

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

GABRIEL FREIRE DE ALMEIDA VITORINO

**MODELO MULTICRITÉRIO PARA SELEÇÃO DE
FORNECEDORES EM COMPRAS PÚBLICAS BASEADO NO
SMARTER E MODELO ADITIVO COM VETO: O CASO DE
UMA UNIVERSIDADE PÚBLICA**

CARUARU – PE

2018

GABRIEL FREIRE DE ALMEIDA VITORINO

**MODELO MULTICRITÉRIO PARA SELEÇÃO DE
FORNECEDORES EM COMPRAS PÚBLICAS BASEADO NO
SMARTER E MODELO ADITIVO COM VETO: O CASO DE
UMA UNIVERSIDADE PÚBLICA**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia de Produção do Centro Acadêmico do Agreste - CAA, da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Pesquisa Operacional

Orientador: Prof. Dr. Jônatas Araújo de Almeida

CARUARU – PE

2018

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Simone Xavier - CRB/4 - 1242

V845m	Vitorino, Gabriel Freire de Almeida. Modelo multicritério para seleção de fornecedores em compras públicas baseado no SMARTER e modelo aditivo com veto: o caso de uma universidade pública. / Gabriel Freire de Almeida Vitorino. - 2018. 49 f. : 30 cm. Orientador: Jônatas Araújo de Almeida Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Engenharia de Produção, 2018. Inclui Referências. 1. Compras (serviço público). 2. Licitação pública. 3. Multicritério. I. Almeida, Jônatas Araújo de (Orientador). II. Título. 658.5 CDD (23. ed.) UFPE (CAA 2018-263)
-------	---

GABRIEL FREIRE DE ALMEIDA VITORINO

**MODELO MULTICRITÉRIO PARA SELEÇÃO DE
FORNECEDORES EM COMPRAS PÚBLICAS BASEADO NO
SMARTER E MODELO ADITIVO COM VETO: O CASO DE
UMA UNIVERSIDADE PÚBLICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia de Produção do
Centro Acadêmico do Agreste - CAA, da
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, como
requisito para a disciplina **Projeto Final de Curso**.

Área de concentração: Pesquisa Operacional.

A banca examinadora composta pelos professores abaixo, considera o candidato
APROVADO com nota_____.

Caruaru, 13 de Dezembro de 2018.

Banca examinadora:

Prof. Jônatas Araújo de Almeida. _____

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Orientador)

Prof. José Leão e Silva Filho _____

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Avaliador)

Prof. Marcele Elisa Fontana _____

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Avaliador)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, não posso deixar de agradecer a Deus por tornar tudo isso possível.

Agradeço ao professor Jônatas pela valiosa e dedicada orientação. Obrigado por sua confiança e por me guiar com seus conhecimentos nos momentos de dúvida, sempre com muita atenção.

Agradeço aos colegas do laboratório CDSID pelos conselhos e aprendizados compartilhados.

Aos membros da banca de avaliação, pelas observações providenciais ao trabalho.

Agradeço à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) por possibilitar a realização da atividade de pesquisa deste trabalho por meio do Portal de Periódicos CAPES.

Agradeço à minha família que sempre me apoiou em todas as minhas decisões e me ajudaram nas horas mais cansativas. Aos meus pais por me ensinarem o valor e a importância do estudo e da instrução para a minha vida.

Agradeço à minha irmã, por todo apoio e ajuda fornecida durante a realização deste trabalho.

À minha namorada, que sempre permaneceu do meu lado em todos os momentos.

Enfim, muitos contribuíram direta ou indiretamente para o êxito deste trabalho. A todos que fizeram parte dessa jornada meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

As instituições públicas enfrentam dificuldades significativas no desenvolvimento de metodologias que atendam a grande demanda da sociedade por economia e eficiência em seus processos de compras públicas. A seleção de fornecedores consiste em uma atividade essencial nas compras públicas, tornando necessária a utilização de uma abordagem de apoio à decisão que estruture de maneira analítica e formal as atividades de compras no setor público. Devido ao alto montante gasto anualmente, a busca por metodologias que alcancem resultados efetivos direciona o estudo de novos modelos de seleção de fornecedores em compras públicas. Neste sentido, o presente trabalho trata da aplicação de um modelo multicritério de apoio à decisão com o objetivo de apoiar os gestores públicos de uma Instituição Federal de Ensino Superior no processo de compras públicas, mais especificamente, na decisão de seleção da melhor proposta para licitação com foco na modalidade Pregão. O método multicritério SMARTER foi utilizado com o objetivo de estabelecer uma metodologia prática de obtenção da ordenação dos critérios utilizados no pregão, bem como os valores dos pesos que servem de entrada para a agregação aditiva do modelo. Além disso, o modelo utilizou o conceito de veto para problemática de ordenação, com o propósito de mais realisticamente modelar o tipo de problema em questão. O modelo foi submetido a uma análise de sensibilidade para avaliar sua robustez, onde verificou-se o fornecimento de uma solução adequada e robusta para o problema. Por fim, constatou-se que a aplicação do presente modelo poderia aumentar a transparência e competição, além de reduzir casos de corrupção no setor público.

Palavras-chave: Compras Públicas. Licitação. Seleção de Fornecedores. Modelo de Apoio à Decisão. Método SMARTER. Modelo Aditivo Com Veto.

ABSTRACT

Public enterprises face significant difficulties in developing methodologies that meet society's great demand for economy and efficiency in its public procurement processes. The supplier selection is an essential activity in public procurement, requiring the use of a decision support approach that analytically and formally structures procurement activities in the public sector. Due to the high amount spent annually, the search for methodologies that achieve effective results directs the study of new supplier selection models in public procurement. In this sense, the present study deals with the application of a multicriteria decision support model in order to support the public managers of a Federal University in the public procurement process, more specifically, in the decision to select the best bidding proposal focusing on the trading floor modality. The multicriteria method SMARTER was used to establish a practical methodology to obtain the ordering of criteria used in the trading floor, as well as the weights that serve as inputs for the additive aggregation of the model. In addition, the model used the veto concept for ordering problematic, in order to better model the type of problem in question. The model was submitted to a sensitivity analysis to evaluate its robustness, where it was verified that the given recommendation for the problem is adequate and robust. Finally, it was found that the application of the proposed model could increase the transparency and competition, besides reducing cases of corruption in the public sector.

Keywords: Public Procurement. Bidding. Supplier Selection. Decision Support Model. SMARTER Method. Additive-Veto Model.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Etapas do método SMARTER propostas por Edwards e Barron (1994)	25
Figura 3.1 - Modelo de seleção de fornecedores proposto por Schramm et al. (2016)	31
Figura 4.1 - Resultado da análise de sensibilidade	39
Figura 4.2 - Frequência com que F4.2 é preferível quando comparada isoladamente às soluções da análise de sensibilidade	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Matriz de Avaliação do Exemplo	27
Tabela 4.1 - Escala de avaliação dos critérios	36
Tabela 4.2 - Oferta de referência do órgão público	36
Tabela 4.3 - Peso dos critérios de avaliação	36
Tabela 4.4 - Matriz de Consequências	37
Tabela 4.5 - Ordenação das propostas com e sem veto	38
Tabela 4.6 - Matriz de comparações par a par da análise de sensibilidade	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Características principais dos grupos de métodos MCDA	21
Quadro 2.2 - Tipos de problemática enfrentados pelo decisor	21
Quadro 4.1 - Objetivo, definição e forma de avaliação dos critérios utilizados	35

SUMÁRIO

1	<i>INTRODUÇÃO</i>	<i>11</i>
1.1	Objetivos.....	13
1.2	Justificativa	13
1.3	Estrutura	14
2	<i>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</i>	<i>15</i>
2.1	Compras públicas e seleção de fornecedores	15
2.2	Apoio a decisão multicritério	18
2.3	Método SMARTER	23
2.4	Modelo aditivo com veto	27
3	<i>METODOLOGIA</i>	<i>30</i>
3.1	Características científicas do estudo.....	30
3.2	O modelo	30
3.3	Ferramenta computacional	33
4	<i>ESTUDO DE CASO</i>	<i>35</i>
4.1	Discussão dos resultados.....	40
5	<i>CONSIDERAÇÕES FINAIS</i>	<i>42</i>
	<i>REFERÊNCIAS</i>	<i>44</i>

1 INTRODUÇÃO

A seleção de fornecedores tem atraído a atenção de pesquisadores há algumas décadas. Durante este período, as pesquisas buscam desenvolver metodologias e conceitos que proporcionem eficiência neste processo crítico para a gestão de suprimentos de uma organização (ONUT e TOSUN, 2014; DE BOER, LABRO e MORLACCHI, 2001). Ho, Xu e Dey (2010) afirmam que decisões incorretas relacionadas à esta atividade podem ocasionar interrupções no abastecimento de bens/serviços e, conseqüentemente, graves impactos nas operações organizacionais.

A complexidade da decisão em virtude da quantidade e natureza dos critérios considerados na avaliação tem aumentado significativamente as imposições de um processo decisório estruturado e formal. A capacidade das organizações em atender as necessidades de seus clientes contribui, também, para a complexidade e relevância da decisão, pois a qualidade dos produtos e serviços entregue pelos fornecedores está diretamente ligada ao atendimento à estas necessidades (CHEN, LIN e HUANG, 2006). Neste sentido, Kahraman, Cebeci e Ulukan (2003) dizem que as organizações adotam um processo decisório restrito, focando em fornecedores com excelência e aptos a apoiar as estratégias organizacionais. Tais restrições são convertidas em critérios de avaliação, utilizados para a comparação entre os diferentes fornecedores.

De acordo com Buttha e Huq (2010), uma definição globalmente difundida afirma que o processo de seleção de fornecedores consiste em determinar os fornecedores apropriados que possam oferecer produtos e/ou serviços no preço certo, qualidade certa, quantidade certa e momento certo. Portanto, o processo de seleção de fornecedores manifesta-se a partir da decisão administrativa de subcontratar fornecimentos ou serviços necessários para a operação da empresa.

Considerado uma atividade essencial no gerenciamento da cadeia de suprimentos, a seleção de fornecedores está presente tanto em empresas privadas como em órgãos públicos. Os órgãos públicos enfrentam grandes dificuldades na aplicação de soluções que atendam a grande demanda por economia e eficiência em seus processos de compras públicas (PASTOR-FERRANDO et al. 2010). Neste contexto, em diversos países, metodologias inovadoras têm sido aplicadas no processo de seleção e avaliação de fornecedores em instituições públicas, a fim de buscar por novas soluções que alcancem resultados efetivos e sustentáveis para as organizações (BALLESTEROS-PÉREZ et al. 2015).

Os procedimentos de seleção de fornecedor nos setores público e privado possuem algumas similaridades e diferenças. Uma das diferenças principais é a característica particular das compras públicas de cumprir rigorosos requisitos legislativos específicos (BOBAR et al. 2015). Estes requisitos legislativos variam dependendo do País. Na União Europeia, por exemplo, estes processos são regulados pela diretiva 2004/18/EC, também chamada *Public Procurement Directive* (EUROPEAN PARLIAMENT AND COUNCIL DIRECTIVE, 2004). Em termos locais, as compras públicas brasileiras são reguladas pela Lei 8.666/93 (BRASIL, 1993) da Constituição Federal de 1988, em que por meio de licitação, a Administração Pública atende aos interesses da sociedade.

A lei 8.666/93 (BRASIL, 1993) determina cinco modalidades de licitação e todas as regras a serem seguidas nos processos de compras e contratações públicas. Além destas modalidades, a Lei 10.520/02 (BRASIL, 2002) criou uma sexta modalidade de licitação atualmente mais utilizada chamada pregão. Justen Filho (2014) define o pregão como um aprimoramento das demais modalidades licitatórias por incorporar, na fase competitiva do processo, presencial ou eletronicamente, a redução no valor das propostas por meio de lances sucessivos. O pregão possibilita mais celeridade no processo, maior transparência, além de garantir maior economia para os gestores públicos.

Dentre as similaridades, o principal ponto em comum é a característica do problema como uma tomada de decisão multicritério, em que a seleção deve ser feita entre os fornecedores potenciais de acordo com a avaliação de seus atributos intrínsecos (COSTANTINO et al. 2015). Kabi, Hussain e Khan (2017) complementam que, no passado, a maioria dos setores públicos usavam o critério de menor preço (do inglês *Lowest Price*) como o único critério de premiação na seleção de fornecedor, mas esta avaliação não necessariamente fornece o melhor valor para o dinheiro. Além disso, o uso de critérios adicionais está aumentando e, conseqüentemente, os regulamentos de compras públicas estão sendo adequadamente alterados.

Atualmente, em compras públicas, uma nova abordagem chamada MEAT (do inglês *Most Economically Advantageous Tender*) ou *Best Value for money* tem sido bastante utilizada na União Europeia (ROCHA DE GOUVEIA, 2002), EUA (ART CHAOVALITWONGSE et al. 2012) e China (LAI, LIU e WANG, 2004), no qual é empregada quando vários atributos são considerados simultaneamente. Nesse caso, esta abordagem internacional permite que diferentes fatores sejam incorporados no valor global dos fornecedores usando um método de ponderação linear.

No entanto, a avaliação monocritério nos processos licitatórios do Brasil ainda é bastante utilizada, considerando na sua grande maioria, o critério preço como único atributo do problema

de tomada de decisão. Neste contexto, percebe-se que o modelo proposto rompe a barreira legislativa do processo licitatório baseado no Pregão, fazendo com que sua aplicação ocorra de maneira fictícia.

1.1 Objetivos

Com o presente trabalho, busca-se desenvolver um modelo multicritério que proponha uma formalização do processo licitatório baseado nos procedimentos descritos na Lei 10.520. O trabalho tem como objetivo principal aplicar um modelo multicritério de apoio à decisão no processo de compras públicas de uma Instituição Federal de Ensino Superior. Especificamente, o modelo baseado no SMARTER e no modelo aditivo com veto lida com a seleção da melhor proposta de licitação, focando na modalidade pregão.

Para alcançar o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram realizados:

- Contribuir na revisão de literatura com os principais conceitos relacionados à seleção de fornecedores em aquisições públicas, ao apoio à decisão multicritério e aos métodos utilizados;
- Propor uma estruturação de fases para o processo de compras públicas levando em conta a Lei 10.520;
- Adotar uma escala intervalar de avaliação específica que melhor se adequa às características do problema estudado
- Combinar o método SMARTER com o modelo aditivo com veto formando um modelo de decisão que mais realisticamente modela o problema;
- Desenvolver uma análise de sensibilidade para verificar a robustez da solução do modelo

1.2 Justificativa

De acordo com Bergman e Lundberg (2013), as aquisições de bens e serviços por parte do poder público representaram 15% do Produto Interno Bruto (PIB) mundial. Em 2003, o montante gasto com contratos públicos na Europa foi superior a 1500 bilhões de euros, o que equivale a cerca de 16% do Produto Interno Bruto da União Europeia (ROCHA DE GOUVEIA, 2002). Ribeiro et.al (2018) constatou que de 2006 a 2012, as compras públicas compreenderam uma média de 13,8% do PIB do Brasil. Segundo informações Gerenciais de Contratações e Compras Públicas do Ministério de Planejamento, o governo federal movimentou 62,1 bilhões de reais na aquisição de bens e serviços, realizando pouco menos de 200 mil processos de compra no ano de 2014 (BRASIL, 2014). Portanto, Mamavi et al. (2015) afirmam que o

problema de seleção de fornecedores em compras públicas tem sido extensivamente estudado devido à, dentre vários motivos, o grande montante gasto.

Pelo fato do preço ainda ser amplamente usado como o único critério de avaliação nos processos licitatórios Brasileiros e devido à óbvia necessidade por uma metodologia que garanta oportunidades iguais e transparência aos licitantes, justifica-se o desenvolvimento de um modelo multicritério que possa reduzir os erros causados pelos atuais procedimentos de compras públicas previstos em lei, além de fornecer uma metodologia que possibilita maior competição entre os licitantes.

1.3 Estrutura

O presente trabalho está organizado em cinco capítulos. A estrutura definida no trabalho buscou proporcionar uma melhor compreensão da pesquisa e fornecer uma perspectiva ampla acerca da seleção de fornecedores em compras públicas. No primeiro capítulo, a contextualização do problema, justificativa e objetivos do estudo compõem a introdução. O segundo capítulo apresenta uma explanação dos principais conceitos sobre a seleção de fornecedores em compras públicas e métodos multicritério utilizados. No terceiro capítulo, a metodologia é introduzida através da apresentação do modelo multicritério desenvolvido. O quarto capítulo apresenta um estudo de caso para aplicação do modelo proposto, uma análise de sensibilidade para verificação da robustez da solução e, por fim, uma extensa discussão dos resultados encontrados. O último capítulo apresenta as considerações finais baseadas nos resultados do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Compras públicas e seleção de fornecedores

Do ponto de vista de Walker e Brammer (2009), compras públicas consistem basicamente na aquisição de bens, serviços e trabalhos pela instituição pública, atendendo à requisitos e condições estabelecidas pela legislação de compras públicas. As leis que regulam estes processos públicos variam de acordo com o país, havendo portanto, diferentes práticas de aquisição pública em vigência no mundo. No entanto, diversos autores concordam que uma nova perspectiva global relacionada à avaliação de fornecedores para compras públicas tem ganhado relevância.

A adoção de novas metodologias que incentivam ou prescrevem o uso de múltiplos critérios na seleção de fornecedores em licitações públicas e, conseqüentemente, alterações nas regulações e requisitos legislativos tem crescido significativamente neste sentido. Esta avaliação multicritério é comumente chamada *Most Economically Advantageous Tender* (MEAT) ou *Best Value for Money*, podendo ser empregada no fenômeno de tomada de decisão em que a seleção do fornecedor buscará atender geralmente objetivos conflitantes, considerando várias alternativas e critérios (WAARA e BRÖCHNER, 2006).

As alternativas podem ser definidas como fornecedores que possuem recursos específicos desejando fornecê-los às organizações públicas a fim de atender suas necessidades. Por outro lado, os critérios consistem em atributos intrínsecos às propostas dos fornecedores e indicam o grau de alcance aos objetivos da aquisição pública que as propostas submetidas proporcionam (SCIANCELEPORE et al., 2011). Para Wong, Holt e Harris (2001), diversos critérios qualitativos e quantitativos tem sido utilizados nos casos práticos de compras públicas, sendo possível citar preço, qualidade, capacidade, tempo de entrega, localização geográfica, desempenho, confiabilidade, termos de pagamento e diversos outros atributos.

Outra importante característica da seleção de fornecedores em compras públicas é o alto montante gasto. Aproximadamente, 15% do Produto Interno Bruto (PIB) mundial é gasto com aquisições públicas (BERGMAN e LUNDBERG, 2013). Neste contexto, devido à complexidade e relevância da decisão, o estudo de diferentes técnicas e metodologias para a atividade de seleção de fornecedores em compras públicas tem sido desenvolvidos. O objetivo é proporcionar maior transparência, competição e igualdade entre os participantes, além de fornecer uma estruturação ao processo decisório e aumentar a eficiência e eficácia dos resultados (SHEN et al., 2004; FALAGARIO et al., 2012).

Falagario et al. (2012) utilizaram a avaliação da eficiência cruzada baseada na Análise Envoltória de Dados (DEA), para avaliar diferentes propostas em uma licitação pública avaliada por meio de múltiplos critérios. Kabi et al. (2017) propuseram uma metodologia baseada no método AHP para encontrar os melhores critérios de aquisição que abordam itens críticos em organizações governamentais nos Emirados Árabes Unidos (EAU). Bergman e Lundberg (2013) forneceram um estudo sobre o problema de combinar qualidade e preço em uma única pontuação geral, discutindo as vantagens e desvantagens de métodos como avaliações baseadas na mais alta qualidade, no preço mais baixo, e combinando preço e qualidade em compras públicas. Bobar et al. (2015) propuseram uma abordagem integrada com base em um método fuzzy e no método TOPSIS fuzzy, permitindo a avaliação de fornecedores sem a definição de pesos por parte de um comitê de compras públicas. Constantino et al. (2011) abordou o problema de decisão de seleção de fornecedores no setor de compras públicas usando uma abordagem de tomada de decisão baseada no AHP fuzzy e mantendo os recursos de transparência solicitados na aquisição pública.

Em termos locais, segundo o relatório de Informações Gerenciais e Contratações e Compras Públicas do Ministério do Planejamento referente ao ano de 2014, o governo federal movimentou 62,1 bilhões de reais na aquisição de bens e serviços, realizando pouco menos de 200 mil processos de compra (BRASIL, 2014). Bittencourt (2014) sustenta que tais aquisições são sustentadas pela necessidade, por parte do órgão público, de oferecer bens/serviços de qualidade que garantam o bom funcionamento do sistema e satisfaçam os interesses da sociedade. Para isso, o setor de adjudicação, ou comissão de peritos selecionados pelo setor público, elege fornecedores por meio de seleções, visando buscar aquele que atenda seus critérios e que tenha o melhor custo benefício.

As compras realizadas pelos órgãos públicos são consideradas despesas públicas, conforme é apresentado nas leis que regem a contabilidade pública (Lei nº 4.320/64), entretanto, estas devem passar por um processo para serem efetuadas, no qual é denominado processo licitatório (SILVEIRA, LOPES e CINTRA, 2009). No Brasil, as compras públicas são reguladas pela lei 8.666/93 da Constituição Federal e são executadas por meio de licitação que, de acordo com a legislação, são mecanismos contratuais da Administração Pública referentes a compras, obras, serviços, alienações e locações onde a proposta de licitação mais vantajosa é selecionada, atendendo assim, a demanda da sociedade (BRASIL, 1993).

Para Justen Filho (2014), a licitação é derivado do latim *licitatione* que pode ser traduzido como venda por lances e consiste em um procedimento administrativo disciplinado por lei, observando o princípio da isonomia, que estabelece a igualdade de condições a todos que

desejam participar. É obrigatória no âmbito dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, exceto em casos específicos, conforme estabelece o artigo 37, inciso XXI, da Constituição Federal (1988), que estabelece normas para uma licitação ser dispensada ou até mesmo inexigível.

A lei 8.666/93 determina cinco modalidades de licitação e todas as regras a serem seguidas nos processos de compras e contratações. A respeito destas modalidades, pode-se inferir que são divididas em cinco: (a) convite; (b) tomada de preços; (c) concorrência; (d) concurso; e (e) leilão em que são determinadas com base no valor do contrato. As três primeiras modalidades são utilizadas no processo de compra de bens e o que as diferencia é o valor estimado do contrato. Enquanto que concurso e leilão se referem, respectivamente, à escolha de trabalho técnico, científico ou artístico, e à venda de bens móveis e imóveis (CUNHA, DUTRA e BINOTTO, 2016).

Além destas modalidades, a Lei 10.520/02 criou uma modalidade chamada pregão para a aquisição de bens e serviços comuns que se caracteriza como um aprimoramento das demais modalidades licitatórias, tornando a aquisição mais simples, rápida e convidativa. Segundo Justen Filho (2014), o pregão é conceituado como um procedimento administrativo por meio do qual a Administração Pública seleciona fornecedor ou prestador de serviço, permitindo aos licitantes, em sessão pública, reduzir o valor da proposta por meio de lances sucessivos.

Sua principal distinção em relação as outras modalidades é a inversão das fases de abertura de documentação e análise das propostas. De acordo com a Lei Federal nº 8.666/93, a análise da documentação ocorre primeiro para posteriormente se analisarem as propostas. No entanto, esta ordem de processos pode prejudicar a concorrência pois em caso de inabilitação de algum fornecedor, o mesmo fica impedido de prosseguir na licitação, não tendo direito de concorrer com a proposta entregue inicialmente (SANTANA, 2014).

Santana (2014) complementa que o pregão transcorre aproximadamente em 20 dias, diferentemente das outras modalidades que duram geralmente alguns meses. Esta redução de tempo caracteriza vantagem altamente positiva para a Administração Pública e para os licitantes, privilegiando a celeridade proporcionada pelos prazos mais curtos.

Além disso, a comissão de licitação, neste caso, é substituída pela figura do pregoeiro. Esta modalidade pode ser realizada de forma presencial e eletrônica. Na forma presencial, existe o contato físico com os licitantes, a equipe de apoio e o pregoeiro. Na forma eletrônica, todo procedimento é feito através de recursos tecnológicos de informação, em sistemas específicos (MALISCHESKI, AZEVEDO e ERDMANN, 2013).

Diversos estudos podem ser encontrados na literatura acerca das modalidades licitatórias brasileiras, abrangendo desde a análise da eficiência delas até o desenvolvimento de modelo híbrido baseado em negociação e métodos multicritério. Bastos e Almeida (2002) propõe uma análise de um processo de licitação na construção civil baseada no Promethee II, considerando o critério preço indiferente à primeira luz e inserindo critérios relacionados à qualidade e confiabilidade. Luchi e Carneiro (2006) analisaram a eficiência e eficácia da modalidade de licitação pregão em um órgão do ramo jurídico do Espírito Santo, concluindo que a modalidade tornou o processo licitatório mais rápido e competitivo. Cavalcante, Schramm e Silva (2015) desenvolveram um modelo multicritério de apoio à seleção de fornecedores para o setor público considerando negociações integrativas simultâneas e um fluxo de atividades do modelo baseado na legislação. Menezes, Silva e Linhares (2007) apresentaram uma abordagem de decisão multicritério baseada na teoria da utilidade multiatributo, agregando maior valor à decisão pelas organizações compradoras do setor público brasileiro.

No que diz respeito a números, em 2014, o pregão eletrônico respondeu por 59,7% das compras governamentais brasileiras, com um gasto de R\$37,08 bilhões. Se comparado apenas às modalidades licitatórias, essa forma de contratação foi responsável por 91,1% dos gastos em aquisições no Brasil (BRASIL, 2014). Por fim, na época da sua criação, o pregão foi considerado uma inovação com relação ao processo de compras públicas, entretanto, esta modalidade ainda possui algumas fragilidades. Uma das mais importantes é a avaliação fixada ao critério do tipo menor preço.

2.2 Apoio a decisão multicritério

Em inúmeras situações cotidianas, os gestores se deparam com problemas que solicitam uma tomada de decisão envolvendo várias alternativas e critérios, onde se busca atender a vários objetivos conflitantes em ambientes dinâmicos e complexos. Para Belton e Stewart (2002), a importância do processo decisório não está ligada ao poder de decisão em si, mas sim nos impactos que poderão ser extremamente relevantes para a organização ou terrivelmente prejudiciais em certos casos.

Neste contexto, o processo de decisão foca e lida com a forma como estas afetam o futuro da organização. Este tipo de problema é denominado problema de decisão multicritério, que segundo Almeida (2010), consiste numa situação, em que existe pelo menos duas opções de ação para se escolher, em que se deseja atender a múltiplos objetivos, geralmente conflitantes entre si.

Processos de tomada de decisão que envolvam alto grau de complexidade não estão baseados em apenas um critério, devendo haver o estudo e consideração de forma comparativa de diversos fatores de diferentes importâncias para que seja definido o peso relativo de cada um na estruturação e solução do problema (GOMES, ARAYA e CARIGNANO, 2004). Podinovski (1999) afirma que o nível de complexidade das decisões multicritério é diretamente proporcional à quantidade de agentes e variáveis envolvidos no processo decisório. Podinovski (1999) complementa afirmando que observações individuais e critérios próprios tornam-se evidente no processo, além de visões e preferências distintas, criando assim um ambiente de conflito de opiniões e competições.

Outro ponto essencial é a grande dinamicidade e competitividade do mercado, fazendo as empresas estarem numa posição de constante tomada de decisão. No entanto, muitas delas não possuem métodos que apoiam adequadamente estas decisões. Neste sentido, abordagens de apoio multicritério à decisão têm sido amplamente desenvolvidas com o intuito de formalizar problemas complexos e auxiliar gestores no processo de tomada de decisão (ALMEIDA, 2013b). L. Gomes, C. Gomes e Almeida (2002) declara que o apoio à decisão multicritério pode ser definido como a atividade de um analista que, através de modelos nitidamente apresentados, auxilia na obtenção de componentes de respostas às questões de um decisor ao longo de um processo decisório multicritério.

De acordo com Doumpos e Zopounidis (2002), o estudo de decisão multicritério está em constante crescimento, sendo observado sua aplicação em diversas áreas:

- desenvolvimento teórico por meio de novas técnicas ou aprimoramento dos modelos de decisão já existentes;
- composição entre abordagens multicritério e Sistemas de Apoio à Decisão (SAD);
- aplicações inovadoras em diferentes áreas como gestão, economia e finanças, gestão ambiental, planejamento energético, telecomunicações, transportes etc; e
- estudo de formas de interação com outras disciplinas como inteligência artificial e teoria de conjuntos fuzzy.

Para apoiar os decisores na resolução destes problemas, os métodos multicritério de apoio à decisão tem sido desenvolvidos visando auxiliar na seleção da(s) alternativa(s), analisando-as em relação a todos os critérios considerados, simultaneamente, a partir da estrutura de preferência do decisor. Os métodos MCDA (*Multiple Criteria Decision Analysis*) são comumente classificados da seguinte maneira (ROY, 1996):

- métodos de critério único de síntese;
- métodos de sobreclassificação; e

- métodos interativos.

O primeiro tipo é caracterizado pela agregação de múltiplos critérios em uma função valor e por desconsiderar a análise de incomparabilidade (KEENEY e RAIFFA, 1976). Entre os métodos que compõem este grupo, o Modelo Aditivo Determinístico (KEENEY e RAIFFA, 1976), a Teoria da Utilidade Multi-Atributo (MAUT) (KEENEY e RAIFFA, 1976), o SMARTS e SMARTER (*Simple Multi-Attribute Rating Technique*) (EDWARDS e BARRON, 1994), o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) (SAATY, 1980), a técnica TOPSIS (*Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution*) (HWANG e YOON, 1981) e o FITradeoff (*Flexible and Interactive Trade-off*) (ALMEIDA et al. 2016) destacam-se como os principais.

Vincke (1992) afirma que o segundo grupo de métodos permite a análise da relação de incomparabilidade, em que a família de métodos ELECTRE e PROMETHEE destacam-se como as mais relevantes. Finalmente, os métodos interativos lidam principalmente com métodos de programação linear multiobjetivos. Processos interativos compostos pelas etapas de cálculo e diálogo do decisor com sistemas de apoio à decisão são as principais características dos métodos deste grupo.

Outro aspecto importante a ser considerado nos métodos MCDA é que constitui uma forma de classificação é a racionalidade do método, que pode ser compensatória ou não compensatória. A racionalidade compensatória permite que uma alternativa tenha seu desempenho global obtido pelo trade-off de valores, ou seja, existe a ideia de compensar um menor desempenho de uma alternativa em um dado critério por meio de um melhor desempenho em outro critério. Na não compensatória esta compensação inexistente (YOON e HWANG, 1995). Neste âmbito, Gomes (2007) pontua que os métodos de critério único de síntese se estruturam na racionalidade compensatória, enquanto que os métodos de sobreclassificação na não compensatória.

A escolha do método multicritério está fundamentalmente relacionada com a estrutura de preferências do decisor. Vincke (1992) estabelece três relações básicas de preferências: Preferência (P), Indiferença (I) e Incomparabilidade (J), que estabelecem a desejabilidade do decisor diante de duas ações potenciais. A partir do conjunto de relações que resulta das relações básicas, estruturas de preferências podem ser definidas, cujas propriedades só podem ser aplicadas a determinados métodos. Na perspectiva de Almeida (2010), a modelagem de preferência trata o significado dos dados no contexto da decisão, transformando informações em preferências.

O quadro 2.1 mostra, em termos gerais, as principais características destes grupos de métodos.

Quadro 2.1 - Características principais dos grupos de métodos MCDA

Grupo de métodos	Estrutura de preferências	Racionalidade	Avaliação das alternativas	Principais métodos
Critério único de síntese	Pré-ordem completa (P,I)	Compensatória	Elicitação baseada em trade-offs para avaliação intercritério	Modelo aditivo determinístico, Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT)
Sobreclassificação	Pré-ordem completa (P,I) e Pré-ordem parcial (P,I,J)	Não compensatória	Comparação par-a-par das alternativas	ELECTRE e PROMETHEE
Interativos	-	-	Por meio de programação linear (Busca de solução ótima para as funções objetivos)	Programação Linear Multiobjetivo (PLMO)

Fonte: Adaptado de Almeida (2010)

Um aspecto fundamental na análise multicritério é a compreensão do problema enfrentado pelo decisor. Em outras palavras, durante a estruturação do processo decisório, é primordial compreender o tipo de problemática em que a decisão está inserida. A escolha do método de apoio à decisão multicritério também está ligada ao tipo de problemática em que o problema está inserido (DOUMPOS e ZOPOUNIDIS, 2002). Roy (1996) estabelece quatro tipos de problemáticas: Problemática de seleção, Problemática de classificação, Problemática de ordenação, e Problemática de descrição. Além disso, de acordo com Belton e Stewart (2002), um tipo adicional vem sendo considerado e amplamente estudado, que é a Problemática de Portfólio. O quadro 2.2 apresenta as cinco problemáticas devidamente definidas.

Quadro 2.2 - Tipos de problemática enfrentados pelo decisor

Problemática	Definição
Escolha	Tem como objetivo selecionar a melhor alternativa ou subconjunto de alternativas, visando encontrar um subconjunto A' dentro do conjunto A. Os elementos de A são comparados entre si com o objetivo de eliminar o maior número de alternativas possíveis, e como resultado obtém-se a alternativa ou o subconjunto selecionado.
Classificação	Tem como objetivo a alocação de cada alternativa em uma classe ou categoria. Normas estabelecidas são seguidas para o processo de classificação das alternativas e a organização ou triagem das ações define o resultado do processo.

Ordenação	Tem como objetivo ordenar as alternativas. Em outras palavras, pode ser definida como o processo de estabelecer uma ordem para cada alternativa contida nesse subconjunto.
Descrição	Tem como objetivo esclarecer a decisão por meio de uma descrição e relato das alternativas. Todas as informações das alternativas necessárias para que o decisor possa compreender melhor as características de cada ação são devidamente definidas e organizadas.
Portfólio	Tem como objetivo escolher um subconjunto de alternativas A' dentro de um conjunto grande de ações A, que atenda aos objetivos organizacionais, sob uma ou mais restrições impostas.

Fonte: Adaptado de Almeida (2010)

Para Almeida (2013b), os métodos MCDA são essenciais na medida em que não se pode fazer uma representação de todos os aspectos de um problema em questão, mediante a uma única métrica, como por exemplo, em unidades monetárias. Para isso, se faz necessário a construção de modelos de decisão multicritério. Almeida (2013b) complementa definindo um modelo como uma interpretação formal e simplificada do mundo real, de modo que sua utilização permite a análise de problemas reais pela agregação de componentes, parâmetros, agentes e variáveis ao modelo.

Durante a construção do modelo, os critérios, as consequências e valores das alternativas, e as preferências do decisor são estudadas. Em outras palavras, o processo consiste em obter uma representação a essência da questão estudada. Essa representação visa agregar detalhes e informações mais precisas do problema. Para encerrar o processo de apoio à decisão multicritério, a utilização do modelo possibilita a análise dos resultados, assim como suas ações posteriores (BOUYSSOU et al. 2000).

No presente trabalho, por ter sido considerada uma racionalidade compensatória para o problema estudado e devido às suas características, somado ao fato de que o tomador de decisão não teve muito tempo para responder as questões de coleta de dados e não estava muito familiarizado com modelos de decisão multicritério, o método multicritério de apoio à decisão utilizado na construção do modelo foi o de critério único de síntese SMARTER. Além disso, o tipo de problemática identificado para o problema em questão foi a problemática de ordenação, pois caso o licitante escolhido seja desclassificado na última fase do processo licitatório, deve-se chamar o próximo na ordenação.

2.3 Método SMARTER

O SMARTER consiste em um método multicritério derivado da família de métodos SMART (*Simple Multi-Attribute Rating Technique*). Proposto por Edwards e Barron (1994), o SMARTER (*SMART Exploiting Ranks*) é classificado como método compensatório e considera um único critério de síntese em sua abordagem. O método foi criado, juntamente com o SMARTS (*SMART Swing Weights*), para solucionar um erro conceitual encontrado no original SMART (ALMEIDA, 2010).

Edwards e Barron (1994) afirmam que o erro conceitual era relacionado à exploração da noção de importância relativa dos critérios na obtenção dos pesos. No entanto, o clássico SMART ignorava a necessidade de se relacionar a faixa de desempenho das alternativas em um determinado critério com os *tradeoffs*. Schramm e Morais (2008) dizem que a solução do problema ocorreu, inicialmente, com o desenvolvimento do *Swing Weights* e, posteriormente, da abordagem conhecida como *Exploiting Ranks*. No primeiro caso, o objetivo consistiu em elicitar as constantes de escala dos critérios considerando a faixa de desempenho das alternativas em cada um dos critérios. Já no segundo, o objetivo era definir as constantes de escala de cada critério de acordo com uma aproximação baseada no poliedro restrito pela ordenação dos critérios, caracterizando o método SMARTER

O método multicritério SMARTER foi desenvolvido com o objetivo de ser útil principalmente quando o decisor não deseja realizar elicitación da magnitude dos pesos. Tal método utiliza-se apenas da ordenação dos critérios para determinação dos pesos, em que a partir do ROC (*Rank Order Centroid*), atribui valores pré-determinados para os pesos sem a necessidade de interação adicional com o decisor no processo de elicitación de preferências (ALMEIDA, 2010).

A abordagem ROC fornece uma estimativa dos pesos baseada no conceito de centro de massa que minimiza o erro máximo de cada peso através da identificação do centroide de todos os pesos possíveis e manutenção da ordem dos critérios. O conjunto de vetores de pesos não-negativos possíveis, de modo que a soma dos pesos de cada vetor seja 1, forma uma hipersuperfície. O espaço de pesos de dimensão n é formalmente representado por (2.1). Portanto, o centroide desta hipersuperfície, ou pesos ROC, consiste em calcular a média dos pontos extremos do espaço de pesos dado em (2.1) (ROBERTS e GOODWIN, 2002). Barron e Barrett (1996a) descobriram uma significativa estabilidade dos pesos obtidos desta forma, em que para muitos critérios, o erro para os critérios ordenados é muito menor.

$$\Phi_n = \{(k_1, k_2, k_3, \dots, k_n) | k_1 > k_2 > k_3 > \dots > k_n; \sum_{i=1}^n k_i = 1; k_i, k_2, \dots, k_n > 0\} \quad (2.1)$$

A criação desta abordagem de estimativa de pesos levou em conta apenas o conhecimento da ordem real dos pesos. Outras informações quantitativas sobre eles não foram consideradas. Portanto, foi possível admitir uma distribuição uniforme para os pesos na ordenação $w_1 \geq w_2 \geq w_3 \geq \dots \geq w_n$, em que $w_1 + w_2 + w_3 + \dots + w_n = 1$ e n é o número de critérios. Por exemplo, se $n = 2$ então $w_1 \geq w_2$, o que implica que $0,5 \leq w_1 \leq 1$. Assumindo a distribuição de probabilidade uniforme de w_1 entre 0,5 e 1, o valor esperado $E(w_1) = 0,75$ e, conseqüentemente, $E(w_2) = 0,25$ (BARRON e BARRETT, 1996a).

Para os problemas que envolvem mais de dois critérios, é necessária uma abordagem matemática para determinar a distribuição teórica dos pesos após um procedimento de ordenação de critérios (ROBERTS e GOODWIN, 2002). O estudo de Barron e Barret (1996a) abrangeu a lógica para $n > 2$ demonstrando que os pesos ROC são calculados seguindo a equação (2.2).

$$w_i = \left(\frac{1}{n}\right) \times \sum_{j=i}^n \left(\frac{1}{j}\right) \quad \text{em que} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.2)$$

Barron e Barrett (1996b) comprovaram a efetividade do SMARTER através de exaustivas simulações. Entre 75 a 87% das vezes, os pesos ROC selecionam a melhor opção. Além disso, uma perda de utilidade média abaixo de 2% foi demonstrada pelos autores, ou seja, quando essa abordagem não encontra a melhor alternativa, sabe-se que a pior delas não é escolhida. O procedimento proposto por Edwards e Barron (1994) é determinado por um processo subdividido em etapas que estão descritas na figura 2.1:

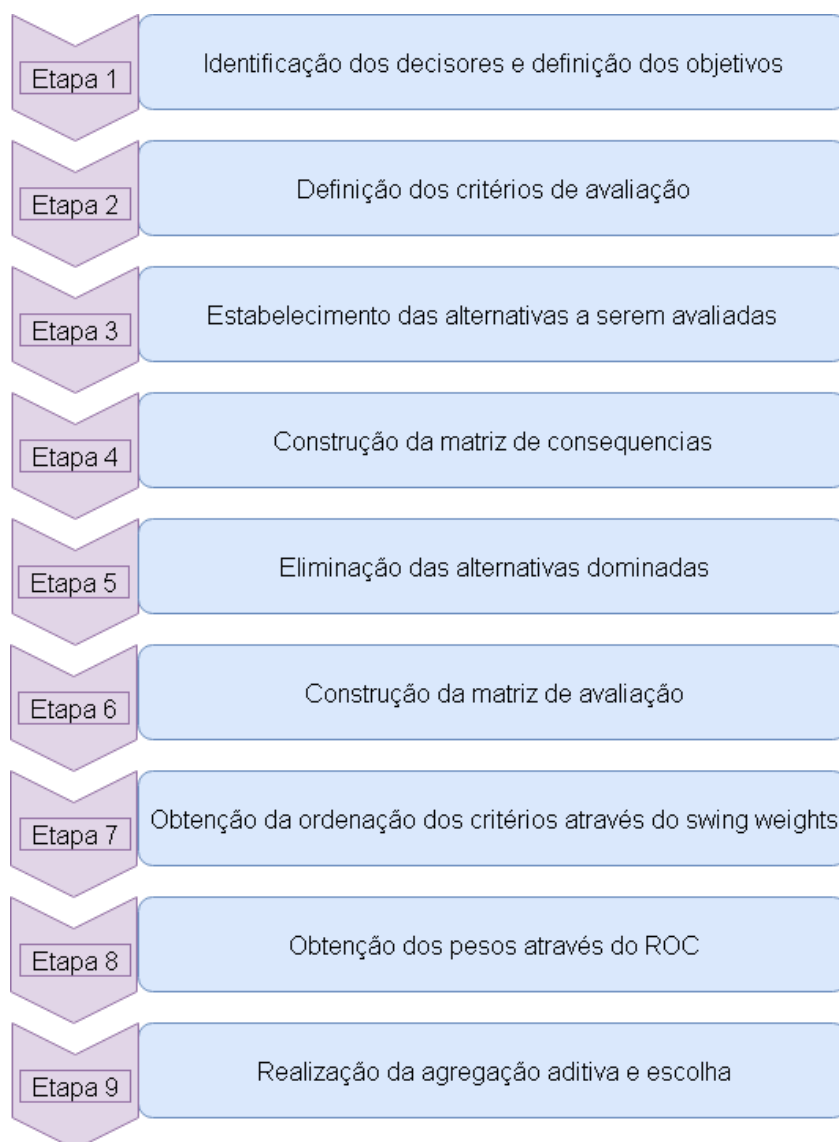


Figura 2.1 - Etapas do método SMARTER propostas por Edwards e Barron (1994)
Fonte: Elaboração própria

Primeiramente, na etapa 1, o(s) indivíduo(s) e organização que terão suas preferências elicitadas, bem como os objetivos da elicitação são definidos. Então, uma quantidade de atributos potencialmente pertinentes aos propósitos da elicitação dos valores de cada decisor ou grupo de decisores é estabelecida na etapa 2. Na etapa 3, um processo de coleta de possíveis ações ou objetos de avaliação é realizado para estabelecimento das alternativas do problema. Trata-se de uma etapa criativa em que diversas metodologias para geração de alternativas e estruturação de problemas podem ser encontradas na literatura. Entre os métodos mais utilizados destacam-se: *Value Focused Thinking* (VFT), *Value Focused Brainstorming* (VFB), *Strategic Options Development and Analysis* (SODA), *Soft Systems Methodology* (SSM) e *Strategic Choice Approach* (SCA).

Em seguida, na etapa 4, uma matriz para avaliação de alternativas por critérios contendo todas as consequências para cada objeto de avaliação em função de cada atributo. Então, as alternativas dominadas são eliminadas na etapa 5. Esta etapa pode interferir significativamente no processo de definição das constantes de escala, sendo recomendado verificar se a eliminação de uma certa alternativa não reduziu radicalmente a faixa de valores dos critérios. A etapa 6 consiste no processo de avaliação intracritério, ou em outras palavras, definição das funções valor de todos os critérios. Se algum atributo apresentar consequências na forma de avaliação subjetiva, uma conversão para uma mesma escala de avaliação é realizada. Esta transformação de escala considera a hipótese de linearidade da função valor para cada critério. Para os critérios que são qualitativos, realiza-se a elicitación da função valor junto ao decisor.

Na etapa 7, a ordenação dos critérios é obtida a partir do procedimento swing weights. Tal procedimento consiste de um processo iterativo com o decisor em que por meio de perguntas os atributos são avaliados e ordenados. Na etapa 8, o ROC weights é utilizado para obtenção dos pesos a partir da ordem de importância dos critérios da etapa anterior. Por fim, na nona etapa, o valor global de cada alternativa é calculado usando o modelo de agregação aditivo e a escolha é executada.

A aplicação do SMARTER em diferentes contextos organizações pode ser abundantemente encontrada na literatura. Zardari et al. (2014) aplicaram o SMARTER para elicitar pesos no processo de seleção da bacia hidrográfica mais vulnerável para o desenvolvimento de um plano de gerenciamento. Fontana et al. (2011) propuseram um modelo de tomada de decisão de múltiplos critérios baseado no método SMARTER para o problema de estratégias de conservação de água urbana. Silva et al. (2016) utilizaram o SMARTER para desenvolver um modelo MCDA para estruturar um problema de decisão envolvendo a escolha de uma metodologia para suportar o desenvolvimento de software. Lopes e Almeida (2013) forneceram uma abordagem multicritério para selecionar um portfólio de projetos de exploração de petróleo e gás usando o método SMARTER.

Por outro lado, o ROC weights tem sido bastante utilizado na literatura como abordagem de aproximação de pesos. Roberts e Goodwin (2002) mostram que os pesos ROC são apropriados para substituir os pesos originais que são restritos a somar um total fixo (geralmente 1 ou 100). No entanto, se restrições iniciais não forem impostas na determinação dos pesos originais, e depois eles forem normalizados, os pesos do ROC não fornecerão as melhores aproximações aos pesos originais. Sureeyatanapas et al. (2018) aplica o ROC para determinar os pesos dos critérios de avaliação da seleção de fornecedores, a fim de diminuir o grau de subjetividade exigido dos decisores, bem como a incerteza da atribuição de pesos.

Schramm et al. (2016) propuseram um modelo de seleção de fornecedores para apoiar compras públicas na modalidade de licitação pregão baseado nos métodos SMARTER e VIKOR e em conceitos de negociação. No entanto, descrevendo as diferenças para o presente trabalho, Schramm et al. (2016) não abordaram uma escala intervalar adequada para o tipo de problema, além de não incorporar a oferta de referência definida pelo órgão público na avaliação multicritério do modelo. Por fim, Schramm et al. (2016) não desenvolveram uma análise de sensibilidade necessária para investigar a precisão do modelo.

2.4 Modelo aditivo com veto

Os métodos compensatórios possivelmente podem recomendar alternativas que possuem desempenhos significativamente discrepantes em seus critérios em detrimento de outras ações que possuem um desempenho mais equilibrado entre os critérios. Por exemplo, considerando dois candidatos para uma vaga de professor [candidato 1, candidato 2], dois critérios de avaliação [educação, experiência] e a seguinte matriz de avaliação (Tabela 2.1). Os dois critérios avaliam os candidatos numa escala de 0 a 100.

Tabela 2.1 - Matriz de Avaliação do Exemplo

Alternativas	Critérios		
	Educação	Experiência	Valor Global
Candidato 1	80	60	66
Candidato 2	5	95	68

Fonte: Elaboração Própria

Sejam os pesos $[0,3; 0,7]$, observa-se que o modelo aditivo clássico fornece, ao se calcular as funções valor, os seguintes dados como valor global das alternativas: $v(\text{Candidato 1}) = 66$ e $v(\text{Candidato 2}) = 68$. Neste caso, o candidato 2 seria o escolhido, mesmo tendo tido um péssimo desempenho no critério educação. O Candidato 1 saiu-se bem nos dois critérios, mas pelo efeito compensatório do modelo, ele não seria o escolhido.

Com o objetivo de minimizar esse problema, o modelo aditivo com veto foi proposto por Almeida (2013a) e é adequado em situações em que o decisor não aceita a seleção de uma alternativa com desempenho muito baixo em um determinado critério. Em outras palavras, um tomador de decisão pode precisar de um modelo de decisão que trate de um modo particular as alternativas com alto valor global mas com desempenho muito baixo em um dado critério, neste caso, o modelo de veto aditivo é utilizado.

Na literatura, dois conceitos de veto são frequentemente encontrados, um relacionado à escolha social (MOULIN, 1981) e outro relacionado à rejeição em aceitar uma dada relação entre duas alternativas (ROY, 1996). O segundo conceito de veto é comumente aplicado em métodos de sobreclassificação, como no TOPSIS (HWANG e YOON, 1981), no entanto, foi

incorporado à alguns métodos de agregação aditivo, em que um deles consiste no modelo aditivo com veto apresentado por Almeida (2013a).

O uso deste método tem sido considerado na literatura a partir de diferentes abordagens. Lima, Clemente e Almeida (2016) propõem um modelo multicritério baseado no modelo de veto-aditivo para classificar problemas de decisão multicritério para priorizar locais para a instalação de reguladores de tensão em uma rede de distribuição de eletricidade. Palha e Almeida (2017) apresentam uma aplicação do modelo de aditivo-veto para a problemática de ranking na indústria de suprimento de alimentos utilizando um sistema de apoio à decisão (DSS). Paula e Campos (2016) desenvolve um modelo para ordenação de alternativas estratégicas resultantes do planejamento estratégico baseando no modelo aditivo com veto. Galindo, Carvalho e Silva (2016) forneceram uma abordagem baseada no modelo aditivo com veto a fim de auxiliar na decisão de localização de um novo campus, levando em consideração os objetivos dessa organização e o estágio atual em que ela se encontra.

Além disso, alguns artigos demonstrando a integração dos limiares de veto em outras abordagens tem sido apresentados na literatura. Kelemenis e Askounis (2010) propuseram usar um limiar de veto para o método TOPSIS para selecionar recursos humanos. Hababou e Martel (1998) usaram o método PROMETHEE para a seleção de um gestor de portfólio, depois que as entrevistas revelaram que os limiares de veto eram aplicáveis ao modelo proposto.

A informação de veto é implementada através da interação dos parâmetros do modelo aditivo com a função de veto. O nível de veto é o limite aceitável para cada critério e seu cálculo permite alguma vagueza por parte do decisor, a qual é representada através de dois limiares. Por meio dos limiares inferior e superior de veto, a função de veto fornece as informações necessárias para a nova avaliação de desempenho das alternativas entre os critérios, sendo que os limiares inferior e superior estabelecem limites para o desempenho aceitável de uma alternativa em cada critério (ALMEIDA, 2013a). Portanto, a função de veto $z_i(a)$, para o critério i , é definida pela equação (2.3).

$$z_i(a) = \begin{cases} 0, & \text{if } v_i(a) \leq l_i \\ 1, & \text{if } v_i(a) \geq u_i \\ \frac{v_i(a)-l_i}{u_i-l_i}, & \text{if } u_i < v_i(a) < l_i \end{cases} \quad (2.3)$$

Onde $z_i(a)$ é a função de veto da alternativa a , $v_i(a)$ é a função valor da alternativa ' a ' para o critério i , l_i é o limiar inferior para o critério i e u_i é o limiar superior para o critério i .

Lima, Clemente e Almeida (2016) especificam que o limiar superior é o valor mínimo aceitável de desempenho $v_i(a)$ para o critério i do qual determinado critério em qualquer alternativa precisará obter. Assim, para um critério com este valor ou acima deste, a alternativa

não sofrerá penalização. O limiar inferior é o valor a partir do qual a alternativa ‘a’ torna-se inaceitável. Além disso, percebe-se que entre os limiares superior e inferior, o critério é determinado proporcionalmente à sua performance dentro da margem estabelecida pelo decisor.

O modelo aditivo com veto possui variantes a depender da problemática em o problema estudado está inserido. O presente trabalho apresenta um problema inserido na problemática de ordenação, assim, o modelo aditivo com veto para esta problemática será adequadamente detalhado no capítulo 3. Para a problemática de escolha, as funções veto de cada alternativa para todos os critérios são então agregadas em uma função veto global de acordo com a equação (2.4). A interação do modelo aditivo com a função veto global é descrita pela equação (2.5), considerando a problemática de escolha.

$$z(a) = \prod_{i=1}^n z_i(a) \quad (2.4)$$

$$v(a) = z(a) \times \sum_{i=1}^n k_i \times v_i(a) \quad (2.5)$$

Onde, k_i é o peso do critério i , $z(a)$ é a função global de veto da alternativa ‘a’ e $v(a)$ é o valor global da alternativa ‘a’ após a penalização.

Portanto, uma alternativa não é aceitável se seu valor geral estiver abaixo do limiar de veto inferior. Se seu valor geral estiver acima do limiar de veto superior, esse valor será mantido. Finalmente, nos casos em que o desempenho de uma alternativa é entre os limiares de veto, ela terá uma penalidade em seu valor global conforme expressado na equação 5 (ALMEIDA, 2013b).

Paula e Campos (2016) afirmam que o tomador de decisão pode desativar o uso do veto em um determinado critério, definindo os limiares de veto para o valor mais baixo na escala desse critério. Além disso, apenas um limiar pode ser considerado quando o tomador de decisão não mostra imprecisão sobre suas preferências. Palha e Almeida (2017) complementam que outro tópico importante é a definição dos valores de limiar, então eles devem ser tais que não parem de se comportar como um limiar.

Em resumo, o conceito de veto agregado ao modelo aditivo permite que o tomador de decisão defina consequências inadmissíveis para cada critério de avaliação, a fim de evitar a seleção de alternativas que se encaixem nessas consequências.

3 METODOLOGIA

3.1 Características científicas do estudo

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica dos temas referentes ao trabalho. Em seguida, são realizados o desenvolvimento e construção do modelo de decisão proposto em um software científico gratuito, e por fim, um estudo de caso é apresentado a fim de ilustrar a aplicabilidade do modelo.

Para a fundamentação teórica, utilizou-se um levantamento bibliográfico por meio das bases SCOPUS e Science Direct, além dos anais do Enegep e SBPO, tanto através de livros quanto por artigos científicos, com o objetivo de encontrar as metodologias que melhor se adequassem às características do problema tratado, além de incluir definições teóricas utilizados neste trabalho.

Este estudo foi abordado de forma qualitativa e quantitativa. O modelo de apoio à decisão utilizou modelos matemáticos e as variáveis empregadas resultam em pesquisa na literatura. Para isso foi necessário entender o fenômeno, no caso, o processo de tomada de decisão em compras públicas com foco na modalidade de licitação pregão.

O trabalho representou uma pesquisa de caráter descritivo, ou seja, buscou estudar, analisar e interpretar fatos de um problema complexo através de um modelo, estudando os diversos aspectos envolvidos. Quanto à área da ciência, este estudo é classificado como metodológico. O estudo propõe um modelo que tem a intenção de estruturar e tornar a decisão racional para seleção de fornecedor em aquisições públicas.

Um problema multicritério pode ser entendido a partir de dois enfoques: prescritivo e construtivo. No enfoque construtivo, a estruturação da decisão se dá de forma interativa do analista com os agentes de decisão, evoluindo numa troca de informações entre o analista e seus demais integrantes do processo. Já o enfoque prescritivo surge da descrição dos elementos do problema e pode considerar inclusive a descrição sobre preferências dos decisores (L. GOMES, C. GOMES e ALMEIDA, 2002).

A partir desta conceituação, entendeu-se que aplicação da pesquisa tem semelhança com a abordagem prescritiva, pelo fato de que os elementos da decisão foram coletados com base em documentos e entrevistas. Assim, foram estudados as alternativas e os critérios do problema, bem como a estrutura de preferências do agente de decisão.

3.2 O modelo

O presente trabalho propõe um modelo baseado em Schramm et al. (2016). O modelo adaptado para seleção de fornecedores nas compras públicas via pregão seguirá as fases do

modelo original, com mudanças na avaliação multicritério do problema. Ele é dividido em quatro fases, conforme ilustra a figura 3.1.

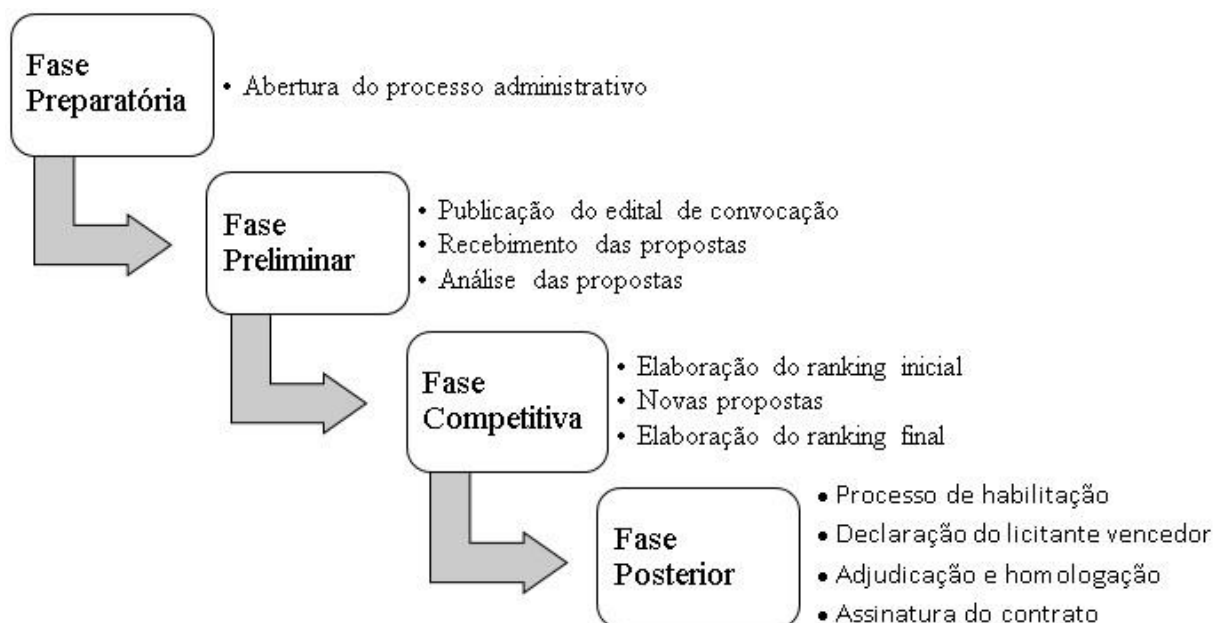


Figura 3.1 - Modelo de seleção de fornecedores proposto por Schramm et al. (2016)
 Fonte: Adaptado de Schramm et al. (2016)

O modelo adaptado utilizado no presente trabalho tem o objetivo principal de propor uma estruturação de fases para o processo de compras públicas levando em conta a Lei 10.520 (BRASIL, 2002). Inicialmente, o processo de compras públicas se dá com a abertura do processo administrativo na fase preparatória. Esta fase é interna ao órgão público e consiste na definição de informações de entrada do processo. Dentre elas, pode-se citar a necessidade da contratação do bem/serviço; seus detalhes técnicos e requisitos mínimos; os critérios de compra a serem considerados; as ofertas de referência em cada um dos critérios; a ordenação dos critérios e magnitude dos pesos através do método SMARTER; e outros detalhes inerentes ao processo.

Em seguida, na fase preliminar, o órgão público realiza a convocação dos fornecedores interessados através de um instrumento convocatório, neste caso, o edital, que deve ser publicado no Diário Oficial da União. Consequentemente, o recebimento das propostas iniciais de cada fornecedor em cada um dos critérios é realizado. Assim, as propostas são analisadas de acordo com o que foi estabelecido no edital, de modo que as que não obedecerem aos requisitos mínimos estabelecidos são descartadas e as outras são classificadas para a próxima fase.

O trabalho de Schramm et al. (2016) utilizou o método compensatório SMARTER no modelo original. Este método utiliza a escala intervalar de acordo com o pior e o melhor desempenho em cada critério entre as alternativas. No entanto, este enfoque não pode ser utilizada no tipo de problema estudado, pois o modelo de avaliação dos fornecedores deve ser

apresentado previamente, bem como a estrutura de preferências do decisor. Em outras palavras, como as características da avaliação multicritério dos fornecedores devem ser previamente estabelecidas no edital, isto inviabiliza a utilização da escala intervalar baseada no pior e melhor desempenho em cada critério entre as alternativas. Da mesma maneira, elicitar os pesos posteriormente à divulgação do edital poderia comprometer a transparência exigida na licitação, favorecendo a ocorrência de fraudes e corrupção.

Para resolver este problema, o presente modelo propôs a utilização da escala intervalar considerando também o pior e melhor desempenho em cada critério. Porém, o pior desempenho corresponderá o desempenho mínimo aceitável em cada critério, e o melhor desempenho será definido como aquele em cada critério tal que o decisor possui confiança de que não será superado por nenhuma proposta apresentada pelos licitantes. Ou seja, o melhor desempenho em cada critério da escala intervalar será um valor que o decisor, ou gestor do setor de compras, possui segurança que não será superado por nenhum lance submetido pelos fornecedores. A oferta de referência da fase preparatória será definida entre a escala previamente estabelecida e será o desempenho mínimo desejável para cada critério que o órgão público deseja contratar, assim os fornecedores podem apresentar seus lances com base nesta oferta.

Com o recebimento das ofertas iniciais e a definição da escala intervalar de avaliação multicritério a fim de estabelecer as características de avaliação dos licitantes, inicia-se a fase competitiva de avaliação multicritério dos fornecedores participantes. Nesta fase, um ranking inicial é definido pela aplicação do método SMARTER usando as propostas iniciais recebidas na fase anterior. Após a construção do primeiro ranking, os fornecedores podem fazer novas propostas visando melhorar seus respectivos desempenhos. A partir da definição da escala intervalar anteriormente citada e a fim de tornar a modelagem do problema mais realística, foi considerado o conceito de veto para problemática de ordenação (Almeida, 2013a) no modelo.

Deste modo, como a oferta de referência foi definida como o desempenho mínimo desejável em cada critério, ela se comportou como o limiar superior de veto, em que lances com desempenho inferior passa por uma penalização no seu valor global, tendo sua posição corrigida com relação à ordenação original. Por outro lado, o limiar inferior do modelo de decisão corresponde ao pior valor da escala de avaliação para cada critério.

O valor das alternativas com veto ou penalização $v_i(a_j)$ é calculado a partir da equação (3.1), onde $v_i(a_j)$ é a função intracritério da alternativa a_j no critério i , $r(a_j)$ é o índice de veto da alternativa a_j , representado pela equação (3.2), $r_i(a_j)$ é a função ponderada da alternativa a_j para o critério i , representada pela equação (3.3) e k_i é o peso do critério i . Para obter os valores $z_i(a_j)$ da equação (3.3), ou a função veto da alternativa a_j no critério i , utiliza-se a equação (2.3)

mostrada anteriormente, de modo que l_i é o limiar inferior de veto no critério i , que no presente modelo consiste no mínimo da escala de avaliação, e u_i é o limiar superior de veto no critério i , que no presente modelo consiste na oferta de referência estabelecida pelo órgão público.

$$v'(a_j) = r(a_j) \times \sum_{i=1}^n (k_i \times v_i(a_j)) \quad (3.1)$$

$$r(a_j) = \sum_{i=1}^n r_i(a_j) \quad (3.2)$$

$$r_i(a_j) = z_i(a_j) \times k_i \quad (3.3)$$

Nesta fase, o licitante vencedor será selecionado quando encerrar a submissão de novos lances por parte dos fornecedores. Para cada nova proposta feita, o ranking é atualizado utilizando a mesma abordagem do ranking inicial. Caso ocorra empates, serão utilizados outros critérios de desempate previsto na Lei 8.666 (BRASIL, 1993). Após o encerramento da realização de lances e a obtenção da ordenação final das propostas, dá-se por finalizada a fase competitiva.

Por fim, na fase posterior, será realizado o processo de habilitação do licitante que apresentou a melhor proposta durante a fase competitiva. Esta habilitação é referente à verificação de situação regular perante a Receita Federal, Seguridade Social, entre outros órgãos. Caso o fornecedor que apresentou o melhor lance comprovar regularidade e o cumprimento a todos os requisitos exigidos no edital, então, ele é considerado habilitado e declarado como licitante vencedor. Se o primeiro colocado não for habilitado, verifica-se a situação de regularidade para o segundo lugar da ordenação final, e assim sucessivamente. Após isto, o órgão público fará a adjudicação e homologação da licitação e, finalmente, a convocação do fornecedor para assinar o contrato no prazo definido em edital.

3.3 Ferramenta computacional

Para a execução dos cálculos do modelo baseado no SMARTER com veto, uma ferramenta computacional foi desenvolvida no software gratuito Scilab. O Scilab é um software científico para computação numérica semelhante ao Matlab que fornece um poderoso ambiente computacional aberto para aplicações científicas.

Inicialmente, a ferramenta realiza a leitura dos dados e informações de *input*. Estes dados são referentes aos critérios de avaliação do problema estabelecidos junto ao decisor, seus objetivos (minimização ou maximização) e a matriz de consequências com o desempenho de cada fornecedor participante para cada critério.

Após a leitura dos dados de *input*, os pesos ROC do método SMARTER são calculados, a matriz de consequências é normalizada a partir do procedimento de normalização ou

transformação de escala descrita na equação (3.4) e a agregação aditiva sem veto é realizada. Agregando o conceito de veto no problema, a função veto de cada alternativa para cada critério é construída, para em seguida, o valor global com veto das alternativas ser calculado, permitindo a obtenção da ordenação final dos fornecedores com o fim da fase competitiva.

$$v_i'(a_{ij}) = \frac{a_{ij} - w_i}{b_i - w_i} \quad (3.4)$$

Onde a_{ij} representa o desempenho da alternativa j no critério i , w_i e b_i representam o pior e o melhor desempenho no critério i respectivamente.

A ferramenta computacional executa também uma análise de sensibilidade proposta pelo modelo em questão considerando 100.000 casos. Por fim, os dados e informações a serem mostradas como *output* da ferramenta são advindos da execução do modelo, em que dois rankings finais com e sem a consideração do conceito de veto são fornecidos, além de gráficos e uma tabela de comparações par a par entre as alternativas como resultados da análise de sensibilidade, com o intuito de explicar quantas vezes uma alternativa esteve em uma posição superior ou inferior à outra na ordenação final.

4 ESTUDO DE CASO

Após a definição do modelo adaptado proposto, foi feita uma aplicação numérica que teve como objetivo estudar o comportamento deste diante de uma situação real. O modelo multicritério de apoio à decisão foi aplicado no setor de compras de um Centro Acadêmico de uma Instituição Federal de Ensino Superior, no qual possui a responsabilidade de assessorar e executar funções nas áreas de aquisição de materiais, serviços e atividades auxiliares do centro. A divisão de compras é de fundamental importância nas aquisições públicas de bens e serviços por ser responsável por grande parte da estruturação e montagem do processo licitatório.

Para obtenção dos dados, documentos foram colhidos e entrevistas realizadas com o gerente do setor de compras do órgão público. Assim, informações e dados referentes à justificativa de compra, critérios de avaliação, oferta de referência para os critérios, avaliação dos fornecedores para cada critério e ordenação dos critérios de acordo com as preferências do decisor foram levantadas.

O item considerado na aplicação do modelo consiste em um projetor retangular com diversas especificações e justificativa de compra de suprir a demanda pelo equipamento em todo Centro Acadêmico, composto por 11 cursos de graduação e 6 de pós-graduação. A partir dos parâmetros considerados como essenciais para o decisor acerca da seleção de fornecedor em órgãos públicos, a definição dos critérios de avaliação foi realizada.

Os critérios de compra utilizados foram: Preço (C1), Qualidade do item (C2), Reputação do licitante (C3), Prazo de Entrega (C4), Suporte Técnico (C5), Período de Garantia (C6), e Condições de Pagamento (C7). A reputação (C3) dos licitantes é medida a partir de métricas relacionadas às reclamações registradas no Procon e irregularidades jurídicas. A definição, objetivo e forma de avaliação dos critérios estão descritas conforme quadro 4.1. Os critérios do quadro 4.1 estão ordenados seguindo as preferências do decisor e esta ordem será usada para obtenção dos pesos a partir da abordagem de aproximação de pesos ROC do método SMARTER.

Quadro 4.1 - Objetivo, definição e forma de avaliação dos critérios utilizados

Critério	Objetivo	Definição	Avaliação
Preço (C1)	Minimizar	Preço unitário do item a ser fornecido	Unidade Monetária
Qualidade (C2)	Maximizar	Grau de Qualidade do item a ser fornecido	Avaliação feita pela escala: 1-Muito Ruim 2-Ruim 3-Regular 4-Bom 5-Muito Bom

Reputação (C3)	Maximizar	Conceito geral obtido pelo fornecedor	Avaliação feita pela escala: 1-Muito Ruim 2-Ruim 3-Regular 4-Bom 5-Muito Bom
Prazo de Entrega (C4)	Minimizar	Período determinado para entrega do produto	Dias
Suporte Técnico (C5)	Minimizar	Período determinado para resposta de possíveis solicitações de suporte técnico	Dias
Período de Garantia (C6)	Maximizar	Intervalo de tempo onde qualquer defeito que venha ocorrer está sob responsabilidade do fornecedor	Meses
Condições de Pagamento (C7)	Maximizar	Período estabelecido para quitação do débito	Dias

Fonte: Elaboração Própria

Na tabela 4.1, são apresentados os valores extremos da escala de avaliação definida previamente à divulgação do edital de licitação. Conforme apresentado na descrição do modelo no capítulo 3, o pior desempenho em cada critério da escala consiste no limiar inferior de veto, enquanto que o melhor desempenho consiste no desempenho em cada critério no qual o decisor possui segurança que nenhum lance superará este extremo. A oferta de referência, ou limiar superior de veto, estimada pela divisão de compras do Centro Acadêmico e os pesos calculados pelo ROC do método SMARTER são mostrados nas tabelas 4.2 e 4.3, respectivamente.

Tabela 4.1 - Escala de avaliação dos critérios

Escala de Avaliação	Critérios						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Melhor	R\$ 50,00	5	5	10	1	18	90
Pior	R\$ 450,00	1	1	50	10	2	15

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 4.2 - Oferta de referência do órgão público

Oferta de Referência	Critérios						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Órgão Público	R\$ 331,40	3	3	30	7	4	30

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 4.3 - Peso dos critérios de avaliação

ROC	Critérios						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Peso	0,3704082	0,227551	0,227551	0,1085034	0,0727891	0,0442177	0,0204082

Fonte: Elaboração Própria

Após a divulgação do edital público do processo licitatório estudado, dez fornecedores se candidataram ao certame e apresentaram ofertas iniciais. Durante o período de lances na fase competitiva, dez novas propostas foram efetuadas, totalizando 20 alternativas finais que serão ordenados através do SMARTER. A tabela 4.4 estabelece a matriz de consequências com todos os lances apresentados, construída em consenso com o gerente do setor responsável pelo processo licitatório. As dez primeiras propostas correspondem às ofertas iniciais apresentadas por cada participante, e as dez últimas representam os lances submetidos durante a fase competitiva. O nome das propostas foi descrito com dois índices, sendo o primeiro referente ao fornecedor e o segundo referente ao lance apresentado.

Tabela 4.4 - Matriz de Consequências

Proposta	Critérios						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
F1.1	56	2	4	30	8	6	20
F2.1	60	2	3	25	7	8	30
F3.1	80	3	5	40	5	5	25
F4.1	100	3	4	28	6	10	40
F5.1	135	3	2	26	5	12	50
F6.1	150	4	3	25	7	8	30
F7.1	152	4	5	45	7	6	35
F8.1	203	4	3	30	6	7	25
F9.1	290	5	2	20	8	12	50
F10.1	400	5	2	30	3	11	45
F1.2	200	4	4	21	8	5	20
F2.2	110	3	3	20	5	7	25
F4.2	70	3	4	23	5	5	30
F5.2	120	4	2	20	8	12	40
F8.2	150	4	3	25	4	10	30
F9.2	220	5	2	15	6	10	40
F10.2	300	5	2	15	3	12	70
F2.3	80	3	3	18	7	9	20
F5.3	100	4	2	14	6	8	50
F9.3	190	5	2	15	7	11	65

Fonte: Elaboração Própria

Após a execução dos cálculos do modelo a partir da ferramenta computacional desenvolvida, dois rankings foram obtidos, com e sem a consideração do veto, que estão apresentados na tabela 4.5. Como pode ser visto, o fornecedor 4 apresentou a proposta com maior valor global dentre o conjunto de alternativas disponíveis, sendo classificado para fase posterior de habilitação e homologação da licitação. Esta proposta é caracterizada como sendo o segundo lance realizado pelo licitante e que, com o conceito de veto, foi direcionado de segundo lugar para primeiro por não ter sofrido nenhuma penalização. De maneira semelhante,

o segundo lance do oitavo fornecedor F8.2 teve sua posição alterada para segundo, enquanto que F5.3, que era primeiro colocado na ordenação sem veto, sofreu uma penalização considerável devido ao baixo desempenho no terceiro critério mais importante e se posicionou em 7º lugar.

Tabela 4.5 - Ordenação das propostas com e sem veto

Ordenação sem Veto		Ordenação com Veto	
Proposta	Valor Global	Proposta	Valor Global
F5.3	0.6825761	F4.2	0.6730331
F4.2	0.6730331	F8.2	0.6628531
F8.2	0.6628531	F4.1	0.6443374
F4.1	0.6443374	F2.3	0.6198909
F3.1	0.6397534	F6.1	0.6065460
F2.3	0.6328053	F2.2	0.5995346
F5.2	0.6321110	F5.3	0.5760106
F9.3	0.6295016	F3.1	0.5572818
F10.2	0.6166767	F7.1	0.5365549
F2.2	0.6120249	F9.3	0.5312223
F6.1	0.6065460	F8.1	0.5271937
F7.1	0.6018587	F10.2	0.5203996
F9.2	0.5952355	F1.2	0.5151988
F1.2	0.5681487	F9.2	0.5023059
F5.1	0.5668626	F5.2	0.4874127
F2.1	0.5517544	F5.1	0.4783626
F1.1	0.5463185	F2.1	0.4262021
F8.1	0.5381769	F9.1	0.3778031
F9.1	0.4899608	F1.1	0.3710877
F10.1	0.4399774	F10.1	0.2083158

Fonte: Elaboração Própria

Como os pesos no SMARTER realiza uma elicitação simplificada através da obtenção apenas da ordenação dos critérios junto ao decisor, os pesos calculados podem ser relativamente diferentes dos pesos reais considerando a estrutura de preferência do decisor. Deste modo, uma análise de sensibilidade através de simulação Monte Carlo foi considerada para verificar a robustez da solução considerando a informação ausente sobre os pesos dos critérios. Nesta análise, uma distribuição uniforme na geração aleatória foi considerada, além de um intervalo de geração que considera a informação incompleta do SMARTER, ou seja, apenas preserva a ordem dos critérios definida na fase preparatória do modelo. Foram analisados 100.000 casos e uma variação dos pesos dos critérios obedecendo a ordenação fornecida pelo decisor e o somatório dos pesos igual a 1.

Como resultado da análise de sensibilidade (Figura 4.1), foi verificado que a alternativa F4.2 se manteve em primeiro lugar em 68,37% dos casos e a alternativa F8.2 foi primeiro lugar em apenas 9,03% dos casos. Outras oito alternativas estiveram na primeira colocação, são elas: F5.3 (8,23%), F7.1 (6,14%), F9.3 (2,78%), F3.1 (2,8%), F1.1 (2,58%), F2.1 (0,023%), F10.2 (0,015%), e F4.1 (0,032%).

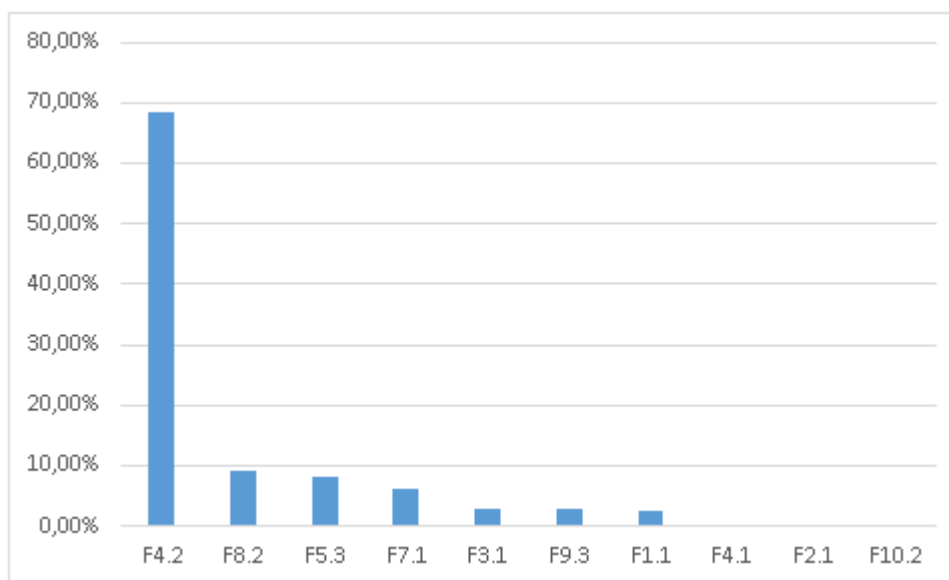


Figura 4.1 - Resultado da análise de sensibilidade
Fonte: Elaboração Própria

Para uma análise mais profunda, foram analisadas as relações de preferências entre as alternativas de acordo com o valor de cada uma delas para os casos gerados na simulação. Em outras palavras, foi construída uma matriz de comparações par a par onde cada célula representa a porcentagem dos casos em que a alternativa linha superou a alternativa coluna. Estes resultados estão apresentados na tabela 4.6 e serão melhor discutidos no tópico seguinte.

Tabela 4.6 - Matriz de comparações par a par da análise de sensibilidade

Análise de Sensibilidade - Comparação par a par										
100.000 casos	F4.2	F3.1	F5.3	F9.3	F7.1	F1.1	F8.2	F2.1	F4.1	F10.2
F4.2	-	93409	87849	92812	89988	97388	84985	98024	98990	99604
F3.1	6591	-	59939	80781	74493	94404	53170	94501	55437	92666
F5.3	12151	40061	-	96181	68574	88164	44364	88904	31936	97271
F9.3	7188	19219	3819	-	25114	68279	8164	68216	12953	92595
F7.1	10012	25507	31426	74886	-	80461	23455	79089	24243	92067
F1.1	2612	5596	11836	31721	19539	-	16767	52941	8843	48633
F8.2	15015	46830	55636	91836	76545	83233	-	83258	44216	99992
F2.1	1976	5499	11096	31784	20911	47059	16742	-	8433	48673
F4.1	1010	44563	68064	87047	75757	91157	55784	91567	-	98659
F10.2	396	7334	2729	7405	7933	51367	8	51327	1341	-

Fonte: Elaboração Própria

4.1 Discussão dos resultados

A análise de sensibilidade demonstra que diante de uma modificação nos pesos dos critérios, mesmo respeitando sua ordenação, a recomendação é alterada em 31,63% dos casos, o que pode sugerir que a solução não é muito robusta. Além disso, devido ao tipo de problema estudado, faz-se necessário analisar outras alternativas que são recomendadas na análise e suas respectivas ocorrências.

Foi percebido uma certa distribuição de diferentes soluções para estes casos, o que indica a inexistência de um consenso de recomendação para os casos em que a alternativa F4.2 não é solução. Isto pode ser mais claramente percebido analisando a quantidade de vezes que um fornecedor é melhor que outro, em que estas informações são apresentadas na Tabela 4.6.

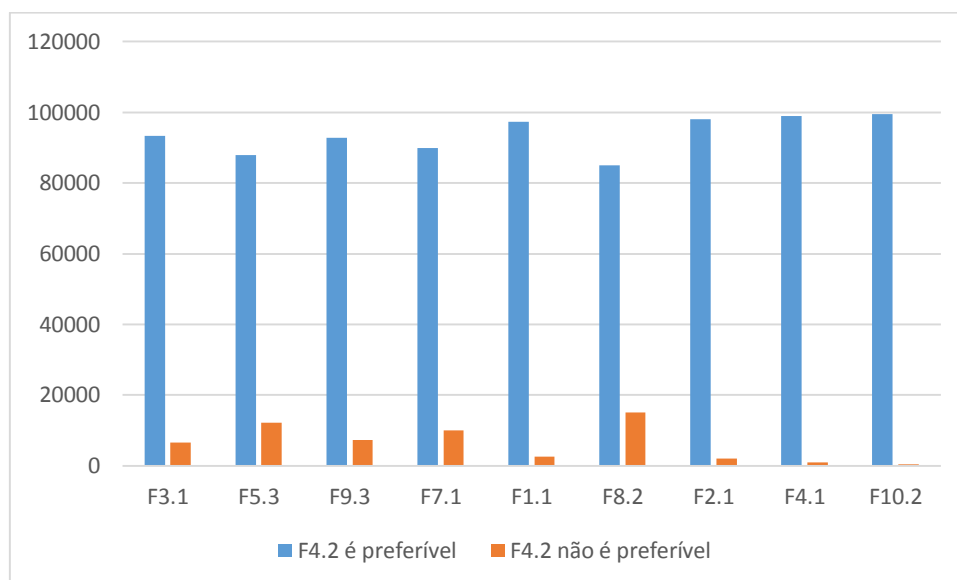


Figura 4.2 - Frequência com que F4.2 é preferível quando comparada isoladamente às soluções da análise de sensibilidade

Fonte: Elaboração Própria

É possível verificar também que a alternativa F4.2 supera as alternativas F8.2, F5.3, e F7.1 em 84.985, 87.849, e 89.988 dos casos, respectivamente. Foram citadas estas três propostas por somarem 23,4% (9,03%, 8,23% e 6,14%, respectivamente) dos casos e serem, consequentemente, potenciais candidatos a superar F4.2. Isto comprova que mesmo quando a recomendação original é alterada, as alternativas que conseguem superá-la o fazem com uma frequência baixa, demonstrando que F4.2 é robusta quando comparada com as demais propostas, como pode ser visualizado na figura 4.2.

Outra importante questão notada é que a proposta F5.3, primeira colocada na ordenação sem veto, foi recomendada em pouco mais de 8% dos casos considerando a penalização do veto. É possível que essa proposta obtenha uma frequência relevante de recomendação devido

à influência que a variação dos pesos possui diretamente sobre a penalização. Desta forma, se os pesos dos critérios em que a proposta F5.3 é penalizada são reduzidos, a penalidade reduz na mesma proporção, como pode ser percebido analisando a equação (3.3).

Por fim, diante das discussões e análises realizadas acerca dos resultados obtidos, conclui-se que os pesos calculados pelo ROC, mesmo com a imprecisão do modelo, fornecem uma solução adequada e robusta para o problema estudado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do presente modelo de decisão foi de grande valia, pois requisitou conhecimento em diversas dimensões técnicas, administrativas e conceituais associadas à seleção de fornecedores voltada aos órgãos públicos. Todas as etapas de estudo desenvolvidas - contexto de compras públicas, revisão bibliográfica, principais aplicações de metodologias na escolha de fornecedores em aquisições públicas, técnicas de seleção multicritério - forneceram subsídios para a aplicabilidade do modelo de decisão.

Este estudo apresentou um modelo adaptado multicritério de apoio à seleção de fornecedores voltada às compras públicas na modalidade pregão. O modelo propõe uma formalização do processo licitatório baseado nos procedimentos descritos na Lei 10.520. O modelo também procura apoiar a administração pública na busca por uma solução de melhor valor global, utilizando para isso o modelo aditivo com veto com os pesos obtidos através do SMARTER.

No modelo proposto adaptado de Schramm et al. (2016), o SMARTER foi utilizado com o objetivo de estabelecer uma metodologia prática para o poder público obter a ordenação dos critérios utilizados no pregão, bem como os valores dos pesos que servem de entrada para a agregação aditiva. Além disso, o modelo utilizou o conceito de veto proposto por Almeida (2013a) para problemática de ordenação, com o propósito de melhor modelar o tipo de problema em questão, penalizando propostas com desempenho abaixo do desempenho mínimo desejável pelo ente público. Os parâmetros utilizados para a escala do SMARTER foram definidos com base no limite aceitável e em valores que o decisor tinha confiança que não seria superado pelos candidatos, de forma a estabelecer previamente os pesos dos critérios e manter a transparência do processo.

O modelo foi aplicado no setor de compras de um Centro Acadêmico de uma Instituição Federal de Ensino Superior, sendo recomendada uma das propostas. Devido à imprecisão dos pesos fornecidos pelo SMARTER, foi realizada uma análise de sensibilidade que indicou que apesar de a solução mudar em 31,63% dos casos, nenhuma proposta é preferível à originalmente recomendada em mais do que 15,015% dos casos.

Deste modo, é evidente que o setor de compras públicas necessita de um modelo multicritério para tomada de decisão eficaz tendo em vista que é responsável por pouco menos de um quarto do PIB mundial. Por meio dos procedimentos e métodos definidos no modelo, foi possível desenvolver uma avaliação multicritério que incentiva o caráter competitivo do

processo licitatório. Além disso, é notório que a aplicação do presente modelo permite aumentar a transparência e reduzir casos de corrupção no setor público.

Considera-se, então, que os objetivos do trabalho foram atingidos e a metodologia multicritério tornou possível estruturar o processo de seleção de fornecedores via pregão em órgãos públicos de forma racional e transparente. Com suporte no trabalho desenvolvido, é possível replicar o modelo em outras situações em que seja necessário selecionar propostas de licitação com foco na modalidade pregão.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. T. Additive-Veto Models for Choice and Ranking Multicriteria Decision Problems. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, v. 30, nº 1, 2013a.
- ALMEIDA, A. T. Processo de decisão nas organizações: construindo modelos de decisão multicritério. São Paulo: Atlas, 2013b.
- ALMEIDA, A. T.; ALMEIDA, J. A.; COSTA, A. P. C. S.; ALMEIDA-FILHO, A. T. “A new method for elicitation of criteria weights in additive models: Flexible and interactive tradeoff,” *European Journal of Operational Research*, vol. 250, no. 1, pp. 179–191, 2016.
- ALMEIDA, A. T. O conhecimento e o uso de métodos multicritério de apoio a decisão. Recife: Editora Universitária, 2010.
- ART CHAOVALITWONGSE, W.; WANG, W.; WILLIAMS, T.P.; CHAOVALITWONGSE, P. (2012) Data mining framework to optimize the bid selection policy for competitively bid highway construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(2), 277–86.
- BALLESTEROS-PÉREZ, P.; SKITMORE, M.; PELLICER, E.; GONZÁLEZ-CRUZ, M. C. (2015) Scoring rules and abnormally low bids criteria in construction tenders: a taxonomic review, *Construction Management and Economics*, 33:4, 259-278.
- BARRON, F. H.; BARRET, B. E. Decision quality using ranked attributes weights. *Management Science* 42(11): 1515-1523. 1996b.
- BARRON, F. H.; BARRET, B. E. The efficacy of Smarter – Simple Multi-Attribute Rating Technique Extended to Ranking. *Acta Psychologica*. V. 93, n.1, p. 23-26, 1996a.
- BUTTHA, K. S.; HUQ, F. Supplier selection problem: a comparison of total cost of ownership and analytic hierarchy process approaches. *Supply Chain Management: An International Journal*, v. 7, n. 3, p. 126-135, 2002.
- BOBAR, V.; MANDIC, K.; DELIBASIC, B.; SUKNOVIC, M. An Integrated Fuzzy Approach to Bidder Selection in Public Procurement: Serbian Government Case Study. *Acta Polytechnica Hungarica*, 12(12), pp. 193-211, 2015.
- BRASIL. (1993). Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 22 de junho de 1993.
- BRASIL. (2002). Lei nº 10.520, de 17 de julho de 2002. Institui a modalidade de licitação denominada pregão para aquisição de bens e serviços comuns, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 17 de julho de 2002.
- BRASIL. (2014). Ministério do Planejamento. Informações Gerenciais de Contratações e Compras Públicas. Brasília, DF.

- BERGMAN, M. A.; LUNDBERG, S. (2013) 'Tender evaluation and supplier selection methods in public procurement', *Journal of Purchasing and Supply Management*, Vol. 19, No. 2, pp.73–83.
- BITTENCOURT, S. (2014). *Licitação passo a passo: comentando todos os artigos da Lei nº 8.666/93 totalmente atualizada: levando também em consideração a Lei Complementar nº 123/06, que estabelece tratamento diferenciado e favorecido às microempresas e empresas de pequeno porte nas licitações públicas*. 7 ed. Belo Horizonte: Fórum.
- BELTON, V.; STEWART, T. J. *Multiple criteria decision analysis: an integrated approach*. Norwell: Kluwer Academic Publishers, 2002.
- BASTOS, L. N. V.; ALMEIDA, A. T. (2002) Utilização do método promethee ii na análise das propostas de preços em um processo de licitação. In XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção.
- BOUYSSOU, D.; MARCHANT, T.; PIRLOT, M.; PERNY, P.; TSOUKIÀS, A.; VINCKE, P. *Evaluation and decision models: a critical perspective*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2000.
- CHEN, C.T.; LIN, C.T.; HUANG, S.F. A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *Int. J. Prod. Econ.*, 102 (2) (2006), pp. 289-301.
- COSTANTINO, N.; DOTOLI, M.; FALAGARIO, M.; FANTI, M. P. Using fuzzy decision making for supplier selection in public procurement. *Journal of Public Procurement*, Vol. 11, pp.403-427. 2011.
- CUNHA, F. A.; DUTRA, A.; BINOTTO, M. (2016) Avaliação dos serviços de licitação para apoiar a gestão administrativa de órgão público municipal. *Revista Brasileira de Gestão e Inovação*, v.4, n.1, pp. 90-111.
- CAVALCANTE, L. G. G.; SCHRAMM, F.; SILVA, V. B. S. (2015). Modelo multicritério de apoio a seleção de fornecedores baseado nos procedimentos licitatórios brasileiros. In: *Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional – SBPO*, 2015, Porto de Galinhas.
- DE BOER, L.; LABRO, E.; MORLACCHI, P. A review of methods supporting supplier selection. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, v. 7, n. 2, p. 75-89, 2001.
- DOUMPOS, M.; ZOPOUNIDIS, C. *Multicriteria decision aid classification methods*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002.
- European Union (2004) Directive 2004/18/EC of the European Parliament and of the Council of 31 March 2004 on the Coordination of Procedures for the Award of Public Works Contracts, Public Supply Contracts and Public Service Contracts.
- EDWARDS, W.; BARRON, F. H. SMARTS and SMARTER: Improved simple methods for multiattribute utility measurement. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 60: 306-325, 1994.
- FALAGARIO, M.; SCIANCALEPORE, F.; COSTANTINO, N.; PIETROFORTE, R. Using a DEA-cross efficiency approach in public procurement tenders. *European Journal of Operational Research*, 218(2), pp. 523–529. 2012.

- FONTANA, M. E.; MORAIS, D. C.; Almeida A. T. (2011) A MCDM Model for Urban Water Conservation Strategies Adapting Simos Procedure for Evaluating Alternatives Intra-criteria. In: Takahashi R.H.C., Deb K., Wanner E.F., Greco S. (eds) Evolutionary Multi-Criterion Optimization. EMO 2011. Lecture Notes in Computer Science, vol 6576. Springer, Berlin, Heidelberg.
- GALINDO, H. V. C.; CARVALHO, E. N.; SILVA, L. C. (2016) Problema de localização de um novo campus utilizando modelo de agregação aditivo com veto. In XLVIII SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Vitória, ES.
- GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. Tomada de decisões em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério. São Paulo: Thomson, 2004.
- GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S.; ALMEIDA, A. T. D. Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério. São Paulo: Atlas, 2002.
- GOMES, L. F. A. M. Teoria da decisão. São Paulo: Thomson, 2007.
- HABABOU, M.; MARTEL, J. M. (1998), "Multi-criteria approach for selecting a portfolio manager", INFOR, Vol. 36 No. 3, pp. 161-177.
- HO, W.; XU, X.; DEY, P. K. (2010). Multi-criteria decision-making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. European Journal of operational research, 202(1), 16-24.
- HWANG, C. L.; YOON, K. Multiple attributes decision-making methods and applications Berlin: Springer-Verlag, 1981.
- JUSTEN FILHO, M. (2014) Comentários à lei de licitações e contratos administrativos. 16 ed. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais.
- KABI, A. A.; HUSSAIN, M.; KHAN, M. Assessment of supplier selection for critical items in public organisations of Abu Dhabi. World Rev. Sci. Technol. Sustain. Dev. 2017, 13, 56–73.
- KAHRAMAN, C.; CEBECI, U.; ULUKAN, Z. Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP Logistics Information Management, 16 (6) (2003), pp. 382-394.
- KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. Decision with multiple objectives: preferences and value tradeoffs. New York: John Wiley, 1976.
- KELEMENIS, A.; ASKOUNIS, D. "A new TOPSIS-based multicriteria approach to personnel selection," Expert Systems with Applications, vol. 37, no. 7, pp. 4999–5008, 2010.
- LAI, K. K.; LIU, S. L.; WANG, S. Y. 2004. "A method used for evaluating bids in the Chinese construction industry." Int. J. Proj. Manage., 223, 193–201.

- LIMA, M. A. X.; CLEMENTE, T. R. N.; ALMEIDA, A. T. Prioritization for allocation of voltage regulators in electricity distribution systems by using a multicriteria approach based on additive-veto model. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, v. 77, p. 1-8, 2016.
- LOPES, Y. G.; ALMEIDA, A. T. (2013) A multicriteria decision model for selecting a portfolio of oil and gas exploration projects. *Pesquisa Operacional* 33(3):417–441.
- LUCHI, J. S. P.; CARNEIRO, T. C. J. (2006) Análise de eficiência e eficácia do pregão presencial. In XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção.
- MAMAVI, O.; NAGATI, H.; PACHE, G.; WEHRLE, F. T. (2015). How does performance history impact supplier selection in public sector? *Industrial Management & Data Systems*, 115(1), 107-128.
- MENEZES, R. A.; SILVA, R. A.; LINHARES, A. Leilões eletrônicos reversos multiatributo: uma abordagem de decisão multicritério aplicada às compras públicas brasileiras. *RAC - Revista de Administração Contemporânea*, Volume 11, n.3 p. 11-33, 2007.
- MALISCESKI, K.; AZEVEDO, B. M.; ERDMANN, R. H. (2013). Análise da efetividade do pregão eletrônico para aquisição de bens e serviços públicos. In XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção.
- MOULIN, Hervé. The proportional veto principle. *Review of Economic Studies*, v. 48, p. 407–416, 1981.
- ONUT, S.; TOSUN, S. An integrated methodology for supplier selection under the presence of vagueness: A case in banking sector, Turkey, *Journal of Applied Mathematics* (2014) Article ID 283760.
- PALHA, R. P.; ALMEIDA, A. T. Food supplier selection: an application of the additive veto model. 2017 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC) Banff Center, Banff, Canada, October 5-8, 2017.
- PODINOVSKI, V. V. A DSS multicriteria analysis with imprecisely specified tradeoffs. *European Journal of Operational Research*, v. 113, p. 261-270, 1999.
- PASTOR-FERRANDO, J.P.; ARAGONÉS-BELTRÁN, P.; HOSPITALER-PÉREZ, A; GARCÍA-MELÓN, M. (2010). An ANP- and AHP-based approach for weighting criteria in public works bidding. *Journal of the Operational Research Society*, 61, 905–916.
- PAULA, T. S.; CAMPOS, A. C. S. M. (2016) Modelo multicritério de apoio a decisão para priorização de alternativas estratégicas em micros e pequenas empresas. In XXXVI encontro nacional de engenharia de produção.
- ROCHA DE GOUVEIA, M. 2002. “The price factor in EC public tenders.” *Public Contract Law J.*, 31(4), 679–693.
- ROBERTS, R.; GOODWIN, P. (2002). Weights Approximations in Multi-attribute Decision Models, *Journal of multi-criteria decision analysis* 11: 291-303.

- RIBEIRO, C. G.; JUNIOR, E. I.; RAUEN, A. T.; LI, Y. Unveiling the public procurement market in Brazil: A methodological tool to measure its size and potential. *Development Policy Review*, 36, pp. 360-377. 2018.
- ROY, B. Multicriteria methodology for decision aiding. Netherland: Kluwer academic publishers, 1996.
- SHEN, L.Y.; Li, Q.M.; DREW, D.; SHEN, Q.P. (2004) Awarding construction contracts on multicriteria basis in China. *Journal of Construction Engineering and Management*, 130(3), 385–93.
- SCIANCELEPORE, F.; FALAGARIO, M.; CONSTANTINO, N.; PIETROFORTE, R. MULTI-CRITERIA BID EVALUATION OF PUBLIC PROJECTS. *Management and Innovation for a Sustainable Built Environment*, pp. 20 – 23, June 2011, Amsterdam, Netherlands.
- SANTANA, J. E. (2014). Pregão presencial e eletrônico: sistema de registro de preços: Manual de implantação, operacionalização e controle. 4 ed. Belo Horizonte: Fórum.
- SILVEIRA, E. S.; LOPES, A. C. V.; CINTRA, R. F. Análise do processo de compras do setor público: um estudo de caso na prefeitura municipal de Dourados/MS. In XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção.
- SUREEYATANAPAS, P.; SRIWATTANANUSART, K.; NIYAMOSOTH, T.; SESSOMBOON, W.; ARUNYANART, S. Supplier selection towards uncertain and unavailable information: An extension of TOPSIS method. *Operations Research Perspectives*, 5 (2018), pp. 69-79.
- SCHRAMM, F.; CAVALCANTE, L. G. C.; SOUZA, M. A.; SILVA, V. B. S. Modelo de seleção de fornecedores para apoiar compras públicas na modalidade de licitação pregão. In XLVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2016, Vitória, Anais do SBPO 2016.
- SILVA, V. B. S.; SCHRAMM, F.; DAMASCENO, A. C. A multicriteria approach for selection of agile methodologies in software development projects. 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics • SMC 2016 | October 9-12, 2016 • Budapest, Hungary
- SCHRAMM, F.; MORAIS, D. C. (2008) Aplicação do método multicritério smarter na seleção de fornecedores: um estudo de caso na construção civil. In XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.
- SAATY, T. L. The analytic hierarchy process. New York: McGraw- Hill, 1980.
- VINCKE, P. Multicriteria decision-aid. New York: John Wiley, 1992.
- WALKER, H.; BRAMMER, S. “Sustainable procurement in the United Kingdom public sector”. *Supply Chain Management: an International Journal*. v.14, ed. 2, pp. 128-137, 2009.
- WAARA, F.; BRÖCHNER, J. (2006) Price and nonprice criteria for contractor selection. *Journal of Construction Engineering and Management*, 132(8), 797–804.

- WONG, C. H.; HOLT, G. D.; HARRIS, P. (2001) Multi-criteria selection or lowest price? Investigation of UK construction clients' tender evaluation preferences. *Engineering Construction and Architectural Management*, 8(4), 257–71.
- YOON, K.; HWANG, C.-L. Multiple attribute decision making an introduction. Thousand Oaks: Sage Publications, 1995.
- ZARDARI, N. H.; NAUBI, I. B.; ROSLAN, N. A. B., Shirazi S.M. 2014. Multicriteria approach for selecting the most vulnerable watershed for developing a management plan. *Journal of Water and Land Development*. No. 23 p. 61–68.