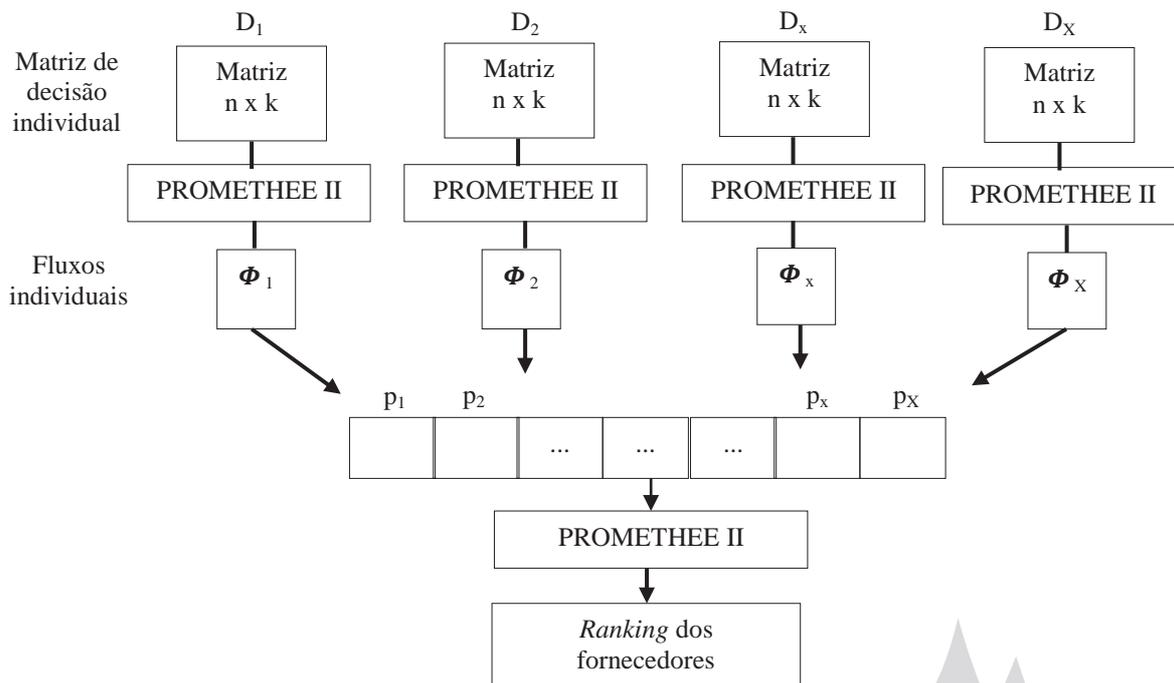


Figura 1-PROMETHEE-GDSS. Fonte: Macharis *et al.* 1998

Este método possui uma abordagem de agregação em nível de saída, apropriada para problemas em que os decisores têm preferências divergentes, como na sistemática proposta. Além disso, admite a atribuição de pesos para os decisores, de forma que o poder de cada um dos indivíduos com relação ao processo de decisório será retratado, o que torna o processo mais realista.

2.2.1 PROMETHEE-GDSS adaptado

No presente estudo foi realizada uma adaptação do PROMETHEE-GDSS. Neste caso, o PROMETHEE II foi substituído pelo PROMETHEE III nas avaliações individual e global.

Essa troca ocorreu porque o PROMETHEE III pode considerar ações com fluxos líquidos muito próximos como indiferentes, pois auxilia o decisor na determinação dos limites para indiferença ou preferência entre alternativas, enquanto o PROMETHEE II colocará um candidato em posição mais elevada no *ranking* que outro, mesmo que estes apresentem desempenhos muito próximos. Desta forma, no contexto de seleção de fornecedores, o PROMETHEE III é considerado mais apropriado.

3. Modelo para Seleção de Contratados

O modelo apresentado na Figura 2 tem como objetivo a seleção de fornecedores para projetos da construção civil a partir da ordenação das alternativas potenciais, de forma que sejam escolhidos aqueles mais adequados os objetivos da organização.

Inicialmente, deve ser criado um comitê de decisores familiarizados com as necessidades internas da empresa, assim como do mercado. A necessidade da decisão em grupo se deve à divergência entre as preferências dos decisores no processo de seleção. O número de membros e a área de atuação dos mesmos poderão variar de acordo com a quantidade de departamentos que sofrem influência direta das decisões acerca dos contratados.

Em seguida, o comitê deverá realizar a identificação dos potenciais contratados, que representarão as alternativas do modelo de decisão proposto. Para identificação dos mesmos, a organização deverá abrir um edital de solicitação de propostas, consultar o cadastro de fornecedores com os quais já trabalha e procurar em sites especializados na área dados sobre indústrias do ramo.

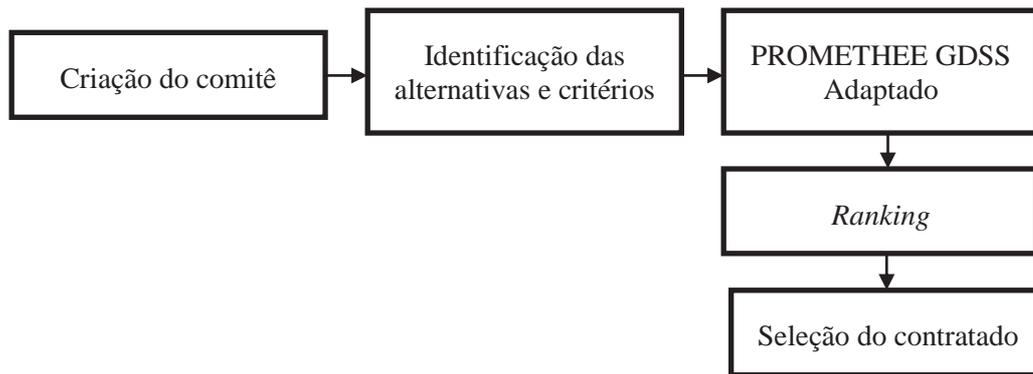


Figura 2 - Modelo proposto

Posteriormente, ocorre a fase de determinação dos critérios, que poderá contar com o auxílio de um analista. Para a determinação dos critérios, o grupo pode realizar seções de brainstorming ou trabalhar de forma separada. No segundo caso, cada indivíduo estabelece seus próprios critérios, e, em seguida, o grupo se reúne para discutir abertamente as propostas dadas. Após tal discussão, será determinado o conjunto de critérios globais. Existem ainda casos em que os critérios podem ser estabelecidos a partir de revisão da literatura.

Após a identificação das alternativas e critérios do modelo, o PROMETHEE-GDSS adaptado será aplicado. Esta adaptação consiste no uso PROMETHEE III ao invés do PROMETHEE II no método citado.

O uso do PROMETHEE GDSS se deve à adequação do mesmo ao problema em questão. Primeiramente, devido ao fato de ser um método de sobreclassificação, possui as seguintes características: lógica de agregação de critérios não compensatória, o que resulta na escolha de contratados com desempenho equilibrado com relação aos critérios identificados; modelagem próxima da realidade, devido ao uso de pesos na avaliação inter-critério; fácil utilização e; alta flexibilidade. Além disso, é um modelo multicritério de decisão em grupo em nível de saída, o que permite a consideração das preferências de todos os decisores, mesmo que estes possuam objetivos específicos conflitantes. Assim, não é necessário atingir um consenso para utilizar o método, o que facilita o processo em situações de conflito de interesses.

Finalmente, o uso do PROMETHEE III na sistemática se deve ao fato de que o PROMETHEE II indica preferência de um fornecedor sobre o outro quando seus desempenhos são muito próximos, enquanto, por ser um método de ordenação intervalar, no PROMETHEE III consideram-se indiferentes ações com fluxos líquidos muito próximos. Além disso, este método auxilia o decisor na determinação dos limites para a indiferença ou preferência entre alternativas.

Desta forma, será construída uma matriz de avaliação para cada um dos membros do comitê. Para a avaliação em grupo, o analista utiliza os fluxos líquidos dos decisores para cada alternativa e o peso dos mesmos, decididos pelo supradecisor, como entrada para a matriz de avaliação global. Desta forma, uma nova matriz é obtida, incluindo as alternativas básicas e os critérios, que correspondem aos decisores.

Como resultado, obtém-se um *ranking*, com a primeira posição ocupada pelo fornecedor com melhor desempenho em relação aos critérios considerados. No caso de seleção múltipla, a ordenação do *ranking* confere a sequência em que os fornecedores deverão ser contratados.

4. Aplicação Numérica

Para a aplicação numérica do modelo proposto foi realizada uma revisão da literatura acerca dos critérios mais utilizados para a seleção de contratados na indústria de construção civil. Em seguida, realizou-se uma simulação utilizando como base os cinco critérios com maior número de citações.

4.1. Critérios para a seleção de contratados

Os critérios de seleção são muito importantes para a tomada de decisão, pois são estritamente relacionados com os objetivos do cliente com relação ao fornecedor. Neste sentido, critérios propostos erroneamente resultarão na escolha de contratados que não estão de acordo com as necessidades do cliente, o que prejudica o processo de criação de parcerias duradouras. Com o intuito de verificar quais os critérios mais utilizados pelas empresas de construção civil para a seleção de contratados realizou-se uma revisão da literatura (Tabela 1).

Tabela 1 – Critérios para seleção de fornecedores

Critério	Artigos
Saúde e segurança	Abbasianjahromi <i>et al.</i> (2013); Alarcón e Mourgues (2002); Cristóbal (2012); El-Abbasy <i>et al.</i> (2013); Liu <i>et al.</i> (2014); Marzouk <i>et al.</i> (2013); Oladapo (2011); Singh e Tiong (2005); Singh e Tiong (2006); Vahdani <i>et al.</i> (2013); Waara e Bröchner (2006); Wei <i>et al.</i> (2005); Wong (2004).
Experiência em trabalhos semelhantes.	Abbasianjahromi <i>et al.</i> (2013); Alarcón e Mourgues (2002); Cristóbal (2012); El-Abbasy <i>et al.</i> (2013); Marzouk <i>et al.</i> (2013); Padhi e Mohapatra (2009); Padhi e Mohapatra (2010); Singh e Tiong (2006); Waara e Bröchner (2006); Watt <i>et al.</i> (2009); Wei <i>et al.</i> (2005); Zavadskas <i>et al.</i> (2008).
Duração	Abdelrahman <i>et al.</i> (2008); Arslan (2012); Cristóbal (2012); El-Abbasy <i>et al.</i> (2013); Marzouk <i>et al.</i> (2013); Oladapo (2011); Padhi e Mohapatra (2009); Padhi e Mohapatra (2010); Turskis (2008); Waara e Bröchner (2006); Zavadskas <i>et al.</i> (2008).
Desempenho em projetos anteriores	Liu <i>et al.</i> (2014); Oladapo (2011); Padhi e Mohapatra (2010); Waara e Bröchner (2006); Waara e Bröchner (2006); Wang <i>et al.</i> (2013); Watt <i>et al.</i> (2009); Wei <i>et al.</i> (2005); Wong (2004); Zavadskas <i>et al.</i> (2008).
Preço da oferta	Abdelrahman <i>et al.</i> (2008); El-Abbasy <i>et al.</i> (2013); Liu <i>et al.</i> (2014); Oladapo (2011); Padhi e Mohapatra (2009); Padhi e Mohapatra (2010); Singh e Tiong (2005); Turskis (2008); Wang <i>et al.</i> (2013); Zavadskas <i>et al.</i> (2008);
Qualidade	Abdelrahman <i>et al.</i> (2008); Alarcón e Mourgues (2002); Arslan (2012) Eshtehardian <i>et al.</i> (2013); Marzouk <i>et al.</i> (2013); Waara e Bröchner (2006); Wang <i>et al.</i> (2013); Zolfani <i>et al.</i> (2012).
Custo	Alarcón e Mourgues (2002); Arslan (2012); Cristóbal (2012); Lo e Yan (2009); Marzouk <i>et al.</i> (2013); Waara e Bröchner (2006); Zolfani <i>et al.</i> (2012).
Status financeiro	Alarcón e Mourgues (2002); Cristóbal (2012); Padhi e Mohapatra (2009); Padhi e Mohapatra (2010); Singh e Tiong (2006); Wei <i>et al.</i> (2005).
Capacidade de gerenciamento	Cristóbal (2012); Oladapo (2011); Singh e Tiong (2005); Vahdani <i>et al.</i> (2013); Wei <i>et al.</i> (2005); Wong (2004).
Reputação	Vahdani <i>et al.</i> (2013); Waara e Bröchner (2006); Watt <i>et al.</i> (2009); Wong (2004); Zolfani <i>et al.</i> (2012).
Estabilidade financeira	El-Abbasy <i>et al.</i> (2013); Singh e Tiong (2005); Vahdani <i>et al.</i> (2013); Wei <i>et al.</i> (2005).
Capacidade financeira	Abbasianjahromi <i>et al.</i> (2013); Liu <i>et al.</i> (2014); Oladapo (2011); Waara e Bröchner (2006).
Capac. Técnica	Cristóbal (2012); Singh e Tiong (2005); Vahdani <i>et al.</i> (2013); Wang <i>et al.</i> (2013).

Para elaboração desta tabela, foi realizada uma busca exaustiva em periódicos disponíveis em cinco bases de dados: *Web of Science, Science Direct, Scopus, Springer Link and*

Wiley Online Library, considerando as seguintes combinações de palavras-chaves: *construction and “contractor selection”*, *construction and “supplier selection”*, *contract and project*, *“contractor selection” and industry*, *“contractor selection” and Project*. Os critérios encontrados estão listados na Tabela 1. Devido ao grande número, apenas aqueles com no mínimo quatro citações são exibidos na tabela.

A revisão demonstra que os cinco critérios mais citados na literatura foram: saúde e segurança (13), experiência em trabalhos semelhantes (12), duração (11), preço de oferta (10) e desempenho em projetos anteriores (10). Tais critérios serão utilizados na simulação.

4.2. Aplicação do método proposto

Para a aplicação do método, foi realizada uma simulação com base em problemas reais, em que se tem um comitê formado por três membros (M_1, M_2 e M_3), com o intuito de selecionar uma empreiteira, dentre seis alternativas listadas (E_1, E_2, E_3, E_4, E_5 e E_6), considerando os seguintes critérios: saúde e segurança (C_1), experiência em trabalhos semelhantes (C_2), duração (C_3), preço de oferta (C_4) e desempenho em projetos anteriores (C_5). Os critérios empregados na simulação foram aqueles que obtiveram a maior quantidade de citações na revisão da literatura, ou seja, que são mais utilizados pelas empresas do ramo de construção civil na seleção de fornecedores segundo os artigos levantados.

Inicialmente é realizada a fase de avaliação individual, na qual cada decisor determina pesos para os critérios, ou seja, a importância relativa dos mesmos, de acordo com suas preferências. No caso em questão, os dados referentes aos pesos dos decisores foram determinados com base na revisão de literatura, assim como no conhecimento do pesquisador com relação ao tema proposto. A Tabela 2 apresenta as informações referentes aos pesos e preferências de cada decisor.

Tabela 2 – Pesos e preferências dos decisores

		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
M_1	Peso	0,23	0,21	0,20	0,18	0,18
	Max ou min?	Max	Max	Min	Min	Max
M_2	Peso	0,19	0,16	0,25	0,21	0,19
	Max ou min?	Max	Max	Min	Min	Max
M_3	Peso	0,20	0,13	0,24	0,24	0,19
	Max ou min?	Max	Max	Min	Min	Max

A função de preferência usual foi determinada para todos os critérios. Os critérios com mensuração objetiva tem o mesmo desempenho para todos os decisores, enquanto aqueles com mensuração subjetiva podem variar de acordo com as opiniões dos mesmos. Desta forma, esta sistemática propõe que cada decisor crie uma matriz de avaliação das alternativas em relação aos critérios de acordo com suas opiniões individuais.

Para a aplicação do PROMETHEE III, inicialmente é elaborada uma matriz para avaliação par a par das alternativas para cada decisor, a partir das quais são calculados os fluxos líquidos de cada alternativa individualmente. Para a ordenação dos contratados, foram calculados os fluxos intervalares para cada alternativa, utilizando $\lambda = 0,15$. Os *rankings* intervalares para cada decisor são expostos na Tabela 3.

Tabela 3 – Rankings individuais

Decisor 1		Decisor 2		Decisor 3	
Alternativa	Intervalo	Alternativa	Intervalo	Alternativa	Intervalo
E ₁	[0,469;0,531]	E ₁	[0,313;0,354]	E ₁	[0,574;0,648]
E ₂	[0,229; 0,234]	E ₂	[0,174;0,196]	E ₂	[0,469;0,531]
E ₃	[-0,071;-0,049]	E ₆	[0,033;0,037]	E ₃	[0,156;0,177]
E ₅	[-0,313,-0,277]	E ₅	[-0,062;-0,055]	E ₆	[-0,177;-0,156]
E ₆	[-0,303;-0,284]	E ₃	[-0,159;-0,141]	E ₅	[-0,295;-0,261]
E ₄	[-0,313,-0,277]	E ₄	[-0,366;-0,323]	E ₄	[-0,884;-0,782]

Observa-se que para o decisor 1, ocorre uma intercessão entre os intervalos das alternativas E₆ e E₄, de modo que as mesmas são indiferentes.

Para a criação de um *ranking* global, elaborou-se uma matriz de avaliação, composta pelas alternativas citadas anteriormente e com os decisores representando os critérios. Neste caso, os membros possuem a mesma importância para a decisão, ou seja, cada decisor tem peso 1/3. A função de preferência escolhida foi o critério usual. Posteriormente, foram obtidos os fluxos intervalares do PROMETHEE III como forma de determinar se existe indiferença entre alternativas, que poderão assumir a mesma colocação no *ranking* final. Os dados são expostos na tabela 4.

Tabela 4 – Ranking global

Ordenação	Alternativa	Intervalo
1°	E ₁	[0,574;0,648]
2°	E ₂	[0,469;0,531]
3°	E ₃	[0,156;0,177]
4°	E ₆	[-0,177;-0,156]
5°	E ₅	[-0,295;-0,261]
6°	E ₄	[-0,884;-0,782]

Comparando-se as tabelas 2 e 3, observa-se que a ordenação global dos contratados está de acordo com os *rankings* individuais, com E₁ e E₂ nas primeiras posições para todos os decisores e, conseqüentemente, na ordenação global. E₃ encontra-se na terceira posição para D₁ e D₃, e, como o peso dos decisores é o mesmo, ocupa também a terceira posição no *ranking* global. As outras três alternativas se alternam nas últimas posições do *ranking*. Desta forma, o fornecedor a ser contratado deve ser E₁ e, caso necessário, a contratação de outros fornecedores deve ser realizada de acordo com sua ordenação no *ranking*.

Para a verificação da robustez do modelo proposto, foi realizada uma análise de sensibilidade, a partir da variação dos pesos dos critérios para cada decisor. Esta análise é realizada aumentando ou diminuindo os pesos de determinados critérios e distribuindo essa variação de forma proporcional entre os demais. Inicialmente, foi realizado um aumento de 15% no peso dos critérios C₁ e C₂ (Tabela 5) e, em seguida, ocorreu uma diminuição de 15% no peso dos critérios C₁ e C₂ (Tabela 6), com uma variação proporcional no peso dos critérios restantes. A Tabela 7 expõe os *rankings* globais resultantes das duas situações.

Tabela 5 – Rankings individuais para acréscimo de 15% em C_1 e C_2

Decisor 1		Decisor 2		Decisor 3	
Alternativa	Intervalo	Alternativa	Intervalo	Alternativa	Intervalo
E ₁	[0,346;0,652]	E ₁	[0,296;0,335]	E ₃	[0,347;0,392]
E ₂	[0,290;0,295]	E ₂	[0,216;0,245]	E ₂	[0,205;0,231]
E ₃	[-0,104;-0,082]	E ₆	[0,020;0,023]	E ₁	[0,092;0,104]
E ₅	[-0,116;-0,108]	E ₅	[-0,047;-0,041]	E ₆	[-0,042;-0,037]
E ₆	[-0,308;-0,289]	E ₃	[-0,167;-0,148]	E ₅	[-0,234;-0,207]
E ₄	[-0,376; -0,200]	E ₄	[-0,388;-0,343]	E ₄	[-0,451;-0,399]

Tabela 6 - Rankings individuais para decréscimo de 15% em C_1 e C_2

Decisor 1		Decisor 2		Decisor 3	
Alternativa	Intervalo	Alternativa	Intervalo	Alternativa	Intervalo
E ₁	[0,347;0,653]	E ₁	[0,313;0,354]	E ₃	[0,347;0,393]
E ₂	[0,229;0,234]	E ₂	[0,174;0,196]	E ₂	[0,210;0,237]
E ₃	[-0,071;-0,049]	E ₆	[0,0,3;0,037]	E ₁	[0,097;0,110]
E ₅	[-0,087;-0,079]	E ₅	[-0,062;-0,055]	E ₆	[-0,044;-0,039]
E ₆	[-0,303;-0,284]	E ₃	[-0,159;-0,141]	E ₅	[-0,254; -0,225]
E ₄	[-0,385;-0,205]	E ₄	[-0,366;-0,324]	E ₄	[-0,440;-0389]

Tabela 7 - Rankings globais para acréscimo e decréscimo de 15% em C_1 e C_2

Aumento de 15%			Diminuição de 15%		
Ordenação	Alternativa	Intervalo	Ordenação	Alternativa	Intervalo
1°	E ₁	[0,574; 0,649]	1°	E ₁	[0,574; 0,649]
2°	E ₂	[0,496;0,531]	2°	E ₂	[0,469;0,531]
3°	E ₃	[0,156;0,177]	3°	E ₃	[0,156;0,177]
4°	E ₆	[-0,295;-0,261]	4°	E ₆	[-0,177;-0,156]
5°	E ₅	[-0,295;-0,261]	5°	E ₅	[-0,295;-0,178]
6°	E ₄	[-0,766;-0,678]	6°	E ₄	[-0,884;-0,782]

Em seguida, realizou-se uma análise de sensibilidade modificando-se os pesos do decisor 1 em $\pm 15\%$. Os resultados são observados na Tabela 8:

De acordo com as Tabelas 5 e 6, a única modificação das ordenações individuais ocorre com relação ao *ranking* do decisor 3, no qual as alternativas E₁ e E₃ tem a ordem alterada. No entanto, esta situação não influenciou o resultado final, pois o *ranking* global continuou o mesmo.

Tabela 8: Rankings globais para $\pm 15\%$ no peso de D_1

Aumento de 15%			Diminuição de 15%		
Ordenação	Alternativa	Intervalo	Ordenação	Alternativa	Intervalo
1°	E ₁	[0,590;0,666]	1°	E ₁	[0,558;0,631]
2°	E ₂	[0,469;0,531]	2°	E ₂	[0,469;0,531]
3°	E ₃	[0,156;0,177]	3°	E ₃	[0,156;0,177]
4°	E ₆	[-0,204;-0,180]	4°	E ₆	[-0,151;-0,133]
5°	E ₅	[-0,286;-0,253]	5°	E ₅	[-0,304;-0,268]
6°	E ₄	[-0,884;-0,782]	6°	E ₄	[-0,884;-0,782]

No que diz respeito às modificações nos pesos dos decisores, observou-se que estas não influenciaram o resultado final. Assim, devido ao fato de não ocorrerem grandes modificações nos resultados, quando ocorrem variações nos pesos dos principais critérios, pode-se afirmar que o modelo proposto é robusto.

5. Considerações finais

A seleção de contratados é uma questão muito importante na indústria de construção, já que o contratado tem um papel fundamental no sucesso dos projetos neste setor. Neste contexto, é imperativo identificar metodologias e critérios adequados a este problema, com o intuito de encontrar fornecedores satisfatórios para trabalhar em tais projetos.

Neste sentido, foi proposto um modelo de decisão multicritério para a seleção de contratados na indústria de construção. Tal modelo considera a existência de vários decisores, com sistemas de preferência diferentes, e a possível dificuldade de consenso. Por este motivo, utiliza o PROMETHEE-GDSS adaptado, que considera as preferências de cada decisor e, em seguida, realiza a agregação das mesmas em nível de saída. Além disso, é possível considerar pesos diferentes para os decisores, que estão relacionados ao seu grau de poder dentro da organização.

A adaptação do PROMETHEE-GDSS consiste na substituição do PROMETHEE II pelo PROMETHEE III em todas as fases do método, de forma que as alternativas com pequenas diferenças no fluxo líquido sejam consideradas indiferentes, resultando em uma maior flexibilidade na escolha dos contratados. A metodologia resulta em um *ranking* de fornecedores, no qual as alternativas nas primeiras colocações são consideradas mais adequadas para a seleção.

Em seguida, foi realizada uma aplicação numérica do modelo proposto. Com o intuito de utilizar critérios considerados pelas empresas reais, realizou-se uma revisão da literatura para identificar os critérios mais utilizados na seleção de contratados. A pesquisa foi conduzida em cinco bases de dados: Web of Science, Science Direct, Scopus, Springer Link and Wiley Online Library. Os cinco critérios com maior número de citações durante a revisão foram utilizados na simulação. Em seguida, foi realizada uma análise de sensibilidade para considerar as modificações dos *rankings* para pequenas modificações nos pesos dos critérios ou dos decisores. Esta análise demonstrou que o método pode ser considerado robusto para pequenas variações nos pesos.

Neste sentido, o uso do modelo é considerado apropriado para o problema em questão. Além disso, os critérios citados na revisão da literatura podem ser utilizados como base para as organizações na seleção de contratados na construção civil, já que identifica aqueles mais citados nesta área. Além disso, pode-se aplicar a sistemática em indústrias de outros setores, considerando os critérios adequados, além das informações existentes, do número de decisores e do grau de convergência entre eles.

Referências

- Abbasianjahromi, H. e Rajaie, H. e Shakeri, E.** (2013), A framework for subcontractor selection in the construction industry, *Journal of Civil Engineering and Management*, 19, 158-168.
- Abdelrahman, M. e Zayed, T. e Elyamany, A.** (2008), Best-value model based on project specific characteristics, *Journal of Construction Engineering and Management*, 134, 179-188.
- Alarcón; L. F. e Mourgues, C.** (2002), Performance modeling for contractor selection, *Journal of Management in Engineering*, 18, 52-60.
- Araz, C. e Ozkarahan, I.** (2007), Supplier Evaluation and Management System for Strategic Sourcing Based on a New Multicriteria Sorting Procedure. *International Journal of Production Economic*, 106, 585-606.
- Arslan, G.** (2012), Web-based contractor evaluation system for mass-housing projects in Turkey, *Journal of Civil Engineering and Management*, 18, 323-334.
- Brans, J. P. e Mareschal, B.** (1994), The PROMCALC & GAIA Decision Support System for Multicriteria Decision Aid, *Decision Support System*, 12, 297-310.
- Brans, J. P. e Mareschal, B. e Vincke, P.** (1984), PROMETHEE: A New Family of Outranking Methods in Multicriteria Analysis, In *PROCEEDINGS OF IFORS CONFERENCE*. Washington, United States.
- Brans, J. P. e Vincke, P. e Mareschal, B.** (1986), How to Select and how to rank Projects: The PROMETHEE Method, *European Journal of Operational Research*, 24, 228-238.
- Brans, J. P. e Vincke, Ph.** (1985), A Preference Ranking Organisation Method: The PROMETHEE Method for Multiple Criteria Decision-Making. *Management Science*, 31 (6): 647-656.
- Chen, Y. e Wang, T. e Wu, C.** (2011), Strategic Decisions Using the Fuzzy PROMETHEE for IS Outsourcing, *Expert Systems with Applications*. 38 13216-13222.
- Cristóbal, J. R. S.** (2012), Contractor Selection Using Multicriteria Decision-Making Methods, *Journal of Construction Engineering and Management*, 138, 751-758.
- El-Abbasy, M. S. e Zayed, T. e Ahmed, M. e Alzraiee, H. e Abouhamad, M.** (2013), Contractor selection model for highway projects using Integrated Simulation and Analytic Network Process, *Journal of Construction Engineering and Management*, 139, 755-767, 2013.
- Eshtehardian, E. e Ghodousi, P. e Ghodousi, A.** (2013), Using ANP and AHP for the supplier selection in the construction and civil engineering companies; case study of iranian company, *Journal of Civil Engineering*, 17, 262-270.
- Liu, B. e Huo, T. e Liao, P. e Gong, J. e Xue, B.** (2014), A group decision-making aggregation model for contractor selection in large scale construction projects based on Two-Stage Partial Least Squares (PLS) Path Modelling, *Group Decision and Negotiation*.
- Macharis, C. e Brans, J. e Mareschal, B.** (1998), The GDSS PROMETHEE Procedure, *Journal of Decision Systems*, 7, 283-307.
- Marzouk, M.M. e El-Kherbawy, A.A. e Khalifa, M.** (2013), Factors influencing sub-contractors selection in construction projects, *HBRC Journal*, 9, 150-158.
- Oladapo, A.A.** (2011), Multi-criteria contractor selection– a practical application of analytic hierarchy process, *Management, Procurement and Law*, 164, 2011.
- Padhi, S.S. e Mohapatra, P.K.J.** (2009), Centralized construction contractor selection considering past performance of contractors: a case of India, *Operation Research: An International Journal*, 9, 199-224.
- Padhi, S.S. e Mohapatra, P.K.J.** (2010), Centralized bid evaluation for awarding of construction projects – A case of India government, *International Journal of Project Management*, 28, 275-284.
- Singh, D. e Tiong, R. L. K.** (2005), A fuzzy decision framework for contractor selection, *Journal of Construction Engineering and Management*, 131, 62-70.
- Singh, D. e Tiong, R.,** (2006), Contractor Selection Criteria: Investigation of Opinions of Singapore Construction Practitioners, *Journal of Construction Engineering and Management*, 132, 998-1008.

Turskys, Z. (2008), Multi-attribute contractors ranking method by applying ordering of feasible alternatives of solutions in terms of preferability technique, *Technological and Economic Development of Economy*, 14, 224-239.

Vahdani, B. e Mousavi, S.M. e Hashemi, H. e Mousakhani, M. e Tavakkoli-Moghaddam, R. (2013), A new compromise solution method for fuzzy group decision-making problems with an application to the contractor selection, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 26, 779-788.

Vincke, P., Multicriteria Decision-aid, João Wiley & Sons, Bruxelles, 1992.

Waara, F. e Bröchner, J. (2006), Price and nonprice criteria for contractor selection, *Journal of Construction Engineering and Management*, 132, 797-804.

Wang, W. e Yu, W. e Yang, I. e Lin, C. e Lee, M. e Cheng, Y. (2013), Applying the AHP to support the Best-Value contractor selection - Lessons learned from two case studies in Taiwan, *Journal of Civil Engineering and Management*, 1, 24-36.

Watt, D. J. e Kayis, B. e Willey, K. (2009), Identifying key factors in the evaluation of tenders for projects and services, *International Journal of Project Management*, 27, 250-260.

Wei, L.Y. e Shouyu, C. e Xiangtian, N. (2005), Fuzzy pattern recognition approach to construction contractor selection, *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 4, 103-118.

Wong, C.H. (2004), Contractor performance prediction model for the United Kingdom construction contractor: study of Logistic Regression Approach, *Journal of Construction Engineering and Management*, 130, 691-698.

Zavadskas, E. K. e Turskis, Z. e Tamošaitienė, J. (2008), Contractor selection of construction in a competitive environment, *Journal of Business Economics and Management*, 9, 181-187.

Zeydan, M. e Çolpan, C. e Çobanoğlu, C. (2011), A combined methodology for supplier selection and performance evaluation, *Expert Systems with Applications*, 38, pp. 2741-2751.

Zolfani, S.H. e Chen, I. e Rezaeiniya, N. e Tamošaitienė, J., (2012), A hybrid MCDM model encompassing AHP and COPR AS-G Methods for selecting company supplier in Iran, *Technological and economic development of economy*, 18, 529-543.