



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

THOMAS EDSON ESPÍNDOLA GONÇALO

**MODELO DE DECISÃO EM GRUPO E PROTOCOLOS DE NEGOCIAÇÃO
BASEADOS EM AGENTES DE SOFTWARE PARA SELEÇÃO DE
FORNECEDORES NOS CONTEXTOS PÚBLICOS E PRIVADO**

Recife

2018

THOMAS EDSON ESPÍNDOLA GONÇALO

**MODELO DE DECISÃO EM GRUPO E PROTOCOLOS DE NEGOCIAÇÃO
BASEADOS EM AGENTES DE SOFTWARE PARA SELEÇÃO DE
FORNECEDORES NOS CONTEXTOS PÚBLICOS E PRIVADO**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Gerência da Produção.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Danielle Costa Morais

Recife

2018

Catálogo na fonte
Bibliotecária: Rosineide Mesquita Gonçalves Luz / CRB4-1361 (BCTG)

G635m Gonçalves, Thomas Edson Espíndola.
Modelo de decisão em grupo e protocolos de negociação baseados em agentes de software para seleção de fornecedores nos contextos públicos e privado / Thomas Edson Espíndola Gonçalves. – Recife, 2018.
167 folhas., il., figs., gráfs., tabs.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Danielle Costa Morais.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2018.
Inclui Referências.

1. Engenharia de Produção. 2. Seleção de fornecedores. 3. Decisão em grupo. 4. Negociação. 5. Negociação baseada em agentes de softwares. 6. Agente Assistente de Negociação. I. Morais, Danielle Costa (Orientadora). II. Título.

658.5 CDD (22.ed)

UFPE/BCTG-2018/ 380

THOMAS EDSON ESPÍNDOLA GONÇALO

**MODELO DE DECISÃO EM GRUPO E PROTOCOLOS DE NEGOCIAÇÃO
BASEADOS EM AGENTES DE SOFTWARE PARA SELEÇÃO DE
FORNECEDORES NOS CONTEXTOS PÚBLICOS E PRIVADO**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção.

Aprovada em: 27/08/2018.

Prof^ª. Dr^ª. Danielle Costa Morais (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^ª. Dr^ª. Denise Dumke de Medeiros (Examinador interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Cristiano Alexandre Virgínio Cavalcante (Examinador interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Javier Leonardo Pereira Retamales (Examinador externo)
Universidad Tecnológica de Chile

Prof. Breno Barros Telles do Carmo (Examinador externo)
Universidade Federal Rural do Semiárido

A Joana e Isabela

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pelo apoio essencial.

Agradeço a todos os professores do PPGEP/UFPE, por contribuir com a minha formação.

Agradeço a Prof^ª. Danielle Moraes pela disponibilidade, orientação, confiança e por ter acreditado, mesmo em momentos que eu não acreditava mais.

Agradeço pelo apoio do programa para participação em congressos internacionais e nacionais (via recurso CAPES).

Agradeço a Deus, por me dar forças nos momentos mais difíceis.

Agradeço a minha esposa Joana, pelo apoio em todos os momentos difíceis pelos quais passei durante todo esse período. Sem você, eu não teria conseguido.

Agradeço a minha filha Isabela, que ainda não fala, mas me inspirou desde o primeiro olhar.

Agradeço a meus pais, Silvia e Severino Gonçalo, por sempre acreditar que eu conseguiria e por me encorajar sempre.

Agradeço a minha tia, Maria Espíndola, por me encorajar e me inspirar durante todos os momentos.

Agradeço a minha avó Marina (*in memoriam*), que plantou a primeira semente de que vale a pena estudar na família. Sem as ações que ela tomou antes de eu nascer, eu não estaria aqui.

Agradeço a meus irmãos e primos. Obrigado pelo incentivo, confiança e pelo apoio em todos os momentos.

Agradeço aos amigos do PPGEP/UFPE, em especial a Annielli e José Leão. Obrigado!

Por fim, obrigado a todos os amigos que direta, ou indiretamente, participaram desta conquista.

RESUMO

Em ambientes cada vez mais competitivos, o processo de seleção de fornecedores ganha ainda mais importância. O problema caracteriza-se por envolver a consideração de múltiplos critérios, muitas vezes por mais de um decisor, além da possibilidade de realização de negociações entre o comprador e os diversos potenciais fornecedores. Diante deste cenário, esta tese propõe três modelos voltados para organizações de áreas de atuação distintas. O primeiro modelo foca no apoio a decisão em grupo no contexto de uma empresa do setor de óleo e gás, onde especialistas de diversas áreas da empresa participam diretamente do processo de avaliação, considerando o julgamento de múltiplos critérios. A partir da combinação do método PROMETHEE II e do procedimento de votação por quartis, tem-se como resultado o fornecedor mais adequado. Vale destacar que no setor público, nem sempre é conveniente trabalhar com a interferência de preferências individuais, dessa forma, foi proposto o modelo de apoio à decisão baseado em agentes de software para o processo de seleção de fornecedores no âmbito do setor público no Brasil. O modelo tem como objetivo delimitar a participação do ser humano no processo, trazendo uma negociação automática para os leilões eletrônicos reversos realizados nas licitações. A partir de um estudo da legislação, foram propostas arquitetura de multiagentes de software e respectivo protocolo de atuação dos agentes nas múltiplas negociações em paralelo, obtendo-se como resultado a escolha do fornecedor mais adequado. Ainda na perspectiva de deixar o processo mais automatizado, porém no contexto do setor privado, onde a figura do decisor é clara, foi proposto o terceiro modelo, tratando-se de um protocolo para um Agente Assistente de Negociação (AAN), para atuar como um especialista no suporte a um negociador humano, mas deixa o poder de decisão com o ser humano. Neste sentido, o AAN avalia propostas, checa aceitação e indica contrapropostas para o negociador, que realiza a escolha por conta própria. O modelo foi testado para a seleção de transportadora em uma empresa varejista, indicando qual a proposta mais adequada ao final das múltiplas negociações com as transportadoras. Dessa forma, percebe-se que embora os modelos propostos atuem no problema de seleção de fornecedores de maneiras diferentes e em situações específicas, todos tem como função básica a melhoria dos processos de compras, aumento da agilidade, flexibilidade e transparência.

Palavras-chave: Seleção de fornecedores. Decisão em grupo. Negociação. Negociação baseada em agentes de softwares. Agente Assistente de Negociação.

ABSTRACT

Considering the increasingly competitive environments, the supplier selection process becomes even more important. The problem takes into account multiple criteria, often by more than one decision maker, and the possibility of negotiations between the buyer and the various potential suppliers. Given this scenario, this thesis proposes three models to support supplier selection for organizations of different areas of activity. The first model focuses on group decision support in the context of an oil and gas company, where specialists from different areas participate directly in the evaluation process, considering the judgment of multiple criteria. From the combination of PROMETHEE II method and quartiles voting procedure, the most appropriate supplier is identified. In the public sector, it is not always convenient to work with great variability of individual preferences, as such, the decision support model based on software agents was proposed for the selection process of suppliers within the public sector in Brazil. The model aims to minimize the participation of the human being in the process, proposing an automatic negotiation to the reverse electronic auctions conducted in the public procurement. Based on the legislation, the architecture of multiagents and their respective protocol were proposed for parallel multiple negotiations, providing the most appropriate supplier. Also, in the private sector context, where decision maker is clearly identified, the third model was proposed: a protocol for a Negotiating Assistant Agent (NAA). The NAA act as a specialist in order to support a human negotiator, leaving the power of decision with him being. In this sense, NAA evaluates proposals, check acceptance and indicate counterproposals for the negotiator, who makes the choice for his own account. The model was tested for the haulier selection at a retailer, indicating which proposal is most appropriate at the end of the multiple negotiations. Finally, we conclude that although the proposed models act for specific supplier selection problem context, all of them presents as basic function the improvement of the purchasing processes, increasing the agility, flexibility and transparency.

Keywords: Supplier selection. Group decision making. Negotiation. Agent-based negotiation. Negotiation Agent Assistant.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Etapas da pesquisa em Pesquisa Operacional.....	24
Figura 2 –	Etapas desta pesquisa.....	25
Figura 3 –	Capítulos desta pesquisa.....	27
Figura 4 –	Sistemas de software em facilitação de negociação, suporte e automação.....	54
Figura 5 –	Elementos de uma negociação bilateral automática.....	60
Figura 6 –	Modelo para tomada de decisão em grupo em seleção de fornecedores.....	72
Figura 7 –	Visão geral do método de votação por quartis.....	76
Figura 8 –	Comparação de resultados individuais e de grupo.....	88
Figura 9 –	Procedimento da modalidade pregão.....	94
Figura 10 –	Modelo de negociação e seleção de fornecedores no contexto da contratação pública.....	98
Figura 11 –	Processo de pré-negociação no modelo baseado em agentes.....	99
Figura 12 –	Procedimento para negociação e seleção de fornecedores na sessão de contratos públicos.....	102
Figura 13 –	Arquitetura preliminar para o sistema multiagentes.....	104
Figura 14 –	Protocolo de negociação para seleção de fornecedores.....	105
Figura 15 –	Curvas para concessão exponencial e polinomial.....	110
Figura 16 –	Processo de concessão para 18 rodadas (taxa de concessão x rodadas).....	117
Figura 17 –	Utilidades das propostas oferecidas pelos fornecedores (utilidade x rodadas).....	117
Figura 18 –	Processo de operação do Centro de Distribuição.....	123
Figura 19 –	Gestão do abastecimento das lojas pelo CD.....	124
Figura 20 –	Suporte à negociação por um AAN.....	127
Figura 21 –	Protocolo de pré-negociação.....	128
Figura 22 –	Protocolo de negociação com suporte do AAN.....	129
Figura 23 –	Evolução dos valores das ofertas considerando comportamentos independentemente (utilidade x rodada).....	138

Figura 24 – Evolução das propostas e contrapropostas para h_2 pelo CD (utilidade x rodada).....	139
Figura 25 – Evolução do valor das ofertas dos transportadores, seguindo envio de melhor contraoferta para cada transportador (utilidade x rodada).....	141
Figura 26 – Evolução das propostas e contrapropostas para h_2 e h_4 pelo CD (utilidade x rodada).....	141

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Barreiras à implementação de sistemas de compras eletrônicas.....	38
Tabela 2 –	Benefícios da implementação de sistemas de compras eletrônicas.....	39
Tabela 3 –	Abordagens utilizadas para seleção de fornecedores.....	47
Tabela 4 –	Procedimentos de votação.....	49
Tabela 5 –	Componentes do processo de negociação	51
Tabela 6 –	Tipos de sistemas de apoio à decisão em negociação.....	55
Tabela 7 –	Fases da negociação.....	58
Tabela 8 –	Características da negociação automatizada.....	59
Tabela 9 –	Caracterização dos grupos de critérios para seleção de provedores de serviços.....	70
Tabela 10 –	Funções de preferência.....	75
Tabela 11 –	Descrição do papel de cada decisor.....	79
Tabela 12 –	Critérios utilizados na aplicação.....	80
Tabela 13 –	Escala de avaliação.....	82
Tabela 14 –	Pesos atribuídos a cada critério por cada decisor.....	82
Tabela 15 –	Ranking de candidatos a fornecedor, por quatro decisores.....	83
Tabela 16 –	Aplicando o procedimento de votação.....	84
Tabela 17 –	Passo de filtragem para o quartil superior.....	84
Tabela 18 –	Etapas de filtragem para quartil inferior.....	85
Tabela 19 –	Estágio de veto para o quartil superior.....	85
Tabela 20 –	Estágio de veto para o quartil inferior.....	86
Tabela 21 –	Estágio de escolha para as alternativas restantes.....	86
Tabela 22 –	Comparação dos resultados obtidos com resultados de outros procedimentos de votação.....	87
Tabela 23 –	Agentes propostos para o modelo de seleção e negociação de fornecedores.....	103
Tabela 24 –	Critérios considerados e pesos para cada negociador.....	112

Tabela 25 – Valores de aceitação mínimos e máximos para compradores e fornecedores.....	113
Tabela 26 – Parâmetros para o processo de negociação.....	113
Tabela 27 – Propostas iniciais de fornecedores.....	114
Tabela 28 – Utilidades das propostas dos fornecedores pelo comprador na 1ª rodada.....	114
Tabela 29 – Utilidades de propostas de compradores por fornecedores.....	115
Tabela 30 – Utilidades das propostas dos fornecedores pelo comprador na segunda rodada.....	115
Tabela 31 – Propostas aceitas no final do processo de barganha.....	116
Tabela 32 – Propostas com maior utilidade no final das rodadas 16 e 20.....	118
Tabela 33 – Propostas com maior utilidade para $\gamma = 1$ e $\gamma = 0,25$	118
Tabela 34 – Resultados considerando o comportamento de cada transportador independentemente.....	137
Tabela 35 – Resultados considerando o envio da melhor contraproposta para os fornecedores.....	140
Tabela 36 – Diferenças entre os modelos de apoio à seleção de fornecedores.....	145

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAN	Agente Assistente de Negociação
AC	Agente Coordenador
AF	Agente de Fornecedor
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
AHPSort	<i>Analytic Hierarchy Process for Sorting Problems</i>
AN	Agente Negociador
ANP	<i>Analytic Network Process</i>
AS	Agente de Seleção
ASN	Agentes de software em negociação
ATfT	<i>Average Tit-for-tat</i>
B2B	<i>Business-to-Business (B2B)</i>
CD	Centros de Distribuição
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i>
DEMATEL	<i>Decision-Making Trial And Evaluation Laboratory</i>
DM	<i>Decision Maker</i>
ELECTRE	<i>Elimination and choice expressing reality</i>
ERP	<i>Enterprise Resources Planning</i>
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FPSO	<i>Floating Production Storage and Offloading</i>
GCS	Gestão da cadeia de suprimentos
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MNE	Mesa de negociação eletrônica
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OHSAS	<i>Occupational Health and Safety Assessment Series</i>
OHSMS	<i>Occupational Health and Safety Management System</i>
OMC	Organização Mundial do Comércio
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
PO	Pesquisa Operacional
PROMETHEE	<i>Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation</i>
QFD	<i>Quality Function Deployment</i>
RATfT	<i>Random Absolute Tit-for-tat</i>
ROC	<i>Rank Order Centroid</i>
RTfT	<i>Relative Tit-for-tat</i>
S&SO	Saúde e Segurança Ocupacional
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SGC	Sistema de Compras Governamentais
SGSST	Sistema de Gestão de Saúde e Segurança no Trabalho
SI	Sistemas de informação
SIASG	Sistema Integrado de Administração de Serviços Gerais
SKU	<i>Stock Keeping Unit</i>
SMART	<i>Simple Multiattribute Rating Technique</i>
SMARTER	<i>SMART Exploit Ranks</i>
SMARTS	<i>SMART using Swings</i>
SMS	<i>Safety Management System</i>
SMST	Saúde, Medicina e Segurança no Trabalho
SNE	Sistemas de Negociação Eletrônica

SSD	Sistema de Suporte à Decisão
SSN	Sistemas de Suporte à Negociação
TIC	Tecnologia de informação e Comunicação
TOPSIS	<i>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution</i>
VIKOR	<i>Multi-criteria optimization and compromise solution</i>
WMS	<i>Warehouse Management System</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Justificativa.....	18
1.2	Objetivos	22
1.2.1	Objetivo geral	23
1.2.2	Objetivos específicos.....	23
1.3	Metodologia	23
1.4	Organização do trabalho.....	26
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA	29
2.1	Seleção de fornecedores.....	29
2.2	Compras públicas	32
2.3	Compras eletrônicas	36
2.4	Leilões	43
2.5	Métodos de apoio à tomada de decisão em seleção de fornecedores	46
2.6	Negociação	49
2.7	Negociação baseada em agentes.....	56
2.8	Revisão da literatura	61
2.9	Considerações finais do capítulo	65
3	MODELO DE APOIO À DECISÃO EM GRUPO PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES NO SETOR DE ÓLEO E GÁS	68
3.1	Panorama do processo de compras públicas na empresa	69
3.2	Modelo para seleção de fornecedores para uma companhia petrolífera brasileira	71
3.3	Aplicação numérica	79
3.4.1	Discussão dos resultados	87
3.5	Considerações finais do capítulo	89
4	MODELO DE APOIO À DECISÃO BASEADO EM AGENTES DE SOFTWARE PARA COMPRAS PÚBLICAS NO BRASIL.....	91
4.1	Panorama das compras públicas no Brasil.....	91
4.2	Modelo baseado em agentes para compras públicas no Brasil.....	97
4.2.1	Elementos computacionais para o modelo de negociação e seleção de fornecedor.	106
4.3	Aplicação numérica	111
4.3.1	Discussão dos resultados	119
4.4	Considerações finais do capítulo	120

5	PROTOCOLO PARA UM AGENTE ASSISTENTE DE NEGOCIAÇÃO PARA SELEÇÃO DE TRANSPORTADORES EM UMA EMPRESA VAREJISTA	122
5.1	Panorama do processo de seleção de transportadores na empresa varejista...	122
5.2	Protocolo para o Agente Assistente de Negociação.....	126
5.2.1	Elementos computacionais para o protocolo de negociação	129
5.3	Aplicação numérica	135
5.3.1	Processo de pré-negociação.....	135
5.3.2	Processo de negociação	136
5.3.3	Considerando cada comportamento de forma independente.....	136
5.3.4	Seguindo o comportamento da melhor contraproposta para o comprador.....	139
5.3.5	Discussão dos resultados	142
5.4	Considerações finais do capítulo	143
6	CONCLUSÕES	147
6.1	Contribuições quanto à seleção de fornecedores no setor de óleo e gás.....	147
6.2	Contribuições quanto ao modelo de apoio à decisão baseada em agentes de software para compras públicas.....	148
6.3	Contribuições quanto ao protocolo de agente assistente de negociação para seleção de transportadoras	148
6.4	Limitações desta pesquisa	149
6.5	Sugestões de trabalhos futuros	150
	REFERÊNCIAS	152

1 INTRODUÇÃO

Diante da crescente competitividade e globalização dos mercados, o processo de seleção de fornecedores tem um impacto significativo na gestão de compras na cadeia de suprimentos e apresenta alto grau de complexidade, devido ao número de fatores que devem ser considerados no processo seletivo (WU, HSIEH E CHANG, 2013; LEE, 2014). Assim, a seleção tradicional de parceiros normalmente envolve etapas para definir os critérios de terceirização, seguidos de uma qualificação de fornecedores potenciais (BYRNE et al., 2013).

Ademais, pode ser necessário realizar negociações durante o processo de seleção de fornecedores (LEE E YANG, 2009). Em tais casos, a negociação é uma tarefa sofisticada e desafiadora, devido à diversidade de perspectivas, conhecimentos e experiências intelectuais dos participantes; às numerosas variáveis envolvidas na relação entre oferta e demanda; e interações complexas.

Assim, vêm crescendo a importância da utilização de ferramentas para apoiar o processo de seleção de fornecedores, o que inclui os métodos de apoio a decisão multicritério, seja para um único decisor ou para grupo de decisores e procedimentos de negociação, seja com seres humanos ou com apoio de agentes de softwares. Tais ferramentas ganham importância ao proporcionar meios para melhor analisar os diversos critérios considerados para a seleção de fornecedor, não apenas limitados à capacidade de processamento do cérebro humano. Os métodos de apoio à negociação, por sua vez, são importantes no apoio às atividades do negociador, ou até mesmo o substituindo em negociações corriqueiras, buscando melhorar os resultados da negociação.

Carter et al. (2004) ressalta que os relacionamentos nos mais diversos tipos de cadeias de suprimento são impactados pela adoção de tecnologia. Tal situação não é diferente quando se discute o processo de seleção de fornecedores, cada vez mais intermediado por recursos tecnológicos. Neste sentido, cresce a tendência da utilização massiva de sistemas de compras eletrônicas para facilitar o processo de compras nos mais diversos tipos de organização. De acordo com Barahona e Elizondo (2014), um sistema de compras eletrônicas é uma plataforma digital utilizada para centralizar, otimizar e agilizar o processo de compras, sejam elas públicas ou privadas. A plataforma usa uma sequência de tarefas baseadas em meio eletrônico, que provê serviços de comunicação, manuseio, tratamento e armazenamento de dados. Observa-se que tais sistemas podem apoiar a atuação de um negociador humano no processo ou, até mesmo, desempenhar o seu papel de forma automatizada, podendo trazer mais qualidade e proteção contra erros e atitudes ilícitas.

Nesta perspectiva, propõe-se a utilização de ferramentas de apoio a decisão e negociação, em especial para atender três importantes aspectos:

- Ampliar o leque de critérios avaliados para escolha de um fornecedor, melhorando a capacidade de análise dos dados, não a mantendo limitada à capacidade humana, e considerando também as preferências de vários decisores;
- Prestar suporte ao processo de negociação, durante a seleção de fornecedores, facilitando-se o processo e melhorando-se os ganhos obtidos;
- Fazer uma melhor escolha de fornecedor, com base nos dados gerados durante o processo de seleção.

Assim, diante do contexto de seleção de fornecedores, esta tese propõe três modelos de distintos, aplicados para os casos específicos de três tipos de organizações, considerando diferentes necessidades. Entretanto, os três modelos possuem o principal objetivo de melhorar os processos de compras, aumentar a agilidade, a flexibilidade e a transparência, de modo a diminuir a ocorrência de falhas no processo e de melhorar os ganhos para os envolvidos. Os modelos propostos nesta tese são apresentados a seguir:

- Modelo 1 – propõe o apoio a decisão em grupo no contexto de uma empresa do ramo de óleo e gás, combinando a utilização dos métodos PROMETHEE II com o procedimento de votação por quartis.
- Modelo 2 - considerando o processo de compras públicas, onde não é conveniente a interferência de preferências individuais, deste modo, propõe-se um modelo baseado em agentes de software para automatizar o processo de seleção de fornecedor, com foco na modalidade de pregão eletrônico incluindo o suporte à negociação automática.
- Modelo 3 – considerando o processo no setor privado, no caso um varejista brasileiro, que precisa considerar as preferências de um decisor para seleção de transportadores, propõe-se um modelo baseado em Agente Assistente de Negociação (AAN) para prestar suporte a um negociador humano no processo de negociação e seleção de transportadoras.

Conforme pode-se observar, os três modelos tratam o problema de seleção de fornecedores utilizando-se de recursos diferentes. O primeiro é focado no problema de decisão multicritério, quando múltiplos decisores precisam participar do processo. O segundo modelo, por sua vez, propõe a utilização de agentes de software para automatizar o processo de seleção, delimitando a participação humana à definição de parâmetros. O terceiro modelo propõe um

assistente de negociação que presta suporte a um negociador humano no processo de seleção de fornecedores. Assim, adota-se abordagens diferentes para tratar problemas, em linhas gerais, semelhantes por terem o objetivo de escolher o melhor fornecedor para atender às necessidades de uma organização.

A seguir é apresentada justificativa deste estudo, destacando-se a importância do processo de seleção de fornecedores em geral e os três casos estudados.

1.1 Justificativa

Segundo Wu et al. (2010), o processo de seleção de fornecedores, por natureza, envolve múltiplos critérios, muitas vezes considerando dados qualitativos e quantitativos. Tal processo, pode não depender somente do custo ou medidas de qualidade dos produtos/serviços oferecidos, mas também diversos fatores socioeconômicos e de análise de riscos. Hu et al. (2016) e Ustun e Demirtas (2018) afirmam que a seleção de fornecedores é uma tarefa complexa porque é difícil equilibrar todos os critérios, tangíveis e intangíveis, alguns dos quais podem ser conflitantes, como baixo preço *versus* alta qualidade. Entretanto, no que tange ao processo de seleção no mundo real, pode ser necessária interação entre os envolvidos, através de negociação. Para Pidduck (2016), ao contrário da teoria aceita em relação à seleção de parceiros, a literatura aponta que os fornecedores são geralmente escolhidos por meio de um processo de negociação complexo e não por meio da seleção racional. Assim, a negociação entre comprador e vendedor ocorre com bastante frequência, muitas vezes aumentando as possibilidades de se chegar a um melhor resultado.

Em um processo de negociação, conforme destacado por Constantini et al. (2013), várias partes tomam decisões conjuntas para satisfazer razoavelmente os interesses conflitantes. Conforme discutido por Schramm e Morais (2013), durante o processo de negociação, cada parte desenvolve sua própria estratégia para atingir os objetivos, e o comportamento de ganhar ou perder geralmente é adotado em cenários competitivos.

O processo de negociação apresenta-se bastante desafiador, dado o seu caráter geralmente pouco estruturado e sujeito a subjetividade. Devido a estas características, o resultado da negociação pode ser afetado por fatores alheios, incluindo utilização de habilidades de persuasão. Diante deste cenário, a utilização de ferramentas que apoiem o processo de negociação torna-se importante, podendo proteger o comprador e melhorar os resultados.

Tal contexto ocorre nas mais diversas áreas econômicas, incluindo-se o setor de óleo e gás. O setor, no Brasil, apresenta importância estratégica, sendo um importante catalisador para

geração de divisas para o País. Em um ambiente competitivo, exige-se que as organizações do setor busquem gerenciar seus processos de maneira bastante rigorosa, dada a extrema volatilidade do mercado e de interferência do governo. No que se refere ao processo de seleção de fornecedores, as empresas do setor precisam considerar vários critérios, incluindo questões técnicas, financeiras, sociais e ambientais, o que torna a decisão ainda mais complexa.

No caso do primeiro modelo proposto, a empresa em estudo vem enfrentando sérios problemas de credibilidade, devido a ações ilícitas desempenhadas por agentes a ela ligados. Muitos desses problemas surgiram das relações que a empresa tinha com fornecedores de serviços, especialmente grandes empresas de construção. Dentre as ilicitudes investigadas, estão inclusas situações que envolvem o processo de compras públicas, envolvendo, também, o direcionamento de licitações para empresas envolvidas. Diante deste cenário, a proposta de um modelo para apoio à seleção de fornecedores apresenta-se como um potencial fator de redução da corrupção, uma vez que se torna mais fácil rastrear como determinada decisão foi tomada, além de considerar critérios mais claros. Assim, a partir da utilização do modelo, é possível identificar os motivos da escolha de determinado fornecedor, justificando-se a escolha e destacando-se as forças e fraquezas de cada um dos fornecedores.

O segundo modelo foi desenhado para organizações públicas, que por sua vez, também precisam selecionar fornecedores dos materiais e serviços para a execução de suas atividades. Tal processo precisa respeitar os parâmetros exigidos na legislação de licitação. Para tanto, o Brasil possui legislação própria quanto ao processo de compras públicas, para União, Estados e Municípios. A Lei 8.666/93 regulamenta artigo da Constituição Federal Brasileira, instituindo as normas para licitações e contratos da Administração Pública, incluindo aspectos relacionados à obras, serviços, alienações e locações. Entretanto, mesmo com a legislação e possibilidade de acompanhamento por órgãos de controle, é comum a ocorrência de casos de corrupção no processo licitatório e no relacionamento posterior com os fornecedores. Além disso, o próprio fato de ser necessário obedecer às rigorosas definições da legislação, pode levar a ineficiência no processo de seleção, trazendo prejuízos diversos. Apesar da legislação possibilitar a consideração de outros critérios, o critério “menor preço”, geralmente, é o único considerado no processo de escolha do fornecedor. Desta forma, em geral, se procede a definição de características ou parâmetros mínimos do item a ser adquirido e, respeitados os parâmetros mínimos, seleciona-se o fornecedor que oferece o bem ou serviço com o menor preço. Assim, muitas vezes, acaba-se selecionando o fornecedor com o preço mais baixo, em detrimento de um fornecedor que oferece performances superiores em outros aspectos que seriam vantajosos

para o poder público. Desta maneira, pode ocorrer a aquisição de um bem ou serviço com qualidade muito inferior, apenas porque o mesmo foi oferecido com menor preço.

Outro ponto não contemplado claramente na legislação é o processo de negociação entre a Administração Pública e os fornecedores, o que pode resultar em uma solução menos interessante para o comprador. Atualmente, a negociação fica restrita ao preço cobrado pelo bem ou serviço, não considerando aspectos relacionados a outros pontos importantes na aquisição destes. Assim, na mesa de negociação, a discussão basicamente envolve troca de propostas em relação ao preço do produto, não permitindo o oferecimento de outros atributos que podem ser do interesse da administração. Tal situação pode levar a escolha de um fornecedor que oferece um produto de menor custo, em detrimento da qualidade e outros fatores importantes para o usuário.

Além disso, outro importante fator refere-se à necessidade de transparência na tomada de decisão em compras públicas. Neste sentido, é importante que as razões que levaram à escolha de um determinado fornecedor estejam disponíveis para fiscalização dos órgãos de controle, bem como de qualquer cidadão. Conforme Ruijer e Martinius (2017), diversos estudiosos presumem que as iniciativas de dados abertos geram impacto sobre processos de monitoramento, deliberação e participação em democracias representativas. Dados abertos têm o potencial de melhorar a percepção dos processos do governo, facilitar a deliberação informada e a colaboração informada. Para tanto, quanto ao processo de compras públicas, vem ganhando espaço a utilização de ferramentas de compras eletrônicas, ou *e-procurement*, no escopo do *e-government*. Há, ainda, a necessidade de dificultar a ação de pessoas mal-intencionados no processo de seleção. Tal medida pode ser realizada quando se delimita a participação de seres humanos no processo, principalmente, no papel de representantes do Poder Público, como é o caso do pregoeiro no processo de pregão eletrônico. Assim, os envolvidos participam da definição de parâmetros de seleção, não participando diretamente do processo de barganha. A participação direta de um ser humano neste processo apresenta-se como um risco para a lisura do processo, seja por corrupção, seja por erro humano.

A corrupção apresenta-se como um grave problema brasileiro, que afeta fortemente os serviços públicos oferecidos para a população. Em estudo realizado pela FIESP (2010), observou-se que custo médio da corrupção no Brasil é estimado entre 1,38% a 2,3% do PIB, isto é, de R\$ 41,5 bilhões a R\$ 69,1 bilhões (em reais de 2008). Tem-se tal montante de valores desviados correspondem a, aproximadamente, 27% do que é gasto pelo poder público em educação. Tal valor alcança os 40% do que é gasto com o orçamento público da saúde. Em relação à segurança pública, o custo médio de corrupção apresentou-se como maior do que todo

o orçamento dos estados e da União, que alcançou R\$ 39,52 milhões. Conforme estudo da Transparência Internacional (2017), que avalia a percepção da corrupção no mundo, o Brasil situa-se na 96ª posição, de um total de 176 países, tendo caído 17 posições em relação ao levantamento realizado pelo mesmo organismo em 2016. A partir da análise destes dados, pode-se verificar a gravidade do problema e a dimensão do prejuízo que é gerado com estas ações. Apesar de, nos últimos anos, o processo de fiscalização e punição aos envolvidos ter sido melhorada, não se pode imaginar que o impacto da corrupção diminuiu no País.

De acordo com Diaz (2017), as consequências da corrupção não se limitam apenas aos custos econômicos diretos, mas espalham-se por todos os setores e por todos os níveis do Estado moderno. Para Campos e Pereira (2016), supondo-se a eliminação da ineficiência e corrupção nos gastos públicos, os resultados indicam que, no longo prazo, têm-se efeitos positivos consideráveis, os investimentos privados se elevam, bem como as horas trabalhadas, impactado na melhoria da eficiência, o produto aumenta significativamente, sendo sua trajetória, no novo estado estacionário, quase 4,5% superior à trajetória determinada por seu estado estacionário inicial, e o bem-estar neste cenário implicaria ganhos de eficiência equivalentes a um aumento permanente de 1,26% nos níveis de consumo anteriores ao choque.

Neste contexto, diversas medidas podem ser tomadas para se combater atos ilícitos. FIESP (2010) cita a adoção de medidas legais e administrativas que limitem o poder discricionário dos funcionários públicos e das instituições de um modo geral, estabelecendo regras e regulamentações claras e completas, como uma das ações de combate à corrupção. Transparência Internacional (2017), por sua vez, sugere que a sociedade civil e os governos devem promover leis focadas no acesso à informação, o que aumenta a transparência e a responsabilidade, reduzindo as oportunidades de corrupção. O organismo recomenda, ainda, que os governos e as empresas divulguem proativamente as informações relevantes de interesse público em formatos de dados abertos. A divulgação proativa de dados relevantes, incluindo orçamentos governamentais, propriedade da empresa, aquisições públicas e finanças de partidos políticos, permite que jornalistas, sociedade civil e comunidades afetadas identifiquem padrões de conduta corrupta com mais eficiência.

Outro setor, que apresenta relevante importância para a economia do País, é o varejo, que se caracteriza por realizar a venda de itens diversos diretamente aos clientes finais. O setor gera empregos em grande escala, em todos os elos de sua cadeia de suprimentos, e distribui renda a milhões de pessoas por todo o mundo. O setor faz parte da cadeia de suprimentos das mais variadas indústrias existentes, tendo o papel de intermediar o relacionamento entre os fabricantes das mercadorias e os seus clientes finais, sendo caracterizado por alta

competitividade, com a existência de inúmeras organizações dos mais diversos níveis, o que inclui desde as grandes redes internacionais até os pequenos varejistas que comercializam suas mercadorias localmente. No Brasil, o setor apresenta grande importância para o desenvolvimento nacional, principalmente por causa da geração de empregos diretos e indiretos, não só nos pontos de venda, mas em toda a cadeia de suprimentos. O impacto do resultado do setor afeta diretamente os fabricantes dos mais diversos itens de consumo, desde alimentos até itens de tecnologia.

Com o crescimento econômico característico da última década brasileira, a competitividade no setor vem aumentando a cada dia, principalmente com a expansão de grandes redes internacionais que, já há algum tempo, vêm investindo no país. Nesse sentido, a eficiência logística das redes varejistas ganha cada vez mais importância. De maneira a se manter o nível de serviço oferecido aos clientes, são implantadas importantes estruturas logísticas para empreendimentos do ramo do varejo: os Centros de Distribuição (CDs). Estes são centros de custos, que não geram receita para as empresas, mas que centralizam a entrega das mercadorias por parte dos fornecedores dos produtos vendidos aos clientes e a distribuição destas aos mais diversos pontos de venda.

Seguindo a tendência de concentrar-se em seu *core business*, as empresas vêm terceirizando serviços que não fazem parte de sua competência central. Essa tendência já chegou aos CDs em geral, onde há uma grande participação de empresas no processo de atuação. O serviço de transporte de mercadorias é um exemplo de área com bastante participação de empresas prestadoras de serviço. Atualmente, é rara a utilização de frota própria por parte das empresas varejistas, que acabam por contratar os serviços de transportadoras.

Diante dessa tendência, a relação com os fornecedores constitui-se um dos fatores mais importantes da logística desse setor. Essa afirmação é coerente tanto para os fornecedores dos produtos vendidos nos postos de venda, que têm impacto direto na satisfação do consumidor, quanto para os fornecedores dos serviços de apoio à atuação no varejo.

Diante de tais cenários, a seguir são apresentados os objetivos geral e específicos deste estudo.

1.2 Objetivos

A seguir são apresentados os objetivos desta tese, subdivididos em geral e específicos.

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é propor modelos para melhoria do processo de seleção de fornecedores, no contexto público ou privado, para decisão em grupo e negociação de forma mais automatizada.

1.2.2 Objetivos específicos

De modo a atender o objetivo geral, busca-se atingir os objetivos específicos apresentados a seguir:

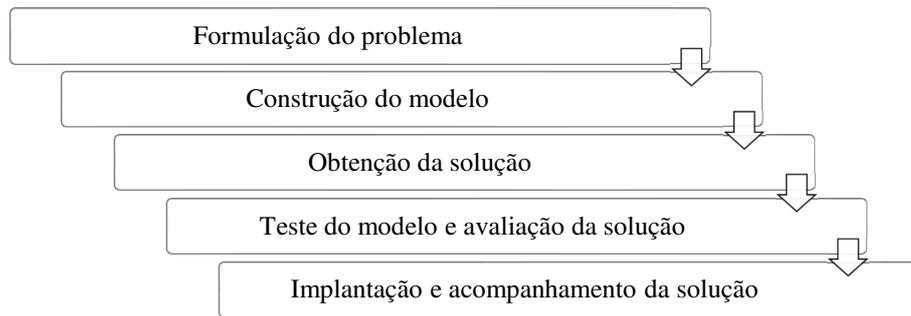
- Identificar os principais fatores relacionados à seleção de fornecedores, no contexto privado e público;
- Identificar os principais recursos de suporte ao processo de negociação e seleção de fornecedores, sob o prisma dos dois contextos;
- Analisar e propor modelo para apoiar o processo de seleção de fornecedores em uma empresa do setor de óleo e gás;
- Analisar e propor modelo para apoiar o processo de negociação e seleção de fornecedores para licitação pública;
- Analisar e propor um sistema de apoio à tomada de decisão para apoiar negociador humano no processo de seleção de transportadores em um varejista brasileiro;
- Comparar as três abordagens de apoio à tomada de decisão em seleção de fornecedores propostas, destacando suas possibilidades de aplicação.

Na seção a seguir é apresentada a metodologia do estudo, detalhando-se os passos que foram seguidos para se atingir os objetivos propostos.

1.3 Metodologia

O estudo desenvolvido apresenta-se como aplicação de métodos de Pesquisa Operacional (PO), que, conforme Ackoff e Sasieni (1974), envolve a construção modelos, representações do sistema e de seu comportamento, para realização de cálculos de apoio à tomada de decisão, isto devido ao fato de não ser possível realizar experimentação direta no ambiente em estudo. Para tanto, os autores identificam as fases de um estudo de PO, apresentadas na Figura 1.

Figura 1 - Etapas da pesquisa em Pesquisa Operacional

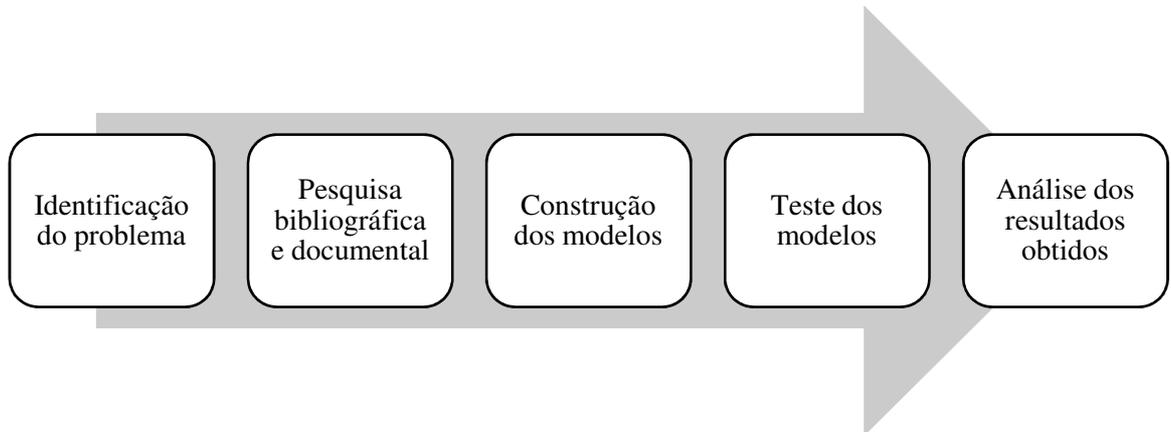


Fonte: Ackoff e Sasieni (1974)

Conforme os autores, inicialmente ocorre a formulação do problema onde são identificados o contexto e as características do problema em análise. Nesta etapa, ainda, são levantados os dados para se compreender o problema, buscando adequação do mesmo ao problema real. Na segunda fase, ocorre a construção do modelo que consiste na representação simplificada do problema, apresentando-se como uma tradução que leva em consideração os aspectos mais importantes do problema. Na terceira etapa, o modelo deve ser executado e podem ser obtidas soluções para o problema. Para tanto, pode-se utilizar diversas ferramentas para se tratar os dados. A seguir, o modelo é testado e a solução é avaliada, segundo sua consistência. Por fim, caso seja do interesse do tomador de decisão, ocorre a implantação da solução encontrada, bem como o acompanhamento dos resultados obtidos.

Esta pesquisa foi desenvolvida em etapas, conforme apresentado na Figura 2. Inicialmente foram identificados os problemas da pesquisa. Em seguida foi realizada pesquisa bibliográfica, de modo conhecer melhor os conceitos referentes à seleção de fornecedores, compras públicas e compras eletrônicas, além das ferramentas de suporte à seleção de fornecedores e negociação disponíveis. Foi realizada, ainda, pesquisa documental com o objetivo de se mensurar os impactos negativos que as práticas corruptas geram para a gestão pública em geral. A seguir, foi realizada uma revisão de literatura, com o objetivo de se identificar e se analisar estudos que propõem soluções para suportar o processo de negociação no âmbito da seleção de fornecedores nos mais diversos contextos. Logo após, foram construídos e testados os modelos para apoio à tomada de decisão para três organizações de perfis diferentes. Os modelos foram, então, testados de modo a verificar a aplicabilidade dos mesmos para os casos estudados. Finalmente, os resultados obtidos foram analisados e considerações gerenciais foram feitas sobre os mesmos.

Figura 2 - Etapas desta pesquisa



Fonte: Esta pesquisa (2018)

Foram analisados os panoramas de três organizações distintas, conforme apresentado a seguir:

- Uma empresa do setor de óleo e gás que precisa selecionar fornecedores de bens e serviços considerando múltiplos critérios, e que precisa prestar contas de suas escolhas;
- Organizações públicas dos mais diversos ramos que precisam contratar, junto à iniciativa privada, bens e serviços, obedecendo a questões definidas na legislação de licitações;
- Uma empresa varejista de grande porte, que precisa negociar e selecionar fornecedores de transporte diariamente, de modo a se atender suas demandas de abastecimento das lojas.

Neste sentido, buscou-se entender o ambiente dos três tipos de organizações estudadas, bem como compreender como ocorrem os seus processos de seleção de fornecedores atualmente.

Os modelos de apoio à tomada de decisão foram propostos, de acordo com as necessidades observadas para cada um dos contextos. Tais modelos foram desenvolvidos em paralelo, conforme apresentado a seguir:

- Para a empresa do setor de óleo e gás, foi proposto um modelo de apoio multicritério para tomada de decisão em grupo, conforme apresentado em Gonçalo e Moraes (2018a, no prelo);

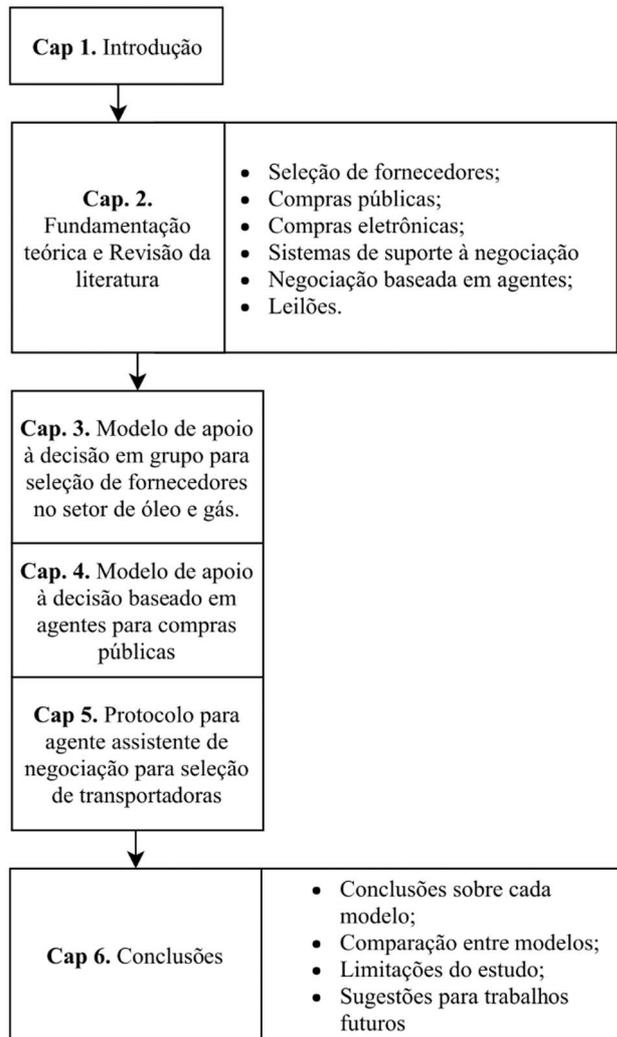
- Para o setor público, foi proposto o modelo baseado em agentes de software para operacionalizar o processo de compras públicas, especialmente na modalidade de pregão, com suporte para o processo de negociação automática. Para tanto, é apresentado protocolo de negociação e escolha de fornecedores, incluindo as atividades de pré-negociação, negociação e pós-negociação, conforme contido em Gonçalves e Morais (2018b); e
- Para o caso da empresa varejista, foi proposto modelo para um AAN, que atua prestando suporte ao tomador de decisão envolvido no processo de negociação, alocação de praças e escolha de transportadoras. Para tanto, após identificação de como ocorre o processo atualmente, procedeu-se entrevista com um gerente de logística da empresa, que esteve diretamente envolvido na atividade de planejamento de frota e seleção de transportadores na companhia. Tais resultados também estão apresentados em Gonçalves, Silva Filho e Morais (2018).

A partir dos modelos propostos, foram realizadas aplicações numéricas, de modo a se verificar as possibilidades de aplicação dos mesmos aos três ambientes estudados. Os resultados obtidos foram, então, discutidos e as considerações finais traçadas, comparando-se as situações, incluindo as limitações do estudo e sugestões para trabalhos futuros.

1.4 Organização do trabalho

Este trabalho é organizado conforme apresentado na Figura 3:

Figura 3 - Capítulos desta pesquisa



Fonte: Esta pesquisa (2018)

No Capítulo 2 é apresentada fundamentação teórica acerca dos temas diretamente relacionados a este estudo e revisão da literatura. No Capítulo 3, é apresentado o modelo de apoio à tomada de decisão em grupo para seleção de fornecedores no setor de óleo e gás, destacando-se o atual processo de seleção, conforme apresentado em Gonçalves e Moraes (2018a, no prelo). Neste capítulo, os principais critérios considerados e propondo a combinação de método multicritério e procedimento de votação para apoiar a tomada de decisão. No Capítulo 4, após discussão acerca do processo de licitação no Brasil, e conforme exposto em Gonçalves e Moraes (2018b), é apresentado o modelo baseado em agentes de software para suportar o processo de compras públicas, especificamente focado na modalidade de pregão eletrônico. Assim, são apresentados infraestrutura de agentes e protocolo de negociação para o caso específico, realizando-se aplicação numérica posteriormente. No Capítulo 5, por sua vez,

conforme contido em Gonçalo, Silva Filho e Morais (2018), é exposto protocolo para um Agente Assistente de Negociação (AAN) designado para prestar suporte a um negociador humano durante o processo de negociação e seleção de transportadores para um varejista de grande porte do Brasil. A seguir, têm-se a discussão dos resultados obtidos e, por fim, as conclusões acerca do estudo, bem como sugestões de trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo são apresentadas as discussões teóricas dos diversos temas relacionados a este estudo, que incluem: Seleção de fornecedores; Compras públicas; Compras eletrônicas; Métodos de apoio à tomada de decisão; Leilões; e Negociação. Assim, o objetivo da seção é trazer como outros autores avaliam os temas e a quais conclusões chegaram, de modo a melhor conhecer sobre a área de pesquisa. Posteriormente, é apresentada revisão da literatura focando em como outros pesquisadores trataram o problema de seleção de fornecedores, nos mais diversos contextos. Neste ponto, o objetivo é entender quais as ferramentas foram utilizadas e como foram aplicadas.

A seguir, inicia-se a discussão do processo de seleção de fornecedores, destacando-se os principais conceitos e características.

2.1 Seleção de fornecedores

Segundo Gonçalo e Morais (2014), o aumento da competitividade nos mais diversos ramos da economia exigem mais eficiência por parte das empresas. De acordo com Scott et al. (2015), dada a complexidade e o comprimento de algumas cadeias de suprimentos, os stakeholders impactados pela seleção de fornecedores são complexos e variados. Para Rodriguez e Vecchietti (2009), devido ao mercado cada vez mais competitivo, onde a eficiência de toda a cadeia de suprimentos é essencial para a sobrevivência das companhias, cresce a atenção para a gestão da cadeia de suprimentos. Assim, busca-se a integração de atividades entre os diversos parceiros participantes da cadeia. Diante deste contexto, é cada vez mais relevante a tomada de decisão em seleção de fornecedores. Para Chai e Ngai (2015), os fornecedores são importantes para uma empresa por causa de seus papéis e influência nas cadeias de suprimentos.

De acordo com Chai, Liu e Ngai (2013), a seleção de fornecedores tem recebido considerável atenção por seu efeito significativo no sucesso da logística e no gerenciamento da cadeia de suprimentos. Osman e Demirli (2010) afirmam que o aumento da eficiência dos parceiros apresenta cada vez mais importância para qualquer cadeia de suprimento. Tal necessidade leva os tomadores de decisão a reavaliar suas cadeias de suprimento, buscando melhorar o desempenho de seus diversos parceiros participantes da cadeia. Segundo os autores, tal processo inclui quais fornecedores selecionar, como distribuir materiais/serviços entre eles e como melhor alocar suas capacidades.

Segundo Medini e Rabénasolo (2014), há consenso dentre os pesquisadores que a complexidade da Gestão da cadeia de suprimentos (GCS) aumentou devido às recentes mudanças no mercado. De acordo com Datta, Christopher e Allen (2007), implementar uma GCS eficaz em um ambiente dinâmico é uma tarefa desafiadora, que exige a criação de resiliência nas cadeias de suprimentos. Li et al. (2012) complementam ao afirmar que, dentro do contexto da GCS, as práticas de terceirização são uma tendência crescente destinada a aumentar a eficiência da gestão. Os principais benefícios das alianças logísticas residem no fato de que isso permite que uma organização se concentre em competências essenciais, aumentando a eficiência, melhorando o desempenho, reduzindo os custos de transporte e reestruturando as cadeias de suprimentos. Desta forma, um método de avaliação eficaz é, portanto, essencial na seleção de fornecedores de logística apropriados para cada organização (XIU & CHEN, 2012). Basnet e Weintraub (2009) complementam ao afirmar que, no atual estágio de globalização, as empresas vêm aumentando o foco em seu *core business*, terceirizando outras atividades menos centrais. Tal situação aumenta a importância do processo de seleção de fornecedores, dado o crescente aumento da participação dos fornecedores nas operações da cadeia. Enquanto pequenas empresas selecionam seus parceiros pelo menor custo, grandes empresas devem selecionar seus fornecedores com mais cuidado, numa base de longo prazo. Além disso, conforme Ekici (2013), a maioria das empresas adquire matérias-primas de fornecedores externos, onde existem fornecedores concorrentes com diferentes capacidades, preços, níveis de serviço e qualidade.

Conforme Saen (2007), seleção de fornecedores é o processo no qual fornecedores são inspecionados, avaliados, e escolhidos para eventualmente tornar-se parte da cadeia de suprimentos de uma organização. Em um contexto de globalização e alta competição nos mais diversos setores, o processo de seleção de fornecedores ganha cada vez mais importância. Kahraman, Cebeci e Ulukan (2003) salientam que o objetivo da seleção de fornecedores é identificar os fornecedores com maior potencial de atender consistentemente as necessidades da organização ao menor custo. Os autores destacam, ainda, a necessidade de alinhamento do fornecedor com as estratégias da empresa. Para Ho, Xu e Dei (2010), o processo de seleção não deve considerar apenas atributos relacionados a custo. Assim, as abordagens tradicionais que se utilizam de um único critério, baseadas no menor custo, não são adequadas e nem robustas o suficiente para apoiar à tomada de decisão no atual estágio de gestão da cadeia de suprimentos.

Ramanathan (2007) destaca que os fornecedores podem trazer impactos positivos e negativos ao desempenho de um negócio, sendo de crucial importância a seleção destes de maneira a se garantir a qualidade dos *outputs* do processo. Ho, Xu e Dei (2010) apontam, ainda,

a tendência da manutenção de relações de longo prazo entre as empresas e os seus fornecedores e o uso de cada vez menos fornecedores mais confiáveis. Ramanathan (2007) destaca que a seleção destes envolve muito mais que simples análises de preços, e as escolhas irão depender de uma ampla gama de fatores, tanto quantitativos, como qualitativos. Ku, Chang e Ho (2010) apontam que, no atual estágio de competição global, a competição não é mais apenas entre firmas, mas também é estrategicamente entre cadeias de suprimento. De acordo com os mesmos autores, os fornecedores são considerados parceiros estratégicos das organizações e fornecedores adequados contribuem no aumento da competitividade de toda a cadeia. Assim, fica evidente que o bom desempenho de uma cadeia de suprimentos depende de uma boa gestão de compras, o que inclui a seleção adequada de fornecedores.

Para Kahraman, Cebeci e Ulukan (2003), os critérios são desenvolvidos para medir determinados aspectos importantes para a relação entre a empresa e seu fornecedor. A seguir, têm-se os aspectos importantes que devem ser levados em consideração no momento da determinação dos critérios, de acordo com os autores:

- Financeiro: A solidez financeira do fornecedor é uma garantia para a empresa da estabilidade daquele fornecedor no longo-prazo;
- Gerencial: A organização e o fornecedor devem possuir abordagens gerenciais compatíveis, principalmente quando se busca relacionamento estratégico e integrado;
- Técnico: Envolve a provisão de produtos e serviços de alta qualidade;
- Recursos de suporte;
- Qualidade de sistemas e processos;
- Globalização e localização.

Schramm e Morais (2012) observam que, no processo de seleção de fornecedores, a maioria dos gerentes considera apenas critérios relacionados a custo e qualidade, não utilizando nenhum método formal para fornecer uma estrutura de avaliação para a seleção. Os critérios mais considerados pelos tomadores de decisão para avaliação e seleção de fornecedores, de acordo com pesquisa de Ho, Xu e Dei (2010), em ordem de ocorrência, foram: qualidade, condições de entrega, preço/custo, capacidade de manufatura, serviço, gestão, tecnologia, pesquisa e desenvolvimento, finanças, flexibilidade, reputação, relacionamento, risco e segurança, e meio ambiente. Fica evidente que custo/preço não é o principal critério utilizado pelas organizações quanto à avaliação e seleção de seus fornecedores.

A seguir são discutidos aspectos relacionados ao processo de compras públicas, destacando-se as principais definições e características deste ambiente, além dos impactos causados pela corrupção.

2.2 Compras públicas

De acordo com D'Agostino, Dunne e Pieroni (2016), a corrupção é uma preocupação constante para diversos países e uma quantidade considerável de pesquisas foi direcionada para a compreensão de seus efeitos econômicos. Conforme Bohn (2012), a corrupção origina-se de um sentimento de impunidade derivado de uma avaliação negativa da capacidade do Estado em reduzir a corrupção. De acordo com Campos e Pereira (2016), a corrupção prejudica a sociedade devido aos seus efeitos sobre a redução dos investimentos, do nível do produto, da produtividade e da eficiência econômica. Mizoguchi e Van Quyen (2014), por sua vez, afirmam que a corrupção nos contratos públicos desvia fundos públicos de setores desejáveis, como educação e saúde, para os cofres privados, além de reduzir a qualidade e a quantidade de serviços públicos. Campos e Pereira (2016) complementam ao afirmar que a corrupção também reduz os insumos públicos (infraestrutura e serviços públicos), levando a reduções na produtividade do capital privado, por exemplo, no caso da corrupção decorrente da redução da qualidade e quantidade dos materiais e equipamentos das obras de infraestrutura. Neste caso, a vida útil dessas obras acaba sendo reduzida e a possibilidade de problemas pode afetar diretamente a produtividade das organizações que utilizem estes recursos públicos. Conforme Koessler e Lambert-Mogiliansky (2013), a corrupção nos processos de seleção de fornecedores para contratos públicos é um problema tanto em países desenvolvidos quanto em países em desenvolvimento. Segundo os mesmos, dependendo do tipo de compra, as empresas candidatas podem ser de grande porte e o caráter específico desses grandes mercados pode deixar espaço para discricionariedade das pessoas que administram o processo de compras públicas.

Toukan (2017) destaca o processo de seleção para grandes projetos de construção, que geram imensas oportunidades para subornos, propinas e outros pagamentos. Para tanto, conforme o autor, os pagamentos para vencer tais contratos são geralmente reservados a grandes empresas e funcionários de alto nível, direta ou indiretamente envolvidos no processo de seleção. De acordo com o autor, há diversas razões pelas quais uma empresa decide pagar um suborno a um funcionário do serviço público, ao concorrer a um projeto de grande escala:

- O suborno pode induzir o funcionário a incluir a empresa na lista de empresas qualificadas para concorrer ao projeto, limitando o número de concorrentes;

- O funcionário corrupto pode fornecer informações privilegiadas, trazendo vantagens competitivas para a empresa corruptora;
- O comportamento corrupto pode induzir o funcionário a adaptar as especificações do projeto para se adequar ao que pretende a empresa corruptora;
- Pode-se induzir o funcionário corrupto a manipular sua avaliação das propostas de fornecimento, em favor da empresa corruptora; e
- Por fim, a empresa corruptora, após vencer o contrato, pode oferecer os subornos para economizar em qualidade ou inflacionar os preços dos serviços contratados.

Papakonstantinou e Bogetoft (2017) expandem a discussão ao afirmar que projetos de grande complexidade, como obras de infraestrutura não devem ser alocados somente ao empreiteiro mais barato. Assim, parâmetros como a qualidade dos materiais, o design e o impacto do projeto nas comunidades locais e no meio ambiente devem ser levados em consideração.

Popescu, Onofrei e Kelley (2016) citam o caso da União Europeia, cujas autoridades estão entre as mais expostas à corrupção, devido à grande quantidade de bens e serviços que devem ser adquiridos por eles para satisfazer as necessidades das comunidades. Neste sentido, conforme os autores, os atos corruptos realizados colocam em risco a boa governança, enfraquecem a economia e reduzem a qualidade de vida da população. Em resposta a corrupção, diversas organizações propuseram e aplicaram padrões e princípios para seleção de contratos públicos, dentre elas: A Organização das Nações Unidas (ONU); o Banco Mundial; a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE); a Organização Mundial do Comércio (OMC); e a Transparência Internacional. Conforme os autores, estas organizações buscam, através de suas regras e procedimentos, garantir a integridade, transparência, responsabilidade, profissionalismo, justiça e eficiência nos contratos públicos. Para tanto, tais organizações recomendam diversas ações, como:

- A exclusão de licitantes envolvidos em escândalos de corrupção em licitações anteriores;
- O uso de pactos de integridade e procedimentos de pré-qualificação, para avaliar previamente a competência técnica e financeira dos candidatos;
- O uso de leis modelo para aquisição de bens e serviços; e
- O uso de ferramentas de avaliação e classificação dos sistemas nacionais de compras públicas.

Ferwerda, Deleanu e Unger (2017) identificaram os diferentes estágios do processo de compras públicas:

- A decisão de contratar;
- A definição das características do contrato;
- O processo de contratação;
- A adjudicação do contrato; e
- A implementação e monitoramento do contrato.

Em cada um destes estágios, os autores identificaram indicadores de corrupção. Neste contexto, quando um processo de contratação é aberto, o processo de recebimento e avaliação das propostas deve seguir a legislação pertinente. Neste estágio, o risco é que o processo de licitação não siga o previsto na legislação, podendo restringir a entrada de licitantes competitivos. Conforme os autores, no estágio de contrato, por sua vez, o processo de contrato termina e uma decisão deve ser tomada para selecionar o vencedor. Neste estágio, o risco é que os critérios de avaliação não sejam claramente definidos, não justificando a decisão de adjudicação da licitação a um fornecedor corrupto.

De acordo com Moretti e Valbonesi (2015), nos contratos públicos, as empresas muitas vezes são limitadas por muitas regras que limitam suas habilidades de tomada de decisão. Tais regras rígidas podem limitar as decisões das empresas em relação à cadeia de suprimentos e, assim, afetar a eficiência das transações de aquisição e o bem-estar social geral. De acordo com Faria et al. (2010), nas organizações públicas, existe forte demanda por transparência das relações e o emprego de recursos para a satisfação da sociedade. Para tanto, o país deve buscar a preservação dos valores que garantam a eficiência e a eficácia na utilização dos bens públicos da sociedade, sendo obrigado a utilizar um alto grau de formalidade nas suas relações quanto à aquisição de bens e serviços. Segundo Kono e Rickard (2014), o processo de compras públicas refere-se à realização de compras de bens e serviços do setor privado, por parte do poder público. Ayhan e Ustuner (2015), por sua vez, afirmam que a grande magnitude dos contratos públicos os torna não apenas uma compra simples e técnica de bens e serviços necessários para o bom funcionamento da administração pública, mas também podem servir a propósitos econômicos, sociais e políticos em termos de alocação de recursos e transferência de capital em várias escalas. Desta forma, a implementação e manutenção de práticas de governança no sistema de seleção é uma tarefa crítica. Conforme Estache e Iimi (2012), o processo de compras públicas apresenta-se como um importante instrumento político para melhorar a eficiência dos

gastos públicos e utilizar os recursos de maneira eficaz, através da escolha do melhor fornecedor para o bem ou serviço demandado.

Mizoguchi e Van Quyen (2014) afirmam que, com grandes somas de dinheiro envolvidas, os processos de compras públicas são constantemente assolados por corrupção, ineficiência e desperdício. Além disso, a compra pública é um processo complicado e oneroso, que pode ter duração de vários anos e pode passar por diversos estágios antes que um projeto seja executado. Assim, a corrupção pode ocorrer em qualquer fase do processo de aquisição, desde os estágios iniciais, passando pelo enquadramento das especificações e a solicitação de propostas, até a conclusão do projeto. Assim, geralmente é difícil para os governos detectar a corrupção nas compras públicas por causa da falta de transparência no processo e do envolvimento de vários atores trabalhando juntos por um longo tempo.

Miroslav et al. (2014) destacam que o processo de compras públicas sempre foi um caminho bastante atrativo para a corrupção. Tal fator pode decorrer do fato das pessoas que realizam tais compras estarem utilizando dinheiro de outra pessoa para realizar a aquisição, aumentando o potencial de comportamento corrupto. Diante deste cenário, existem diversos meios de corrupção, desde a criação de chamadas públicas direcionadas até a escolha com viés destas partes em processos de seleção. Tatrai (2013) propõe o conceito de compras públicas éticas interpretadas como procedimentos de compras livres de corrupção, evitando conflitos de interesse e possibilitando transparência externa. O autor destaca, ainda, tipos de conduta que podem ter impacto direto no sucesso, na efetividade e no nível de performance das compras públicas: Conivência das autoridades compradoras com vendedores de interesses mútuos, vendedores colaborando para atender seus interesses e abuso de posição de mercado.

Walker e Brammer (2012), por sua vez, discutem sobre a busca de objetivos de sustentabilidade no processo de compras e suprimentos, denominada compras sustentáveis, no contexto do setor público. Tal processo pode ser definido como a busca por objetivos de desenvolvimento sustentável através do processo de compra e fornecimento, incorporando aspectos sociais, ambientais e econômicos.

Dentre os tipos de compra pública, Basso e Ross (2018), citam dois mecanismos comuns:

- No mecanismo de “licitar o projeto”, quando o governo especifica o tamanho do projeto, ou seja, quantidades, e as empresas fornecem os preços, sendo a menor oferta vencedora;
- No mecanismo de “licitação do envelope”, por sua vez, o governo define quanto está disposto a gastar e as empresas licitam quantidades oferecidas dentro daquele orçamento, sendo a maior proposta vencedora.

Segundo os autores, dada a incerteza sobre os custos e benefícios do projeto, o mecanismo de “licitação do envelope”, muito menos frequentemente aplicado, pode levar a uma maior relação custo-benefício.

Conforme Hoekman (2018), a maioria dos sistemas de aquisição pública busca alcançar valor máximo para o dinheiro do pagador de impostos, através da aquisição dos bens ou serviços. Para tanto, busca-se imitar o funcionamento do mercado, exigindo que as entidades compradoras busquem propostas competitivas para contratos acima de um limite estipulado. O autor cita, entretanto, que, na prática, os custos muitas vezes não são minimizados por causa de um forte “viés doméstico”, que leva os contratos a serem concedidos a empresas locais, devido a diversos fatores como: Geração de apoio político, salvaguardar a capacidade nacional de fornecimento em setores importantes ou alcançar objetivos sociais. Assim, quando as políticas de compras favorecem explicitamente empresas e produtos nacionais, elas acabam atuando como barreiras comerciais.

Na seção a seguir é apresentada discussão acerca dos conceitos relacionados às compras eletrônicas no contexto privado e público, destacando-se as vantagens de sua utilização e dificuldades de implantação.

2.3 Compras eletrônicas

De acordo com Dai e Kauffman (2006), gerenciar a aquisição de suprimentos é uma atividade importante em apoio aos esforços gerais de uma empresa para controlar as despesas do processo de compra e estabelecer uma base para os preços competitivos dos seus produtos no mercado. Para aumentar a eficiência do gerenciamento de compras e suprimentos, as empresas vêm gradualmente adotando sistemas de informação (SI) e redes de comunicação para automatizar os principais processos de compras. Conforme Toktas-Palut et al. (2014), a intensificação da concorrência no atual ambiente de negócios tem destacado a necessidade de se otimizar a gestão das cadeias de suprimentos. Desenvolvimentos na tecnologia da informação e comunicação são ferramentas importantes para gerenciar cadeias de suprimentos de forma eficaz. Nos últimos anos, observou-se uma tendência crescente na adoção de sistemas de *e-procurement*, que ajudam na integração do processo de compras em toda a cadeia de suprimentos. Conforme Rotchanakitumnuai (2013), os negócios eletrônicos via internet possuem grande potencial para transformar a forma como os negócios são conduzidos. Os negócios eletrônicos têm a capacidade de ampliar as opções disponíveis para os compradores e fornecer aos vendedores acesso a uma base maior de clientes com custos de transação mais baixos. Além disso, muitas organizações usam negócios eletrônicos para reduzir os custos

operacionais e de investimento. Assim, o setor de suprimentos é uma importante área em que as empresas tentam reduzir custos e melhorar sua eficiência.

Conforme Dai e Kauffman (2006), os sistemas de contratação eletrônica são sistemas de informática e baseados em redes de comunicação através dos quais as empresas compram e vendem produtos. Pode-se identificar dois tipos de sistemas de *e-procurement*: extranets e mercados eletrônicos. Conforme os autores, as redes de extranet conectam o comprador e seus fornecedores a uma rede fechada para troca de informações. Os mercados eletrônicos, por sua vez, criam redes abertas para interações de compradores e fornecedores. Dentre diferenças entre eles, os autores citam: Os custos de implementação do sistema; Os benefícios de mercado; e o aumento da vantagem competitiva do fornecedor, que pode se desenvolver devido ao compartilhamento de informações. Juntamente com a crescente adoção de sistemas de compras eletrônicas, uma variedade de funcionalidades foi desenvolvida para apoiar as atividades de compra, incluindo os catálogos eletrônicos, que agregam informações sobre o produto, e os leilões reversos, desenvolvidos para atender a demanda e a oferta.

Para Kim, Suresh e Kocabasoglu-Hillmer (2015), o processo de compras estratégicas e compras eletrônicas apresentam um impacto positivo no desempenho, sendo que o processo de compras eletrônicas afeta positivamente as compras estratégicas. Mais importante, à medida que o grau de intensidade competitiva e a turbulência do mercado aumentam, os efeitos da terceirização estratégica e da aquisição eletrônica no desempenho também aumentam. Para Toktas-Palut et al. (2014), o processo de aquisição é uma questão vital no setor de varejo e as atividades básicas da cadeia de suprimentos começam com a aquisição. Assim, a aquisição afeta diretamente o desempenho e a eficiência da cadeia de suprimentos. Os autores listam as barreiras à implementação de sistemas de compras eletrônicas, apresentadas na Tabela 1, e, ainda, os principais benefícios da implantação de um sistema de compras eletrônicas, conforme Tabela 2.

Tabela 1 - Barreiras à implementação de sistemas de compras eletrônicas

Barreira	Descrição
<i>Burocracias</i>	<i>Existem vários regulamentos e normas específicas que foram desenvolvidos para aplicações de compras eletrônicas, que exigem um procedimento burocrático devido à natureza das instituições legais envolvidas e engloba os padrões de auditoria, prestação de contas e conformidade com as normas nacionais e internacionais.</i>
<i>Custo/benefício</i>	<i>A discussão surge quando as despesas superam os benefícios da mudança para a aquisição eletrônica.</i>
<i>Incompatibilidade externa (cadeia de suprimentos/parceiros de negócios)</i>	<i>Ocorre quando as estratégias e a disposição dos fornecedores não são suficientes para assumir novas tecnologias, como as compras eletrônicas. Desta forma, falta interesse das partes externas em se engajarem em interações eletrônicas.</i>
<i>Alto custo de investimento em infraestrutura e software</i>	<i>Ocorre quando a empresa não pode arcar com um custo de investimento em uma nova infraestrutura de TI e software, necessários para a adoção</i>
<i>Processos de negócios inadequados para apoiar o processo de compras eletrônicas</i>	<i>Objetivos, metas e contexto específicos da aplicação de compras eletrônicas não estão alinhados com outras escolhas organizacionais e gerenciais, e não estão integrados aos processos da organização</i>
<i>Infraestrutura de TI inadequada de fornecedores/parceiros de negócios</i>	<i>Quando as partes externas não possuem infraestrutura de TI adequada compatível com o sistema de compras eletrônicas.</i>
<i>Incompatibilidade com a cultura da empresa</i>	<i>Envolve questões culturais como a ausência de uma política corporativa clara, falta de uma solução amplamente aceita, falta de liderança, falta de controle centralizado flexível, resistência à mudança e falta de qualidade da informação, produzem desaceleração na adoção das compras eletrônicas.</i>
<i>Preocupações de interoperabilidade com outros sistemas já utilizados</i>	<i>Envolve uma questão técnica relacionada à falta de compatibilidade com outros sistemas internos</i>
<i>Falta de infraestrutura técnica e de TI adequada</i>	<i>Necessidade de infraestrutura de TI adequada para realizar processos de compras eletrônicas e/ou tecnologia para operar a TI</i>
<i>Falta de conhecimento sobre compra eletrônica e pessoal qualificado</i>	<i>Envolve questões de pessoal relacionada a resistências da mão de obra e gerações de funcionários que não acompanharam os avanços nos campos relacionados a TI e acabam dependendo de formas e meios tradicionais de compras.</i>
<i>Falta de flexibilidade no processo e documentação</i>	<i>A flexibilidade insuficiente dos sistemas de contratação eletrônica pode impedir o uso do sistema em certas circunstâncias e tornar necessário o tratamento de exceções e, como resultado, colocar em risco os benefícios esperados.</i>

<i>Falta de integração de sistemas com fornecedores/parceiros de negócios</i>	<i>Dificuldades na integração de sistemas eletrônicos através de limites das fronteiras das cadeias de suprimento</i>
<i>Resistência à mudança de clientes internos/externos na cadeia de suprimentos</i>	<i>A resistência à mudança é um aspecto inevitável da natureza humana. Como os usuários do sistema geralmente não estão dispostos a mudar sua maneira de trabalhar com a qual estão acostumados, isso pode gerar barreiras para a adoção da tecnologia.</i>
<i>Preocupações de segurança, confidencialidade e autenticação</i>	<i>A plataforma de compras eletrônicas transmite dados de aquisição confidenciais e está exposta a várias ameaças de segurança, o que traz dificuldades com autenticação e segurança.</i>

Fonte: Toktas-Palut et al. (2014)

Tabela 2 - Benefícios da implementação de sistemas de compras eletrônicas

Benefícios	Descrição
<i>Melhor gestão e controle de fornecedores</i>	<i>Proporciona aos compradores a localização dos fornecedores com os melhores preços e qualidade, além de agilizar os processos de negociação e contratação através do aumento da transparência e da comunicação no processo.</i>
<i>Redução de custos no processo geral de compras</i>	<i>Aumenta a velocidade e eficiência no processo de aquisição, aumento do nível de giro de estoque, menor necessidade de pessoal operacional e economia nos custos operacionais.</i>
<i>Diminuição da burocracia e redundância</i>	<i>O e-procurement facilita e acelera os processos de controle interno, além de eliminar procedimentos de aprovação ineficientes e duplicação de serviços.</i>
<i>Acesso mais fácil aos dados de mercado e aprimoramento da inteligência competitiva</i>	<i>Permite monitorar e rastrear fontes externas de dados e inteligência mais facilmente além de possibilitar compartilhamento de informações com outras de maneira proativa.</i>
<i>Tomada de decisão aprimorada</i>	<i>O processo de tomada de decisão é reforçado pela contratação eletrônica, uma vez que as informações relevantes são melhor organizadas.</i>
<i>Gerenciamento aprimorado de estoques</i>	<i>O controle automatizado de estoque e os procedimentos padronizados facilitam o gerenciamento, o ajuste e a atualização das operações de estoque.</i>
<i>Melhor comunicação e colaboração na cadeia de suprimentos</i>	<i>A contratação eletrônica melhora a velocidade da troca de informações e facilita a comunicação, resultando em um melhor entendimento dos requisitos e trazendo conformidade.</i>
<i>Melhoria da transparência da cadeia de suprimentos</i>	<i>Traz transparência das especificações do produto, preços, detalhes do contrato, bem como condições contratuais, o tempo, os termos dos pedidos, etc.,</i>

	<i>tornando-os visíveis para as partes relevantes interna e externamente.</i>
<i>Maior qualidade e eficiência do processo</i>	<i>A transparência e o aumento da concorrência entre fornecedores por meio de comunicação, a inteligência e o acesso a informações mais fáceis, proporcionam melhorias na qualidade e eficiência do processo de aquisição.</i>
<i>Compartilhamento integrado de informações</i>	<i>Acelera o fluxo de informações importantes entre parceiros de negócios internos e externos, além de fornecer compartilhamento de informações em tempo real dentro de uma estrutura mais ampla.</i>
<i>Minimização de erros de processo</i>	<i>A eliminação dos processos manuais e da papelada reduz a possibilidade de erros humanos, imprecisões e retrabalhos.</i>
<i>Relatórios on-line e em tempo real</i>	<i>Sistema de relatórios em tempo real que permite que o gerenciamento tenha uma maneira rápida e confiável de comparar os gastos com o orçamento, permitindo uma reação rápida aos problemas.</i>
<i>Resposta mais rápida a problemas por meio de informações em tempo real</i>	<i>O aumento da velocidade nas transações, no rastreamento e nos relatórios ajuda a solucionar problemas mais rapidamente e a tomar decisões reativas.</i>
<i>Processo de compra simplificado</i>	<i>As soluções de compras eletrônicas simplificam o processo de compra, reunindo todos os fornecedores, acessíveis a partir de uma única plataforma eletrônica, ao mesmo tempo em que fornecem procedimentos simplificados para agilizar o processamento de pedidos.</i>
<i>Economia de tempo no processo geral de compras</i>	<i>O aumento na velocidade e transparência das informações permite um tempo mais curto para a avaliação e o processo de tomada de decisão.</i>

Fonte: Toktas-Palut et al. (2014)

Desta forma, Segundo Chang e Wong (2010), a TI Inovadora permite que as empresas aprimorem seu desempenho geral e facilitem as relações e transações interorganizacionais. Ao mesmo tempo, a internet mudou a forma como as empresas fazem negócios, reformulando a relação tradicional de comprador-vendedor, a melhoria dos processos e as maneiras de alcançar novos mercados. Nos últimos anos, se proliferaram soluções para tomada de decisão em compras, sendo aplicados em um conjunto cada vez maior de domínios. O uso de soluções de compras eletrônicas pode acelerar atividades de compras corporativas, e reduzir o seu custo. Tal solução possui todas as funções que existem nos sistemas manuais tradicionais, como busca de produtos, verificação de disponibilidade, pedidos de mercadorias e serviços, acompanhamento de pedidos e pagamento pela web, mas com maior valor agregado, como pós-aquisição, análise por mineração de dados para prever as necessidades dos clientes, etc.

Para o poder público, conforme Panayiotou et al. (2004), tais soluções podem ajudar os governos a melhorar a maneira como eles fazem seus negócios, reduzindo custos de transação, possibilitando melhor tomada de decisão, trazendo maior valor ao processo. Tais ferramentas podem ser agrupadas no contexto do governo eletrônico (*e-government*). Para Costa, Arantes e Tavares (2013), o setor público vem sofrendo alterações significativas nos últimos anos e a implementação de serviços eletrônicos trouxe contribuição positiva nestas transformações. Dentre as diversas soluções de *e-government*, as compras públicas vêm atraindo atenção, principalmente por representar um percentual significativo dos orçamentos dos países. Segundo Ahn e Bretschneider (2011), desde sua introdução, na década de 90, aplicações de governo eletrônico vêm sendo adotadas por diversos países. Os defensores deste conceito afirmam que através de sua utilização é possível aumentar as economias de escala ao prover serviços para os cidadãos, aumentar a participação dos mesmos e melhorar a capacidade de prestação de contas e transparência do governo perante os mesmos.

Segundo Valle-Cruz, Sandoval-Almazan e Gil-Garcia (2016), a implementação de ferramentas de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) por parte do governo pode gerar efeitos significativos na eficiência, transparência e corrupção, afetando a percepção dos cidadãos quanto aos serviços que ele recebe. Estudo realizado por Krishnan, Teo e Lim (2013), sugere que, embora a maturidade do governo eletrônico não tenha contribuído para a prosperidade econômica e a minimização da degradação do meio ambiente, seu valor poderia ser visualizado indiretamente por meio de seus impactos na corrupção. De acordo com Lee e Lio (2016), as TICs são amplamente utilizada pela sociedade atual, inclusive por setores governamentais. Conforme levantamento realizado pelos autores, as TIC representam uma nova forma de processar e disseminar informações, e geram impactos positivos no desempenho dos governos, tanto em termos de governança, quanto em termos de eficiência. Segundo os mesmos, as TICs tiveram dois efeitos diferentes sobre a corrupção na China: Ajudaram os casos de corrupção a serem descobertos e, em última instância, ajudaram a reduzir a corrupção no País.

Conforme Miroslav et al. (2014), as ferramentas de compras eletrônicas possibilitam melhor disseminação de informações e mais transparência no processo de compras. Através de sua utilização, as informações tornam-se mais acessíveis às partes interessadas e, mais importante quando se fala em compras públicas, para os olhos da população. Outro importante benefício da utilização do *e-procurement* é a redução do custo total com o processo de compras. De acordo com Onur, Ozcan e Tas (2012), a utilização das compras eletrônicas pode ser usada, ainda, para aumentar a participação dos licitantes no processo. Assim, os anúncios de compras

podem ser realizados em um site e, em muitos casos, os lances podem ser aceitos em um ambiente eletrônico. Isso aumenta a difusão de informações e, conseqüentemente, a participação no leilão de empresas, muitas vezes, geograficamente distantes. Segundo os autores, à medida que a participação de mais empresas no processo aumenta, maiores as economias potenciais nos custos de aquisição.

De acordo com o World Bank (2003), o processo de compras públicas eletrônicas envolve o uso de tecnologias de informação e comunicação (especialmente a internet) pelos governos na condução de seus relacionamentos de compras com fornecedores para aquisição de bens e serviços necessários para às atividades do setor público. De acordo com Vaidya e Campbell (2016), pode-se observar que, nos últimos anos, há uma crescente popularidade de sistemas de *e-procurement*, tanto em países emergentes, quanto em países em desenvolvimento.

Conforme Neupane et al. (2014), a utilização de compras eletrônicas pode prover fatores anticorrupção em compras públicas. Em estudo realizado por Neupane et al. (2012), são listados fatores anticorrupção derivados da utilização dos recursos tecnológicos, que incluem:

- Evitar projetos e compras desnecessárias;
- Acesso em tempo real às informações ou barganha em tempo real;
- Automação do processo de compras;
- Aumento da competição entre os proponentes ou fornecedores;
- Redução da intervenção humana no processo de licitação;
- Padronização do processo, trazendo mais consistência para o processo de compras;
- Capacidade de monitoramento e rastreamento;
- Controle maior de gestão e colaboração;
- Melhorar a velocidade e a facilidade do processo de compras;
- Obtenção da melhor qualidade/melhor preço.

Em estudo realizado por Andersen (2009), foi comprovado que o aumento do uso do governo eletrônico levou a redução na corrupção entre 1996 e 2006, dentre países não-OCDE. Assim, a implantação do *e-government* significativamente reduz a corrupção, independentemente do quão agressiva é a adoção destas iniciativas. O estudo de Elbahnasawy (2014) também aponta evidências de uma relação causal entre o uso do governo eletrônico e a corrupção, sendo tal iniciativa uma poderosa ferramenta no combate à segunda.

No contexto de compras, um importante mecanismo utilizado é o leilão. Na seção a seguir é realizada discussão acerca do mecanismo, que pode ser utilizado para suportar o processo de compras, tanto no para o setor público, quanto o setor privado.

2.4 Leilões

Segundo Arozamena e Weinschelbaum (2009), um enorme volume de bens, serviços e instrumentos financeiros é vendido através de leilões, tanto no setor privado quanto no setor público. O uso de leilões contém várias vantagens que explicam sua popularidade, sendo a principal vantagem a transparência, pois podem ser regulados por um conjunto fixo e objetivo de regras. O processo de compras públicas, em geral, envolve a realização de leilões para adquirir produtos ou serviços. Neste sentido, conforme Albano, Cesi e Iozzi (2017), a competição aberta neste processo é, em muitos casos, o procedimento mais apropriado para garantir a seleção do contratado mais eficiente. Segundo Onur, Ozcan e Tas (2012), os leilões de compras governamentais foram analisados em muitos estudos, principalmente pela participação substancial destes nos gastos do governo e, conseqüentemente no Produto Interno Bruto (PIB) do País.

Para Huang et al. (2013), as práticas de compras eletrônicas operam de forma semelhante. Em numerosos casos, pode-se observar o uso de leilões seguidos de barganha de alguma forma entre os envolvidos. O processo de barganha é um subconjunto das atividades de comunicação mais amplas que ocorrem na negociação. A fase de negociação é importante pois presta suporte aos esforços de um comprador e vendedor para discutir os detalhes da troca. Desta forma, adicionar uma fase de negociação na interação entre comprador e fornecedor ajuda a garantir que o maior valor do bem-estar social a partir de tais transações. Na fase de leilão, o comprador selecionará um conjunto de vencedores em um leilão combinatório e alocará os pedidos de fornecimento para os fornecedores selecionados, com base em um nível definido de qualidade de suprimento. Devido à assimetria de informações, o comprador não sabe os custos dos suprimentos dos diversos fornecedores no início do processo. E, além disso, devido à complexidade computacional, o comprador enfrenta problemas para determinação do vencedor.

Conforme Bellantuono et al. (2014), a utilização de TICs adicionam complexidade ao projeto do sistema de compras e aumentam a importância do gerenciamento de relacionamentos entre empresas. Nesse sentido, mecanismos de troca são conjuntos de regras que especificam como o mercado funciona e, mais especificamente, o comportamento permitido para seus participantes. Conforme os autores, existem três mecanismos padrão:

- Catálogos, em que os pedidos ou ofertas são postados e a única escolha da contraparte consiste em escolher aquele que melhor se adapta às suas próprias necessidades;
- Leilões, em que dois ou mais participantes do mesmo lado do mercado competem uns contra os outros na busca pela melhor oferta para satisfazer as expectativas do comprador; e
- Negociações, em que os jogadores de ambos os lados do mercado negociam sob as condições de uma troca.

Nesse sentido, conforme Bichler et al. (2003), leilões são bem estruturados e podem ser descritos completa e inequivocamente através de um conjunto de regras e fórmulas. As negociações, por sua vez, pertencem a uma família rica e mal definida de processos usados para trocar bens ou serviços e para resolver conflitos interpessoais e interorganizacionais. As negociações envolvem uma troca de informações composta de ofertas, contraofertas e argumentos com o objetivo de chegar a um consenso.

Conforme Papakonstantinou e Bogetoft (2016), a teoria tradicional dos leilões tem focado em leilões unidimensionais com foco em preços, que alocam o item ao maior lance ou contratam um serviço do fornecedor mais barato. Dastidar e Mukherjee (2014), por sua vez, destacam que este modelo de leilões se baseia somente em preço, assumindo que todas as outras características são idênticas para todos os candidatos. Desta forma, não são considerados atributos não monetários no processo de seleção. Segundo os autores, nos leilões multidimensionais, os fornecedores são instados a submeter propostas multidimensionais, incluindo preços e outros critérios, tais como qualidade. As propostas são, então, transformadas em um escore através de uma regra de cálculo publicamente anunciada no instrumento convocatório. Neste modelo, o candidato com maior escore é selecionado para o contrato. Tang et al. (2017) apresentam outras duas categorias para os leilões:

- Leilão de forma estática (ou seja, selada e em única rodada); e
- Leilão de forma dinâmica (ou relógio e multirodada).

De acordo com Faria et al. (2010), de acordo com a teoria dos leilões, o número de participantes no leilão tem uma relação forte com a redução dos preços praticados neste tipo de disputa. Isso pois quanto maior o número de empresas interessadas na venda do objeto em negociação, maior é o acirramento da disputa, e, assim, o órgão público consegue negócios mais lucrativos. Dessa forma, os autores sugerem que sejam criadas estratégias para melhorar o sistema de divulgação dos seus processos licitatórios, pois, além de conseguir reduzir

substancialmente o preço pago nas negociações por causa da maior publicidade, pode-se gerar maior transparência no processo.

Segundo Hanak (2018), uma das maneiras possíveis de informatizar as compras institucionais é a adoção de leilões reversos eletrônicos, que se tornaram uma ferramenta popular para obter economias de custo durante a última década. Os resultados do estudo do autor confirmam que os leilões reversos eletrônicos podem ser usados com sucesso em aquisições de construção do setor público, se usado de maneira adequada e tendo em vista certas limitações. Carter et al. (2004) definem os leilões reversos eletrônicos como leilões on-line, em tempo real, entre uma organização de compras e dois ou mais fornecedores convidados, onde os fornecedores podem enviar vários lances durante o período do leilão e onde existe algum grau de visibilidade entre os fornecedores em relação às ações de seus concorrentes. Conforme os autores, tal modalidade de leilão pode levar a tempos de ciclo reduzidos e aumento de produtividade, particularmente no caso de leilões repetidos, beneficiando não apenas as organizações compradoras, mas também seus fornecedores e, portanto, toda a cadeia de suprimentos. Apesar desses benefícios potenciais, as organizações encontram inúmeras barreiras para a implementação dos leilões reversos eletrônicos, incluindo a resistência dos fornecedores e das pessoas dentro da organização.

Gretschko e Wambach (2016) fazem constatações ao comparar os leilões com a realização de negociações. Conforme os autores, acredita-se que os leilões sejam mecanismos transparentes e, portanto, menos propensos a favorecimentos indevidos do que as negociações, muitas vezes não transparentes. Tais percepções decorrem do fato de que os leilões são executados publicamente, enquanto as negociações são conduzidas fora dos olhos do público. Assim, em um leilão, todos os parâmetros e regras relevantes devem ser definidos antes que os licitantes submetam suas ofertas e, a partir da análise dos dados, é possível se verificar se os procedimentos implementados foram seguidos. Ao contrário disso, na negociação é impossível reconstruir o processo decisório e somente a decisão final torna-se pública. Os autores, entretanto, contrapõem argumentos ao afirmar que os leilões não são necessariamente a prova de favoritismo, pois os parâmetros e procedimentos podem ser escolhidos de forma a beneficiar um dos vendedores. No caso das negociações, mesmo que uma negociação seja conduzida fora dos olhos do público, o resultado do processo deve ser justificado.

A seguir, é apresentada discussão acerca dos métodos de apoio à tomada de decisão, tanto para decisor único quanto para grupos de decisores. Neste sentido, são apresentados os principais conceitos, características e ferramentas que podem ser utilizadas para apoiar o processo de seleção de fornecedores.

2.5 Métodos de apoio à tomada de decisão em seleção de fornecedores

Conforme discutido por Liao e Rittscher (2007) e Vinodh, Ramiya e Gautham (2011), o problema da seleção de fornecedores é um problema de decisão multicritério na presença de vários critérios quantitativos ou qualitativos e subcritério. Devido a essa característica, ferramentas robustas para suporte à decisão devem ser usadas e devem ser continuamente aprimoradas. Essas decisões estão se tornando cada vez mais complexas, já que a terceirização e os negócios eletrônicos estão aumentando constantemente. Para Wu (2009), quando especialistas com opiniões conflitantes estão envolvidos, a decisão de selecionar um fornecedor se torna um problema de decisão em grupo. Quanto às ferramentas de apoio à tomada de decisões em grupos, enfatizam-se os procedimentos de votação como sendo uma alternativa importante para apoiar o processo de seleção de fornecedores.

Como discutido por Amid, Ghodsypour e O'Brien (2009) e Sarkis e Dhavale (2015), as complexidades surgem quando vários fornecedores devem ser avaliados em um conjunto crescente e tipicamente conflitante de dimensões e o gerente de compras deve analisar *os trade-offs* entre os critérios. No campo das ferramentas de apoio à decisão, as abordagens multicritério estão ganhando mais atenção devido à sua robustez e habilidades para facilitar a análise de casos mais complexos. Segundo Vincke (1992), um auxílio à decisão multicritério visa fornecer ao decisor ferramentas para permitir avanços na solução de problemas de decisão, durante os quais muitos pontos de vista, muitas vezes contraditórios, devem ser levados em consideração.

Para Wu (2009), as decisões estão se tornando mais complexas à medida que a terceirização e os negócios eletrônicos aumentam. Quando mais especialistas e, portanto, mais opiniões conflitantes estão envolvidas, a decisão de seleção de fornecedores se torna um problema de decisão em grupo. Como discutido por Dobos e Vorosmarthy (2014), a introdução da dimensão ambiental nas decisões de compra incorpora um novo conjunto de *trade-offs* na decisão, complicando assim o processo de tomada de decisão com fatores qualitativos e quantitativos. Segundo Chen et al. (2014), embora numerosos estudos tenham utilizado critérios econômicos no processo de seleção de fornecedores, apenas um número limitado destes considerou os critérios econômicos e ambientais simultaneamente.

Para Chai e Ngai (2015), a seleção de fornecedores sob o paradigma dos métodos multicritério de apoio à decisão tem sido amplamente aceita pelas comunidades acadêmicas e industriais, o que levou a uma nova era de seleção de fornecedores estratégicos. Chai et al. (2013) analisaram as abordagens multicritério para seleção de fornecedores com base em

artigos publicados em revistas de 2008 a 2012. Sua análise mostrou que muitas diferentes abordagens têm sido aplicadas, tais como apresentado na Tabela 3:

Tabela 3 - Abordagens utilizadas para seleção de fornecedores

<i>Métodos de apoio à decisão multicritério</i>	<i>Técnicas de programação matemática</i>	<i>Técnicas de inteligência artificial</i>
<ul style="list-style-type: none"> • <i>AHP (Analytic Hierarchy Process);</i> • <i>ANP (Analytic Network Process); ELECTRE (Elimination and choice expressing reality);</i> • <i>PROMETHEE (Preference ranking organization method for enrichment evaluation);</i> • <i>TOPSIS (Technique for order performance by similarity to ideal solution);</i> • <i>VIKOR (Multi-criteria optimization and compromise solution - a sigla vem do título original, que é em sérvio);</i> • <i>DEMATEL (Decision-Making Trial And Evaluation Laboratory); e</i> • <i>SMART (Simple Multi-attribute rating technique);</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>DEA (Data Envelopment Analysis);</i> • <i>Programação Linear;</i> • <i>Programação não-linear;</i> • <i>Programação multiobjetivo;</i> • <i>Programação por metas;</i> • <i>Programação estocástica.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Algoritmos genéticos;</i> • <i>Grey System Theory;</i> • <i>Redes neurais;</i> • <i>Rough Set Theory;</i> • <i>Redes Bayesianas;</i> • <i>Árvores de decisão;</i> • <i>Case-based reasoning;</i> • <i>Particle Swarm Optimization;</i> • <i>Support vector machine;</i> • <i>ant colony algorithm; e</i> • <i>Dempster-Shafer Theory of Evidence.</i>

Fonte: Chai et al. (2013)

Para Hatami-Marbini e Tavana (2011), um problema de decisão em grupo requer a agregação de diferentes preferências individuais em um conjunto de preferências coletivas. De acordo com Wu (2009), um dos pontos-chave da análise envolve a escolha dos operadores de função e agregação para combinar as diferentes visões dos decisores em um único valor numérico. O processo de seleção de fornecedores é um problema de decisão em grupo com vários critérios. Conforme apresentado por Kar (2014), embora a literatura de apoio à decisão sobre seleção de fornecedores seja extensa, a aplicabilidade das teorias de apoio à decisão em grupo ainda precisa ser explorada para o problema de seleção de fornecedores.

Existem várias classes de métodos para apoiar a tomada de decisões em grupo. Segundo Almeida et al. (2012), existem dois tipos de procedimentos para agregação de decisão de grupo:

- Agregação das preferências iniciais dos decisores, em que o resultado de cada decisor não é diretamente visível, pois a agregação é desenvolvida a partir de seus dados de preferência iniciais;
- Agregação dos resultados e escolhas finais dos decisores, onde cada decisor apresenta o resultado de priorizar (selecionar ou ordenar) alternativas como uma entrada para o processo de agregação.

Dentre o segundo grupo de ferramentas, os procedimentos de votação são destacados. Vários procedimentos de apoio à tomada de decisões em grupo envolvem procedimentos de votação. Segundo Almeida et al. (2012), os sistemas de votação podem ser usados para eleições e outros propósitos. Estes podem suportar um processo de decisão multicritério envolvendo um conjunto de decisores. Sarkis e Dhavale (2015) afirmaram que gerentes e decisores aceitam ferramentas e modelos que são facilmente compreendidos. Assim, os procedimentos de votação são alternativas importantes para os métodos multicritério que apoiam as decisões do grupo. Os decisores entendem essas ferramentas mais facilmente, e exigem menos processamento de dados e trazem relativa transparência ao processo de seleção.

Segundo Favardin, Lepelley e Serais (2002), as regras de votação mais comuns podem ser classificadas em sistemas de votação posicional ou em regras consistentes de Condorcet. Os primeiros prêmios do grupo apontam para as alternativas de acordo com sua posição na ordenação de preferência dos eleitores. A alternativa vencedora é aquela que recebe mais pontos. Os procedimentos consistentes de Condorcet determinam a alternativa vencedora, fazendo uma série de comparações entre alternativas. Assim, se um candidato é superior aos outros nessas comparações, ele é escolhido. Os procedimentos de votação estão resumidos na Tabela 4.

Tabela 4 - Procedimentos de votação

<i>Procedimento</i>	<i>Descrição</i>
<i>Borda</i>	<i>Ordena alternativas, atribuindo pontos de acordo com a preferência do decisor. O vencedor é a única alternativa com mais pontos.</i>
<i>Condorcet</i>	<i>Envolve a comparação de duas alternativas. O vencedor é a alternativa que obtém uma vantagem sobre o outro para um número maior de decisores. Se não há diferença, há indiferença entre alternativas.</i>
<i>Votação com agenda</i>	<i>Considera a ordem em que as alternativas são submetidas a votação e o poder que o agente que organiza a agenda de votação tem sobre o resultado.</i>
<i>Approval voting</i>	<i>Cada decisor pode indicar quantas alternativas ele quer como vencedor. A alternativa que apresenta mais votos é a vencedora.</i>
<i>Copeland</i>	<i>Baseado em comparações par-a-par para determinar o valor de cada alternativa, a alternativa com o valor mais alto sendo selecionado. Assim, o valor de uma alternativa particular é uma função do número de alternativas superadas pela alternativa subtraída do número de alternativas que superam a alternativa <i>i</i>.</i>
<i>Hare</i>	<i>Consiste na eliminação sucessiva das alternativas menos votadas e na transferência desses votos para a alternativa mais bem avaliada.</i>
<i>Votação por quartis</i>	<i>Analisa as melhores e piores alternativas avaliadas por todos os decisores e aplica-lhes duas técnicas de contagem baseadas nas contagens do método de Borda.</i>

Fonte: Almeida et al. (2002), Morais e Almeida (2010)

Segundo Almeida et al. (2002), a escolha do procedimento de votação mais adequado para o problema deve ser baseada no equilíbrio de questões comportamentais e na natureza social do grupo de decisores e nas características dos procedimentos. Apesar das muitas vantagens dos procedimentos de votação, a aceitação dessas ferramentas no processo de seleção de fornecedores permanece baixa. São, no entanto, alternativas importantes a serem consideradas pelos decisores.

Na seção a seguir é apresentada discussão acerca de negociação, destacando-se as características do processo e seu papel para a seleção de fornecedores. São destacados, ainda, os diversos tipos de negociação, bem como algumas das ferramentas que podem ser utilizadas para apoiar sua realização.

2.6 Negociação

De acordo com Baarslag et al. (2015), negociação é o processo no qual as partes interagem para obter uma solução melhor do que o status quo. Para Constantini et al. (2015), a negociação é um processo de tomada de decisão em que várias partes tomam decisões conjuntas para satisfazer razoavelmente interesses conflitantes. No processo de negociação, cada parte

(comprador ou vendedor) desenvolve sua própria estratégia para atingir os objetivos. Nesse ambiente, costuma-se adotar um comportamento de ganhar ou perder, conforme discutido por Schramm e Morais (2013). Para McCarthy e Hay (2015), negociação relaciona-se com a resolução de conflitos por compromisso mútuo. Neste contexto, se o comprometimento mútuo não for atingível, os envolvidos poderiam simplesmente se afastar da negociação. A essência da negociação é compromisso, portanto, antes de iniciar qualquer negociação, os envolvidos devem estar dispostos e capazes de comprometer. De acordo com Baarslag (2016), Schoop (2010) e Sycara e Dai (2010), a negociação é uma atividade central formadora de alianças na sociedade humana necessária para alcançar acordos comerciais e resolver conflitos e é um processo entre os agentes com o objetivo de alcançar acordo que satisfaça as preferências e restrições de todas as partes envolvidas. Para Zheng et al. (2016), a negociação de múltiplos atributos é um método útil para uma ampla variedade de cenários, particularmente quando duas ou mais partes com conhecimento comum limitado sobre as preferências de cada um tentam chegar a um acordo sobre um conjunto de questões sobre as quais elas têm possíveis conflitos. De acordo com Urtiga e Morais (2015), os modelos de negociação podem ajudar a obter informações importantes, especialmente quando identificam estratégias que possibilitem a cooperação entre os stakeholders e identifiquem outros aspectos sobre informação assimétrica, externalidades, pagamentos laterais, etc. A negociação bilateral é uma perspectiva comum nesse cenário.

Conforme Bichler, Kersten e Strecker (2003), a negociação é a principal abordagem de tomada de decisão usada para chegar a um consenso sempre que uma pessoa, organização ou outra entidade não pode alcançar seus objetivos unilateralmente. Segundo os autores, a negociação pode ser definida como um processo de comunicação e tomada de decisão interativa entre dois ou mais envolvidos (partes ou seus representantes) que:

- Não podem alcançar seus objetivos através de ações unilaterais;
- Trocam informações compreendendo ofertas, contraofertas e argumentos;
- Lidam com tarefas interdependentes; e
- Buscam um consenso que seja uma decisão de compromisso entre as partes.

De acordo com Bichler, Kersten e Strecker (2003), negociações acontecem em uma infinidade de formas, em situações muito diferentes e são influenciadas por circunstâncias éticas, culturais e sociais. As negociações eletrônicas podem trazer níveis mais altos de eficiência e eficácia do processo, além de maior qualidade e rapidez no atingimento de acordos entre as partes. O impacto financeiro potencial leva a uma maior demanda por negociações

eletrônicas adaptadas para situações específicas de negociação, como as compras públicas eletrônicas.

Bichler, Kersten e Strecker (2003) apresentam alguns componentes de uma negociação, conforme apresentado na Tabela 5, abaixo:

Tabela 5 - Componentes do processo de negociação

<i>Componente</i>	<i>Descrição</i>
<i>Arena de negociação</i>	<i>Lugar onde os negociadores se comunicam, buscando o acordo</i>
<i>Agenda de negociação</i>	<i>Especifica a estrutura da mesma, incluindo a especificação dos pontos negociados e o formato em que são apresentados (por exemplo, se sequencialmente ou se simultaneamente)</i>
<i>Regras de tomada de decisão</i>	<i>São usadas para determinar, analisar e selecionar alternativas e concessões de decisão, durante o processo de negociação</i>
<i>Regras de comunicação</i>	<i>Determinam a maneira como as ofertas e mensagens são trocadas entre as partes</i>
<i>Protocolo de negociação</i>	<i>Inclui todas as regras que definem a arena de negociação, a agenda da negociação e as atividades de tomada de decisão. Especifica as ações possíveis e sua sequência, ofertas e mensagens permitidas, tempo de ofertas, sintaxe, semântica das mensagens, mecanismos de avaliação das alternativas e como as ofertas e concessões são construídas.</i>

Fonte: Bichler, Kersten e Strecker (2003)

Dependendo do protocolo, Bichler, Kersten e Strecker (2003) distinguem diferentes níveis de estruturação de negociação:

- Negociações não-estruturadas: Não seguem nenhum protocolo e, assim, permitem trocas que não estejam de acordo com nenhuma regra. Ex: Negociações face a face;
- Negociações semiestruturadas: Seguem certas regras, mas o protocolo não é totalmente definido para que os participantes tenham alguma flexibilidade em suas atividades de tomada de decisão e troca de informações. Ex: Negociações apoiadas por um Sistema de suporte à negociação;
- Negociações estruturadas: Seguem um conjunto de regras que definem totalmente a tomada de decisão das partes e as atividades permitidas, como, por exemplo, ocorrem nos leilões.

De acordo com Renna e Argoneto (2010), o desenvolvimento da tecnologia de informação e comunicação está modificando a maneira como as organizações fazem negócios, especialmente no *business-to-business*. Existe uma forte demanda para se melhorar o processo de negociação conduzido entre as empresas. Assim, o uso de agentes inteligentes emergiu como uma alternativa para melhorar estes processos. Segundo Benyoucef (2010), o uso das TICs no dia a dia das organizações está atingindo novos patamares, criando oportunidades e desafios para os cidadãos e organizações. Uma atividade que recentemente experimenta novas possibilidades de processos mais simples, mais eficientes e mais transparentes através da introdução das TIC é a negociação. Os sistemas de negociação eletrônica podem ser usados para a tomada de decisões nas mais diversas áreas, bem como para os negócios no contexto do governo eletrônico e *Business-to-Business* (B2B).

Para Benyoucef (2010), a negociação eletrônica ocorre quando as informações são trocadas entre as partes através de meios eletrônicos, incluindo desde os leilões eletrônicos até os catálogos eletrônicos, dentro do mesmo contexto. Para Kersten e Lai (2008), considerando que a negociação é um processo difícil que envolve problemas complexos, o suporte baseado em computador tem sido empregado em suas diversas fases e tarefas. A abordagem computacional em negociação depende de algoritmos aproximados e heurísticas e é flexível o suficiente para incluir considerações cognitivas e características do raciocínio humano. Além disso, tais modelos poderiam ser usados para suporte a decisões de tomadores de decisão humanos, seja como terceiros confiáveis ou diretamente apoiando seus proprietários. Os autores definiram o conceito de Sistemas de Negociação Eletrônica (SNE) como um software desenvolvido para apoiar, auxiliar ou facilitar negociações, utilizando uma ou mais das seguintes capacidades:

- Apoio à tomada de decisão, incluindo a concessão;
- Sugerir e verificar ofertas e acordos;
- Avaliar e criticar ofertas e contraofensivas;
- estruturar e organizar o processo;
- Fornecer informações e conhecimentos especializados;
- Facilitar e organizar a comunicação;
- Auxiliar na preparação do acordo; e
- Proporcionar acesso ao conhecimento de negociação: especialistas, mediadores ou facilitadores.

Segundo Kersten e Lai (2008), um SSD (Sistema de Suporte à Decisão) é orientado ao usuário, pois ajuda o usuário a entender e formalizar suas preferências. Além disso, um SSD é orientado a problemas porque ajuda o usuário a entender a estrutura do problema, procurar uma solução e conduzir uma análise de sensibilidade dos resultados. Holsapple (2008) afirma que o SSD fornece conhecimento e/ou capacidade de processamento de conhecimento que pode ajudar na tomada de decisões ou no sentido de situações de decisão. Nesta perspectiva, o foco está nas decisões individuais ou conjuntas tomadas pelos negociadores e no apoio do sistema na escolha da melhor alternativa em situações de decisão. As preferências dos decisores são eliciadas e uma função de utilidade é computada para avaliar cada oferta. Segundo Schoop (2010), durante e após a negociação, é possível mensurar o desempenho individual e conjunto e, assim, conhecer os efeitos de determinadas estratégias nos resultados.

Segundo Kersten e Lai (2008), os SSDs são orientados ao usuário, pois ajudam os usuários a entender e formalizar seus objetivos e preferências; e orientado a problemas, porque eles ajudam os usuários a entender a estrutura do problema, procurar por soluções de problemas e conduzir análises de sensibilidade. Os Sistemas de suporte à negociação (SSN), no entanto, também podem oferecer apoio que lide especificamente com o processo de negociação, fornecendo assistência aos usuários para entender as prioridades e restrições de seus colegas, prevendo seus movimentos, sugerindo possíveis coalizões e aconselhando sobre como fazer e justificar uma concessão. Essas funções de coordenação vão além do suporte fornecido pelo SSD; embora eles também não façam parte da facilidade de comunicação. Conforme Sycara e Dai (2010), em alguns casos, tais modelos podem até se tornar substitutos para mediadores humanos ou negociadores. Conforme Bichler et al. (2013), existem três tipos de sistemas de negociação eletrônica:

- Os sistemas de apoio à negociação, que auxiliam os usuários nas atividades de comunicação e tomada de decisão neste processo;
- Os meios de negociação eletrônica, que fornecem uma plataforma que implementa um protocolo de negociação; e
- Os agentes de negociação, que substituem os usuários em suas atividades de comunicação e tomada de decisão. Neste último, o grau de automação fornecido pelo sistema depende da autonomia dos agentes de software, que podem ser instruídos a relatar ao usuário cada vez que se deparam com uma decisão importante e aguardar uma sugestão do usuário sobre como proceder, sendo, este caso, a negociação semi-automatizada. Ou podem ter conhecimento suficiente para tomar decisões importantes, como, por exemplo, sair de uma negociação

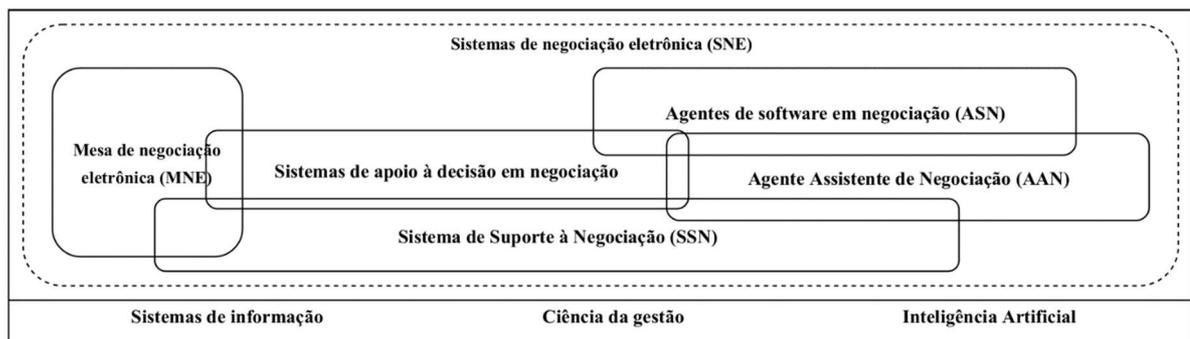
quando as chances de chegar a um acordo favorável são pequenas. Este último tipo compreende a negociação automatizada.

Kersten e Lai (2008) apontam uma classificação diferente, tendo cinco tipos de sistemas de apoio à negociação eletrônica:

- Tabelas de negociação eletrônica;
- Sistemas de apoio a decisão para negociações;
- Agentes de software de negociação;
- Sistemas de suporte à negociação;
- Agente assistente de negociação.

A partir dos campos de estudo de Sistemas de Informação, Gestão e Inteligência Artificial, Kersten e Lai (2008) posicionam os tipos de sistema conforme Figura 4.

Figura 4 - Sistemas de software em facilitação de negociação, suporte e automação



Fonte: Kersten e Lai (2008, p. 473)

Dentre os tipos de sistemas apresentados por Kersten e Lai (2008), destacam-se os apresentados na Tabela 6:

Tabela 6 - Tipos de sistemas de apoio à decisão em negociação

<i>Tipo de Sistema</i>	<i>Descrição</i>
<i>Sistema de negociação eletrônica (SNE)</i>	<i>Um Sistema de negociação eletrônica (SNE) é um software que emprega tecnologias da Internet e é implantado na Web com o objetivo de facilitar, organizar, apoiar e/ou automatizar atividades realizadas pelos negociadores e/ou por terceiros (Bichler, Kersten e Strecher, 2003).</i>
<i>Mesa de negociação eletrônica (MNE)</i>	<i>Uma Mesa de negociação eletrônica (MNE) é um software que fornece aos negociadores um espaço virtual, que pode ser chamado de mesa de negociação, e ferramentas para a atividade de negociação. Um MNE é um espaço de reunião virtual onde as partes podem postar ofertas e mensagens entre si. (Rule, 2002).</i>
<i>Agentes de software em negociação (ASN)</i>	<i>Um ASN é um software que é capaz de conduzir uma parte significativa das negociações em nome do seu principal humano ou artificial. O objetivo dos ASNs é automatizar uma ou mais atividades de negociação, sendo capazes de conduzir uma negociação completa ou atividades de negociação selecionadas em nome de seus diretores (Jennings et al., 2001).</i>
<i>Agente assistente de negociação (AAN)</i>	<i>Um AAN é um agente de software que fornece a um negociador humano recomendações, críticas e suporte oportunos e específicos ao contexto. O objetivo das AANs é ajudar os negociadores a alcançar os acordos que desejam. Esses agentes fornecem conhecimento e informações relevantes sobre as contrapartes, processo e problema, desempenhando papel de analistas e especialistas. Um AAN pode ser projetado para ajudar um negociador, em vez de todos, e dar a ele vantagem competitiva sobre os outros.</i>

Fonte: Kersten e Lai (2008)

Para Shyr e Shih (2016), em um processo de negociação, os atores humanos são frequentemente responsáveis por tomar a decisão final. Múltiplas questões e numerosos resultados possíveis podem confundir os negociadores, levando-os a tomar decisões baseadas na experiência e na intuição, e não na racionalidade, que leva a resultados abaixo do nível desejado. Quando sob o estresse de uma negociação intensiva, os negociadores podem cometer erros lógicos e assumir atalhos no processo de negociação. De acordo com Schoop et al. (2003), em geral, a interação consiste em um lance pelo fornecedor e um cálculo do melhor lance de um conjunto de ofertas concorrentes. Um processo mais complexo pode envolver a troca de várias ofertas, solicitações, contraofertas e etc., e pode ocorrer em um número considerável de dias ou semanas.

Na seção a seguir são apresentados conceitos relacionados à área de negociação baseada em agentes de software, recurso utilizado nos modelos para compras públicas e seleção de

transportadoras. Aqui são apresentados os conceitos de agentes, os componentes que devem estar contidos em um sistema de multiagentes, bem como as principais características da negociação automatizada.

2.7 Negociação baseada em agentes

De acordo com Lopes e Coelho (2014), sistemas multiagentes representam uma área de pesquisa e desenvolvimento relativamente nova e em rápida expansão. Tais sistemas são compostos por agentes de software que interagem para resolver problemas que estão além das capacidades individuais de cada pessoa envolvida. Os agentes de software são elementos situados em algum ambiente e capazes de ações autônomas flexíveis para atender seus objetivos de projeto ao qual foram designados. A tecnologia de agentes está sendo usada para resolver problemas do mundo real em uma ampla variedade de aplicações comerciais e industriais, incluindo comércio eletrônico, redes de eletricidade, gerenciamento de processos de negócios, controle de processos, telecomunicações e controle de tráfego aéreo. Segundo Ragone et al. (2014), a negociação em sistemas multiagente tem sido extensivamente estudada e aplicada em campos diferentes e heterogêneos. Dentre eles: problemas de alocação de recursos (por exemplo, agendamento, logística, uso de largura de banda), comércio eletrônico e, especialmente, leilões on-line e negociação bilateral em mercados eletrônicos. Normalmente, nos mercados eletrônicos, os usuários humanos obtêm suas preferências e, com base em tais preferências, os agentes de software negociam em seu nome tentando chegar ao acordo mais satisfatório para os usuários. Kim e Cho (2010) destacam que as tecnologias de sistemas multiagentes facilitam a integração das cadeias de suprimento.

Conforme Lee et al (2009), agentes de software se comunicam entre si para atender melhor suas metas e as metas do sistema onde estes existem. A comunicação permite que estes agentes coordenem suas ações e seu comportamento, resultando em sistemas mais consistentes que envolvem coordenação, cooperação, competição e negociação. Segundo Aknine (2012), geralmente, um processo de negociação envolve diversos envolvidos com interesses comuns em um item ou serviço. Neste processo, cada envolvido possui um papel dentre um conjunto de papéis definidos. Negociação baseada em agentes de software envolve a utilização destes agentes para realizar as atividades necessárias durante a negociação, assim como representar os vários atores envolvidos.

Para Wooldridge e Jennings (1995), o conceito de agente vem se tornando importante para a área de Inteligência Artificial e ciência da computação. Agentes inteligentes são indivíduos autônomos que seguem as propriedades seguintes:

- Autonomia: Agentes operam sem intervenção humana;
- Habilidade social: Agentes podem cooperar com outros agentes, e possivelmente com humanos, usando algum tipo de linguagem de comunicação entre eles;
- Reatividade: Agentes percebem seu ambiente e respondem em tempo real às mudanças que ocorrem neste;
- Proatividade: Agentes não apenas agem em resposta ao ambiente, mas podem ter a habilidade de exprimir comportamento orientado à meta tomando iniciativas por conta própria.

De acordo com Liu et al. (2011), os componentes básicos de um agente de software geralmente incluem sua habilidade racional de atingir determinadas metas, conhecimento sobre o ambiente e funções de comunicação para interagir com outros agentes de software. Para atingir metas, os agentes de software usam seu conhecimento para raciocinar sobre o ambiente e o comportamento dos outros agentes, gerar planos e colocá-los em prática. Huang et al. (2010) complementam ao afirmar que, em negociação automatizada, agentes inteligentes são utilizados para se atingir os objetivos da negociação. Ou seja, os agentes preparam as propostas e avaliam as ofertas no lugar das partes que eles representam de maneira a se maximizar os benefícios obtidos pelos usuários.

Segundo Sichman e Coelho (2014), a caracterização de um agente de software pode ser feita de forma rigorosa e formal com o auxílio de lógicas, seguido do projeto de sua arquitetura e, finalmente, de sua implementação computacional. Um agente também pode ser descrito através de seu comportamento, identificando seus componentes internos ou órgãos, como percepção, deliberação (raciocínio, planejamento, escolha, decisão), aprendizado/adaptação, raciocínio social, organizacional e capacidade de ação/execução. Os agentes podem se comunicar uns com os outros, receber tarefas delegadas, raciocinar sobre as informações contidas nas mensagens trocadas por eles, negociar para resolver conflitos, fazer coalizões, tomar decisões sob condições de incerteza, transmitir resultados ao sistema e a seus usuários, e agir sob informação. A variedade de tipos de interação varia de cooperação (trabalho em equipe), competição (jogo), colaboração (comportamento direcionado por objetivos), coordenação (gerenciamento de interdependências entre tarefas), planejamento (organização de ações em sequências), comunicação (troca de mensagens) para negociação. Segundo os autores, esses padrões podem ser classificados de acordo com as metas, recursos, habilidades e situações apropriadas. A negociação pode ser realizada ao longo de três fases distintas, conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 - Fases da negociação

<i>Fases da negociação</i>	<i>Descrição</i>
<i>Iniciação</i>	<i>Abrange a preparação e o planejamento da negociação.</i>
<i>Resolução de problemas</i>	<i>Abrange o movimento em direção a um acordo final (movimentos estratégicos e disputa de vagas).</i>
<i>Fase final ou de resolução</i>	<i>Abrange a elaboração de detalhes e a implementação do acordo final ou a ausência de um acordo.</i>

Fonte: Sichman e Coelho (2014)

Segundo Sichman e Coelho (2014), o custo de uma negociação fracassada pode ser alto e os negociadores eficazes precisam entender os fatores que levam uma negociação a não dar certo. Eles também precisam estar familiarizados com técnicas específicas para evitar ou resolver impasses.

Faratin, Sierra e Jennings (1996) definem três áreas de pesquisa em negociação baseada em agentes de software:

- Objetos de negociação, que incluem o conjunto de pontos nos quais um acordo pode ser feito;
- Protocolos de negociação, que guiam as interações entre os vários agentes;
- Modelos de tomada de decisão dos agentes, que guiam os mesmos no atingimento de uma solução.

Yu e Wong (2015), por sua vez, apontam duas importantes estruturas em um sistema de multiagentes: a arquitetura do sistema e o protocolo de negociação. A primeira é estabelecida de modo a se implementar o modelo de negociação. O modelo inclui agentes de software representando as várias partes e funções envolvidas no processo de negociação entre compradores e vendedores. O protocolo de negociação, por sua vez, governa as interações entre os agentes inteligentes envolvidos no processo de negociação.

Lomuscio, Wooldridge e Jennings (2003) definem dois componentes básicos são importantes ao projetar um sistema de negociação automática:

- O protocolo de negociação, que especifica as regras do encontro entre os participantes da negociação, incluindo que transações podem ser feitas e que sequências de ofertas são permitidas;
- A estratégia de negociação de um agente de software, que é a especificação da sequência de ações que o agente pretende fazer durante a negociação. Geralmente haverá muitas estratégias compatíveis com um protocolo específico, cada uma das quais pode produzir um resultado muito diferente. A estratégia de negociação que

um agente de software emprega é crítica em relação ao resultado da negociação. Desta forma, um mecanismo de negociação consiste em um protocolo de negociação, juntamente com as estratégias de negociação dos atores envolvidos.

Lomuscio, Wooldridge e Jennings (2003) acreditam que a negociação automatizada se tornará o modo dominante de operação para agentes de suporte ao processo de compras. Segundo os autores, a automação da negociação pode reduzir significativamente o tempo de negociação, o que possibilita grandes volumes de transações em um curto espaço de tempo. Além disso, pode remover parte da reticência dos seres humanos em negociar (por exemplo, por constrangimento ou personalidade). Os autores dividiram os parâmetros nos quais a negociação pode ocorrer nas características gerais apresentadas na Tabela 8:

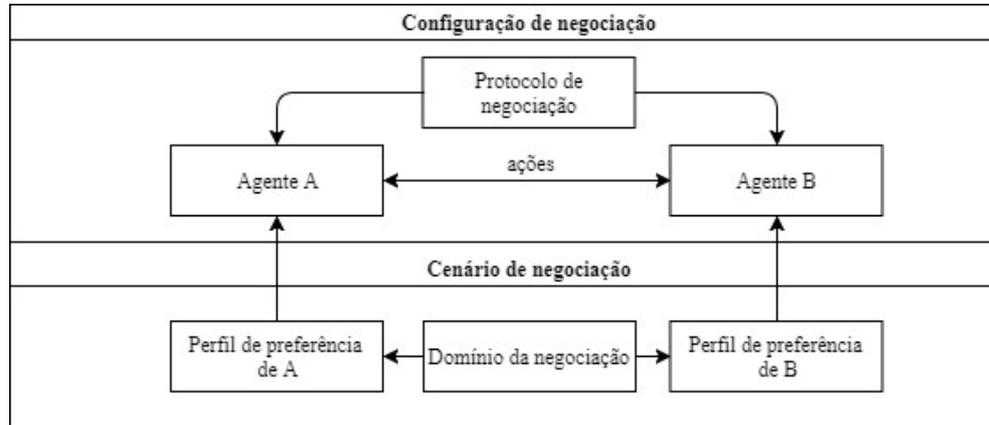
Tabela 8 - Características da negociação automatizada

<i>Característica</i>	<i>Descrição</i>
<i>Cardinalidade da negociação</i>	<i>Manifesta-se no domínio de negociação, que pode incluir a negociação por uma única questão ou por múltiplas questões. As interações, por sua vez, podem ser de um para um, de um para muitos ou de muitos para muitos.</i>
<i>Características do agente</i>	<i>Os agentes, entidades computacionais que participam do processo de negociação, podem ser caracterizados de acordo com sua: (1) Função; (2) Racionalidade; (3) Conhecimento; (4) Comprometimento; (5) Comportamento social; e (6) Estratégia de barganha.</i>
<i>Características ambientais e de mercadorias</i>	<i>O ambiente pode ser estático ou dinâmico. No primeiro, as variáveis são constantes ao longo do tempo, enquanto na segunda, a variável muda com o tempo. O dinamismo do ambiente pode afetar o desenho da função de utilidade dos agentes de maneira sutil. Os bens em negociação, por sua vez, podem ser caracterizados de acordo com o caráter público ou privado do mesmo, bem como por sua natureza.</i>
<i>Parâmetros do evento</i>	<i>O protocolo de negociação é influenciado principalmente pela maneira pelas quais as ofertas e outros eventos que ocorrem durante a negociação são regulados. Nesse sentido, pode-se distinguir entre: (1) validade de lance; (2) visibilidade de lance; (3) cronograma de compensação e timeouts; e (4) cronograma de cotações.</i>
<i>Parâmetros de informação</i>	<i>Referem-se a outras informações, além das propostas, que podem ser transmitidas entre os participantes da negociação. Tais mensagens são informações que podem ajudar os envolvidos a chegar a acordos ou podem limitar o ruído produzido por atores que tentam comprar e vender mercadorias. Tais mensagens podem incluir: (1) Cotações de preços; (2) histórico de transações; e (3) argumentos.</i>

Fonte: Lomuscio, Wooldridge e Jennings (2003)

Baarslag et al. (2015) propõem elementos para negociação bilateral, conforme apresentado na Figura 5 abaixo:

Figura 5 - Elementos de uma negociação bilateral automática



Fonte: Baarslag et al. (2015, p. 854)

Segundo Baarslag et al. (2015), os agentes de negociação possuem perfis de preferências, que expressam as relações de preferências sobre os possíveis resultados. Combinados, os perfis constituem o cenário de negociação. Desta forma, o cenário e o protocolo especificam as possíveis ações que os agentes de software podem executar, dado determinado estado de negociação. Segundo os autores, a negociação entre agentes de software é, tipicamente, um jogo de informação incompleta, onde os agentes inicialmente não conhecem as preferências e estratégias dos oponentes. De modo a atingir um melhor resultado, um agente de software pode aplicar técnicas de aprendizagem para construir um modelo para o oponente. Faratin, Sierra e Jennings (1998) acrescentam o conceito de táticas, como sendo a combinação linear através da qual ofertas e contrapropostas são geradas. Tais táticas geram a oferta para um componente do objeto de negociação, aos quais podem ser atribuídos pesos, de acordo com o desejo do negociador.

A partir dos conceitos apresentados até este ponto, prossegue-se, na seção a seguir, revisão da literatura acerca de seleção de fornecedores, no âmbito da decisão multicritério e negociação. O objetivo desta seção é demonstrar como outros pesquisadores trataram o problema, trazendo discussões sobre seleção de fornecedores, as ferramentas escolhidas e os resultados alcançados.

2.8 Revisão da literatura

O campo de seleção de fornecedores é bastante discutido na literatura, propondo-se a utilização das mais diversas ferramentas para apoiar a tomada de decisão. Neste sentido, observam-se estudos nos mais diversos campos, utilizando ferramentas e modelos bastante diferentes entre si, tanto no para apoio à decisão multicritério, quanto em sistemas de apoio à decisão e negociação.

Diversos modelos foram propostos, indicando a utilização de métodos de apoio à tomada de decisão multicritério puros, ou seja, sem estar combinados com outras ferramentas. Dentre eles, vários adotaram uma abordagem focada em tomador de decisão único, ou seja, voltados para situações onde um único decisor participa do processo de seleção de fornecedores. Neste contexto, destaca-se o estudo de Chou e Chang (2008), que propõem a utilização do método SMART para resolver o problema de seleção de fornecedores, numa perspectiva de gestão estratégica da cadeia de suprimentos. Outro método bastante abordado, nesta temática, é o AHP. Nesse sentido, destaca-se o estudo de Chan e Chan (2010), que propõem a utilização do método para tratar do problema da seleção de fornecedores na indústria de vestuário, considerando performance operacional no apoio às estratégias de cadeia de suprimento. Ishikaza, Pearman e Nemery (2012) propõem a variante do AHP, AHPSort, voltada para problemas de classificação e aplicada à seleção de fornecedores. Observa-se, ainda, a proposta de utilização do método ELECTRE, conforme apresentado por Vahdani et al. (2010) e Liu e Zhang (2011), sendo o primeiro voltado para intervalos de valores e o segundo combinando entropia para definição dos pesos.

Foram observados, ainda, inúmeros estudos que tratam o problema de seleção de fornecedores combinando mais de um método de apoio à tomada de decisão. Parte destes estudos, como os de Liu, Zhou e Tao (2006); Ku, Chang e Ho (2010) e Sevkli et al. (2008), incorporam lógica fuzzy na proposta de utilização do método AHP, em alguns casos, combinado ainda com métodos de programação matemática. O uso da lógica *fuzzy* também é proposto por Hatami-Marbini e Tavana (2011) mas, neste caso, combinado com a aplicação do método ELECTRE I. Ramanathan (2007), por sua vez, propõe a integração das abordagens de Custo total de propriedade (TCO) e AHP para selecionar o fornecedor apropriado para uma firma, considerando informações objetivas e subjetivas, combinadas com a aplicação da ferramenta da Análise Envoltória de Dados (DEA). A utilização de DEA também é proposta por Saen (2010), de modo a se obter um escore final de eficiência para cada fornecedor caracterizado como um intervalo delimitado pelos menor e maior índices de eficiência. Em

abordagem diferente, Scott et al. (2015) propõem a combinação de AHP e QFD (Quality Function Deployment), além de técnicas de otimização, de modo a se selecionar fornecedores apropriados e alocar pedidos de forma otimizada entre eles. Zeydan, Çolpan e Çobanoğlu (2011) propõem a combinação de *fuzzy* AHP, para definição dos pesos dos critérios, e *fuzzy* TOPSIS, para obter a ordenação de fornecedores, e, DEA para converter variáveis qualitativas em quantitativas. Awasthi, Govindan e Gold (2018) propõem uma abordagem que combina *fuzzy* AHP-VIKOR para seleção de fornecedores considerando os riscos de sustentabilidade dos fornecedores. Neste sentido, o método *fuzzy* AHP é proposto para gerar os pesos dos critérios, enquanto o *fuzzy* VIKOR é utilizado para calcular os desempenhos dos fornecedores, de acordo com os critérios de avaliação. Luthra et al. (2017) também propõem a combinação de AHP e VIKOR para seleção de fornecedores em cadeia de suprimentos. Mohammed et al. (2018) propõem uma metodologia integrada para solucionar o problema de seleção de fornecedores e alocação de pedidos. Para seleção, os autores propõem a combinação de *fuzzy* AHP e *fuzzy* TOPSIS. Lo et al. (2018) tratam os mesmos problemas, mas combinando *Best-Worst Method* (BWM) e TOPSIS para selecionar os fornecedores e, posteriormente, propor a alocação de pedidos. Gupta e Barua (2017) também propõem a combinação de BWM e TOPSIS para seleção de fornecedores, mas em um contexto de seleção de fornecedores dentre empresas pequenas e médias, considerando as habilidades inovadoras das mesmas. O problema de seleção e alocação também é tratado por Goren (2018), que propõe a combinação de *fuzzy* DEMATEL e Funções de perdas de Taguchi para obter ordenação dos fornecedores, e, posteriormente, otimização bi-objetivo para alocação de pedidos. O método PROMETHEE, em sua forma *fuzzy*, é proposto por Chen, Wang e Wu (2011), para decisão estratégica quanto a fornecedores no contexto de sistemas de informação. Gonçalo e Alencar (2014), por sua vez, propõem a combinação de dois métodos de sobreclassificação, PROMSORT e PROMETHEE II, para definir criticidade de serviços terceirizados e, posteriormente, selecionar os fornecedores dos serviços classificados como mais importantes. Govindan, Shankar e Kannan (2018) utilizam outro método de sobreclassificação na proposta de um modelo para selecionar o melhor fornecedor com base em suas práticas de responsabilidade social. Para tanto, os autores propõem a combinação de DEMATEL e ANP para analisar interdependências, inter-relacionamentos e pesos para as práticas de responsabilidade social e o método PROMETHEE para obter a melhor alternativa (fornecedor).

Outros autores adotam abordagens mais voltadas para apoiar a tomada de decisão em grupo, ou seja, quando mais de um decisor está envolvido. Razmi, Songhori e Khakbaz (2009) propõem uma estrutura integrada que envolve dois estágios: avaliação de fornecedores e

alocação de ordem de quantidade a estes, combinando *fuzzy* TOPSIS e programação inteira com objetivos e restrições. De maneira diferente, Sanayei, Mousavi e Yazdankhah (2010) propõem a utilização do método VIKOR para seleção de fornecedores, considerando critérios conflitantes e não-comensuráveis (diferentes unidades), obtendo uma solução próxima da ideal. Kar (2014), por sua vez, propõe a utilização de *fuzzy* AHP, para tomada de decisão em grupo, e programação por metas *fuzzy*, para análise discriminante. Posteriormente, Kar (2015) apresentou uma abordagem híbrida para suporte de decisão de grupo, quanto à seleção de fornecedores, utilizando teoria dos conjuntos *fuzzy*, AHP e redes neurais, integradas para fornecer apoio à decisão para obtenção consenso. Observa-se que há pouca utilização dos procedimentos de votação em seleção de fornecedores. Destaca-se o estudo proposto por Dragincic e Vranesevic (2014), que propõem a combinação de AHP com modelo de convergência de consenso, *approval voting* e Borda, em um contexto de seleção de fornecedor de equipamento de irrigação. Forghani, Sadjadi e Moghadam (2018) procuram tratar o problema da seleção de fornecedores e alocação de pedidos, em uma perspectiva de tomada de decisão em grupo. Para tanto, propõem a combinação de Principal Component Analysis (PCA) e Z-TOPSIS para obter o valor de cada fornecedor e, posteriormente, programação linear inteira mista para alocação de pedidos.

Para casos onde ocorrem negociações entre os envolvidos no processo de seleção de fornecedores, outros autores propuseram sistemas de suporte à decisão para apoiar tanto o processo de negociação, quanto o de seleção de fornecedores. Em estudo desenvolvido por Schramm e Morais (2013), é proposta uma estrutura para apoiar as negociações entre duas partes (comprador e vendedor) em uma cadeia de suprimentos usando uma combinação da estratégia ganha-ganha e a análise multicritério. Lee (2014), por sua vez, trata do problema de negociação de muitos para muitos, projetado para estratégias de licitação interativas e competitivas de ambas as partes. A partir do modelo proposto, o autor realizou simulações para investigar como a eficiência da negociação foi influenciada pelas diferentes estratégias de licitação. Teich et al. (2006) propõem um mecanismo multiatributo de leilão eletrônico, desenhado para leilão de múltiplas unidades de um produto, voltado para transações entre empresas. Ren e Zhang (2014) apresentam um modelo de negociação para o processo de barganha em mercados eletrônicos dinâmicos. Outros modelos foram propostos considerando tipos específicos de leilões, como o modelo proposto por Rao, Zhao e Ma (2012), que apresenta mecanismo de leilão de múltiplos atributos para aquisição, a partir de múltiplas fontes, de um tipo de bem divisíveis contínuos e homogêneos. Wang, Liu e Liu (2013), por sua vez, analisaram o comportamento de evolução de ofertas trocadas em um processo de compras

baseado em leilões reversos multiatributo. Lee e Yang (2009) propõem um modelo preditivo baseado em redes neurais artificiais para prever os preços apresentados por fornecedores em um processo de seleção de fornecedores. Schoop et al. (2003), por sua vez, propuseram um Sistema de Suporte à Negociação (SSN) chamado *Negoisst* voltado para o comércio eletrônico entre empresas.

Outros autores, por sua vez, apresentam propostas que envolvem negociação automatizada para situações de seleção de fornecedores, com ou sem suporte ao processo de negociação. Dentre eles, Yu e Wong (2015) apresentam um modelo de negociação baseado em agentes de software para automatizar o processo de seleção de fornecedores, envolvendo um pacote de produtos com efeito de sinergia. Lee et al. (2009), apresentam um sistema de compras para melhorar a inteligência de negócios, a partir do qual um agente inteligente pesquisa potenciais fornecedores, negocia com os fornecedores selecionados e avalia os desempenhos dos mesmos, com base em um modelo matemático. Shojaiemehr e Rafsanjani (2014), por sua vez, propuseram um sistema de inferência *fuzzy* para automatizar o processo de negociação, levando em consideração requisitos e preferências. Utilizando abordagem diferente, Sun et al. (2012) propuseram uma arquitetura baseada em agentes de software e serviços web para o tratamento de exceções, incluindo diferentes tarefas para o processo de compras eletrônicas. Liu et al. (2011) e Sun et al. (2012) adotam abordagens semelhantes ao propor agentes inteligentes e arquiteturas baseadas em web para lidar com processos de compras eletrônicas para lidar com exceções em ambientes interno e externo, como aumento brusco de demanda, atrasos de entrega e falhas de abastecimento. Ng e Li (2006) apresentam protocolo de negociação paralela para analisar as características do processo de negociação envolvido na terceirização de fornecedores. Mohebbi e Li (2012) propõem a utilização de agentes inteligentes no suporte às parcerias de longo prazo em redes de cadeias de suprimento. Kog e Yaman (2016), por sua vez, propõem um modelo baseado em um sistema de multiagentes para pré-qualificação de fornecedores de serviços em construção civil, considerando múltiplos critérios. Ghadimi, Toosi e Heavey (2018) também propõem um sistema de multiagentes, mas para automatizar e facilitar o processo de seleção sustentável de fornecedores e alocação de pedidos. Isto com o objetivo de se facilitar a comunicação entre as partes em uma cadeia de suprimentos.

No contexto de *e-marketplaces*, Renna (2010) propõe políticas de negociação, táticas e ferramentas de coalizão como serviços de valor agregado em *e-marketplaces*, utilizando uma metodologia do Sistema Multiagente para implementar a arquitetura do mercado eletrônico. Abordagem semelhante é apresentada por Huang et al. (2010), que propõem modelo de negociação baseada em agentes para ajudar as empresas a desenvolver uma barganha mais

efetiva em mercados eletrônicos, considerando a objetividade dos mercados e a subjetividade dos agentes. Li et al. (2018) propõem um tipo diferente de suporte, através de um sistema de multiagentes semântico, para fornecer assistência semântica no processo de seleção de fornecedores, sugerindo um algoritmo de negociação. O sistema foi proposto para resolver o problema do grande volume de dados transmitidos a partir das áreas da empresa, de forma não consolidada semanticamente.

A seguir são apresentadas as considerações finais acerca do capítulo de fundamentação teórica e revisão da literatura, onde pretende-se desenvolver comentários gerais do autor sobre os pontos destacados na literatura.

2.9 Considerações finais do capítulo

A partir dos conceitos apresentados nesta seção, a importância do processo de seleção de fornecedores é destacada, para os mais diversos tipos de organizações. A escolha do fornecedor mais adequado pode trazer vantagens competitivas para a organização, em compensação, escolher um fornecedor inadequado pode afetar diretamente o sucesso da empresa. O processo de seleção apresenta-se como bastante complexo por envolver a necessidade de se avaliar múltiplos critérios, muitas vezes conflitantes entre si. Além disso, em muitos casos não é possível trabalhar apenas com julgamentos quantitativos, mas também qualitativos. Em contextos onde mais de um decisor participa do processo, o mesmo fica ainda mais complicado por envolver a agregação de julgamentos de vários envolvidos, muitas vezes com objetivos conflitantes.

O processo de compras públicas, por sua vez, apresenta-se ainda mais complexidade, dado: A necessidade de obedecer a um conjunto de procedimentos previstos em legislação; A necessidade de dificultar a realização de atos ilícitos no processo de compras; A análise complicada de *trade-offs* entre custos e qualidade dos bens e serviços adquiridos; e a necessidade de tornar públicos os dados referentes a um processo licitatório. Tais fatores causam forte influência na maneira como as organizações públicas realizam suas compras, muitas vezes reduzindo bastante a flexibilidade dos mesmos no mercado.

Diante deste cenário, vem crescendo a utilização de recursos de tecnologia da informação e comunicação para trazer mais eficiência aos processos de compras. O uso de ferramentas de compras eletrônicas, apesar de exigir investimentos, pode trazer diversos ganhos aos processos de compras, tanto para o caso público, quanto para o caso privado. Além de ampliar a gama de fornecedores potenciais, os recursos de compras eletrônicas podem incorporar diversas ferramentas de apoio à seleção dos fornecedores, bem como facilitar a comunicação com os

mesmos durante todo o processo. Dentre as principais ferramentas utilizadas, destacam-se os leilões, como meios bastante utilizados para se obter a melhor proposta de fornecedor, em situações onde múltiplos fornecedores buscam atender a um pedido de um comprador. Assim, existem diversas modalidades e ferramentas que podem ser aplicadas, buscando-se maximizar os ganhos potenciais.

Durante todo o processo, em geral, é necessária a realização de negociações entre o comprador e os potenciais fornecedores, com o objetivo de se maximizar os ganhos para ambas as partes: O comprador, com uma proposta mais adequada às suas necessidades; e os fornecedores, com propostas mais viáveis de serem aceitas pelo comprador. Neste sentido, existem diversas ferramentas de apoio à negociação que podem ser utilizadas, de modo a se maximizar os ganhos oriundos deste processo. Dentre estes, destacam-se os mais diversos tipos de sistemas de apoio à decisão, tanto em contextos mais voltados para gestão, quanto àqueles voltados para inteligência artificial. Dentre estes últimos, destacam-se os modelos baseados em agentes, que se utilizam de agentes de software para desempenhar funções de análise, geração e escolha de propostas com múltiplos fornecedores em paralelo. Tais recursos podem ser utilizados das mais diversas formas, podendo prestar suporte à um negociador humano, ou até mesmo substituí-lo.

No que se refere à revisão da literatura, observa-se que o campo de seleção de fornecedores é bastante fértil, e ainda promissor. Com o incremento cada vez maior da competição nos mercados e o crescente uso de ferramentas de TIC, a demanda por novos recursos de apoio à tomada de decisão pode continuar a crescer. No que tange aos métodos de apoio à decisão multicritério, observa-se a proposição de modelos utilizando as mais diversas ferramentas, com características e objetivos distintos. Pode-se observar a utilização de métodos únicos e combinações de vários métodos, principalmente para tomada de decisão em grupo. Entretanto, observa-se poucas propostas que envolviam a utilização de procedimentos de votação para se agregar as opiniões dos decisores, em seleção de fornecedores. Dada a sua facilidade de aceitação por parte dos decisores, a utilização destes procedimentos surge como um importante *gap* a ser considerado no âmbito da tomada de decisão em compras.

Observa-se, ainda, que vários autores trabalharam com propostas de modelos de negociação e sistemas de apoio à decisão aplicáveis para compras. Para tanto, partindo de pressupostos diversos, os autores propõem modelos que são utilizados para cenários específicos. Dentre os cenários, observa-se forte tendência de propostas para *e-marketplaces* e negociações bilaterais entre as partes. Apesar de ser possível adaptações, foram encontradas poucas aplicações para compras públicas, com foco em negociações multilaterais. Também

não foram encontradas propostas que envolvam o processo de negociação e seleção de fornecedores no contexto da logística para o varejo.

A partir desta análise e dos *gaps* levantados, procede-se com a proposta dos modelos de apoio à tomada de decisão em seleção de fornecedores. Assim, no Capítulo 3, é apresentado modelo de apoio à seleção de fornecedores no setor de óleo e gás, combinando método de sobreclassificação, para obtenção das avaliações individuais, e procedimento de votação, para agregação dos diversos pontos de vista em uma visão para o grupo.

3 MODELO DE APOIO À DECISÃO EM GRUPO PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES NO SETOR DE ÓLEO E GÁS

Diante da importância do setor de óleo e gás para a economia do País, a gestão eficiente das empresas do setor pode trazer um grande impacto para a economia nacional. Neste contexto, a escolha do fornecedor adequado pode gerar impacto positivo ou negativo nos resultados das organizações do setor. Além disso, é necessário considerar critérios diversos, incluindo econômicos, legais, técnicos, de meio ambiente, etc. Tais critérios podem ser avaliados por pessoas de setores diferentes, com pontos de vistas diferentes, dentro da empresa. Assim, a tomada de decisão acaba se tornando bastante complexa e sujeita a impasses.

Para este cenário, conforme apresentado por Gonçalo e Morais (2018a, no prelo), é proposto um modelo de apoio a decisão em grupo para o processo de seleção de fornecedores na empresa. Inicialmente, buscou-se identificar como ocorre, em linhas gerais, a seleção de fornecedores de produtos e serviços na empresa. Com base no que foi obtido, foi proposto um modelo utilizando o método PROMETHEE II para obter as avaliações individuais dos decisores, e o procedimento de votação por quartis, para converter as posições individuais em uma posição para o grupo. Até o momento, tal combinação de metodologias foi proposta apenas para gestão de recursos hídricos, por Morais e Almeida (2010; 2012).

O modelo proposto procura apoiar o processo de seleção de fornecedores na empresa, considerando uma situação onde múltiplos critérios são considerados, a partir da análise realizada por diferentes especialistas da empresa. Ao considerar critérios que são avaliados por decisores de diferentes setores, cria-se a necessidade de considerar os pontos de vista de diferentes pessoas, com perfis e áreas de atuação diferentes. Neste tipo de situação, o consenso é difícil de ser alcançado dada a possibilidade de objetivos conflitantes entre as partes. O modelo trata do problema sem implicar necessariamente na necessidade de um consenso direto entre os diferentes especialistas. Desta forma, cada decisor pode tomar a sua decisão de maneira independente, uma vez que a agregação das opiniões para o grupo é realizada de maneira independente, através do procedimento de votação. Além disso, é possível considerar uma gama bastante ampla de critérios, sem tornar o processo de escolha inviável.

A seguir o problema em análise é descrito, apresentando-se a empresa em estudo e os critérios que devem ser considerados, publicados pela própria empresa.

3.1 Panorama do processo de compras públicas na empresa

A empresa em estudo atua nas áreas de: Exploração e produção; Refino; Comercialização e transporte de petróleo e gás; Petroquímica; Distribuição de derivados; Geração de energia elétrica; Biocombustíveis; E outras fontes de energia renováveis. O processo de seleção de fornecedores é regulado por uma série de normas que estabelecem as regras dos procedimentos simplificados de licitação e contratuais da empresa. Tal processo varia de acordo com o tipo de produto ou serviço em questão, e pode ser: (1) Corporativo: para itens de interesse corporativo, ou seja, itens grandes, mais complexos ou de maior valor; ou (2) simplificado, para outros itens. Para ambos os tipos de produtos, o fornecedor deve ser inicialmente registrado no banco de dados da empresa através do site da mesma. Em seguida, ocorre uma classificação automática dos fornecedores, dependendo da área de especialização e do produto/serviço fornecido.

Conforme publicado pela própria empresa, em 2016, o processo de seleção considera vários conjuntos de critérios, tais como: Técnico; Econômico; Legal; Saúde, Segurança e Meio Ambiente; Gestão; Credenciamento e Conteúdo Local. Estes critérios são avaliados de acordo com o tipo de fornecedor avaliado, sempre que aplicável, através da consideração de indicadores previamente definidos. Os grupos e seus critérios para selecionar este tipo de fornecedor são mostrados na Tabela 9. Salienta-se que não foram disponibilizados detalhes sobre como cada critério é avaliado atualmente, bem como as escalas utilizadas para mensurar o desempenho dos fornecedores em cada critério.

Tabela 9 - Caracterização dos grupos de critérios para seleção de provedores de serviços

<i>Área</i>	<i>Descrição</i>	<i>Crítérios</i>
<i>Técnica</i>	<i>Analisa a capacidade técnica da empresa para a prestação de serviços, avaliando os recursos necessários para um bom desempenho.</i>	<i>Instalações (cr1), equipamentos (cr2), Materiais (cr3), Pessoal (cr4), Tecnologia (cr5), tamanho da empresa (cr6), Tradição na prestação de serviços (cr7), Qualificação Jurídica e Técnica.</i>
<i>Econômica</i>	<i>Procura evidências da solidez econômica do fornecedor.</i>	<i>Credibilidade de Contas - Avaliação do Balanço e Demonstrações Financeiras.</i>
<i>Legal</i>	<i>Monitora a regularidade das empresas no cumprimento de suas obrigações legais.</i>	<i>Capacidade legal, Qualificação Jurídica, Regularidade Jurídica e Tributária, Conta Corrente, Termos e Extratos, Riscos, Gestão Jurídica.</i>
<i>Higiene, Saúde e Segurança</i>	<i>Avalia a implementação do sistema de gestão em Saúde, Segurança e Meio Ambiente</i>	<i>ISO 14001 (cr8), Política Ambiental (cr9), Planejamento EMS - (Sistema de Gestão Ambiental) (cr10), Implantação e operação do EMS (cr11), Verificação e ação corretiva do SGA (cr12), Análise crítica para a administração do EMS (cr13) OHSAS18001 (cr14), Política OHS - (Saúde e Segurança Ocupacional) (cr15), OHSMS Planejamento (cr16), Implementação e operação de OHSMS (cr17), Verificação e ação corretiva de OHSMS (cr18), Crítica análise para a administração do OHSMS (cr19), Informações adicionais de Higiene, Saúde e Segurança; Requisitos adicionais de Higiene, Saúde e Segurança Offshore.</i>
<i>Gestão</i>	<i>Comportamento gerencial das empresas, avaliando o compromisso com a qualidade e melhoria contínua.</i>	<i>ISO9001 (cr20), Sistema de Gestão da Qualidade (cr21), Responsabilidade de Gestão (cr22), gestão de recursos (cr23), Realização do produto (cr24), medição, análise e melhoria (cr25), política de excelência do PNQ (Prêmio Nacional da Qualidade) (cr26), Requisitos de gestão adicional offshore.</i>
<i>Conteúdo local</i>	<i>Avalia a porcentagem do conteúdo local de acordo com a Agência Nacional do Petróleo.</i>	<i>Conteúdo local</i>

Fonte: Esta pesquisa (2018)

Uma vez obtidas as informações sobre os fornecedores em potencial, a etapa de avaliação ocorre. Esta etapa avalia as informações fornecidas pelo potencial fornecedor e é realizada por equipes especializadas nas áreas correspondentes aos critérios. Com base na evidência verificada, as pontuações são atribuídas a cada item de suprimento. Como resultado, o

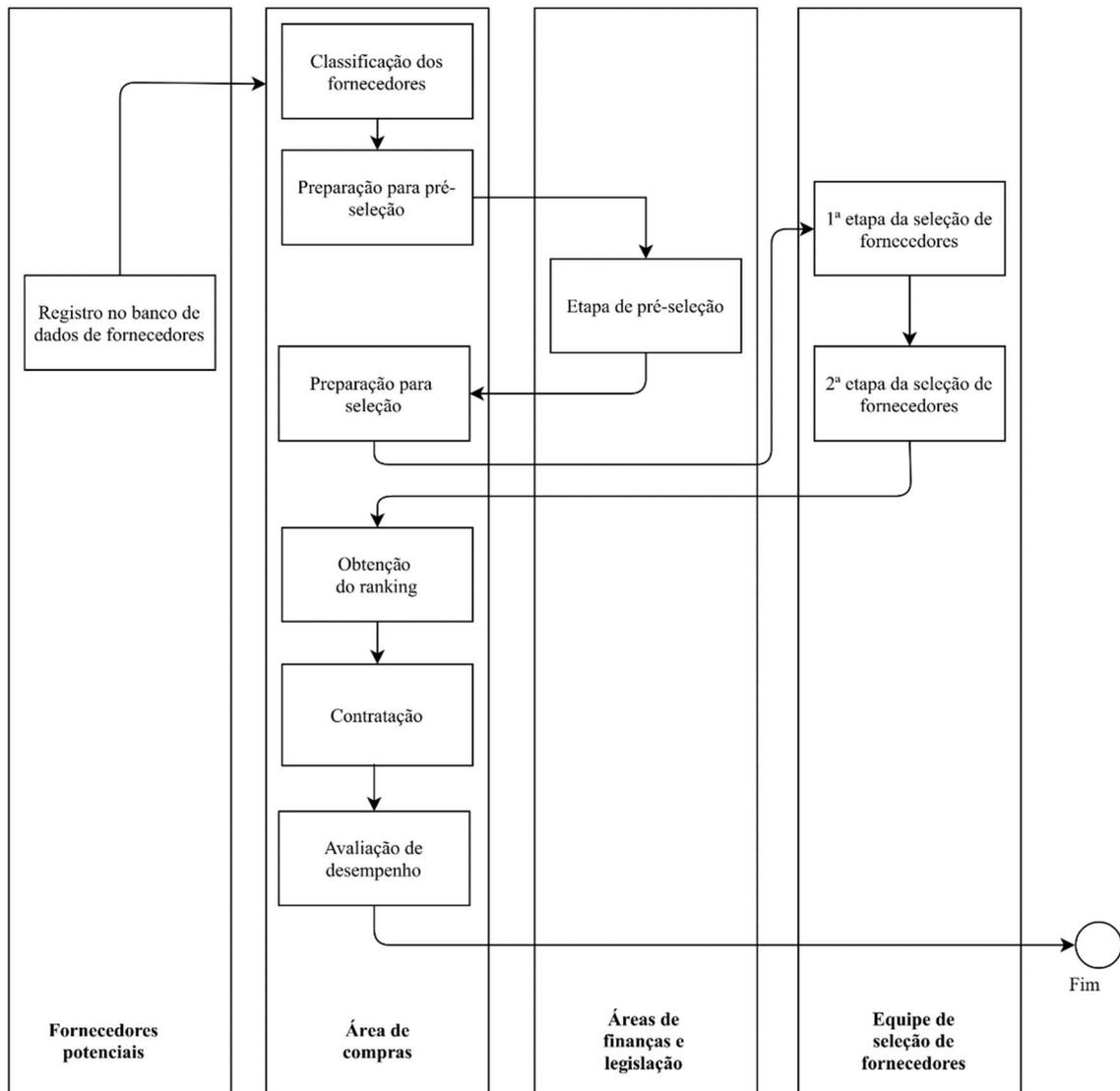
fornecedor é selecionado e pode estar disponível para receber ordens de compra feitas por unidades de negócios da empresa. Durante o processo, muitos especialistas realizam avaliações em suas áreas de especialização, sendo o processo é caracterizado como um problema de tomada de decisão em grupo. Isto pois as opiniões de diversos envolvidos no processo devem ser consideradas. Tal fator pode gerar uma série de problemas, o que pode ser minimizado com a utilização de ferramentas de apoio à tomada de decisão.

Na seção a seguir é apresentado o modelo para seleção de fornecedores, considerando o problema de tomada de decisão em grupo sob múltiplos critérios.

3.2 Modelo para seleção de fornecedores para uma companhia petrolífera brasileira

O modelo, apresentado na Figura 6, composto por uma série de etapas que devem ser seguidas para aprimorar o processo de tomada de decisão na seleção de fornecedores. O modelo apresenta, ainda, as atividades a serem desempenhadas por cada um dos envolvidos no processo, tanto internos, quanto externos.

Figura 6 - Modelo para tomada de decisão em grupo em seleção de fornecedores



Fonte: Esta pesquisa (2018)

O primeiro passo envolve o cadastro dos fornecedores no sistema de fornecimento da empresa. Neste cadastro, os fornecedores disponibilizam dados gerais da empresa, bem como produtos e/ou serviços que podem ser fornecidos por eles. Após essa etapa, com base nas informações disponibilizadas pelos fornecedores, a empresa contratante classifica os fornecedores alocando cada um à sua respectiva classe de acordo com os produtos e/ou serviços são oferecidos e o tipo de operação da empresa. O banco de dados de fornecedores é, então, construído para cada item que a empresa possa precisar. Esse banco de dados pode ser utilizado pela empresa a qualquer momento, dependendo de suas necessidades de suprimento.

Quando a empresa contratante precisa de um produto ou serviço, é feita uma busca por fornecedores cadastrados no banco de dados da empresa para identificar os candidatos

disponíveis naquele período. A etapa de pré-seleção do fornecedor é então proposta. Nesta etapa os fornecedores devem ser avaliados nos aspectos "Econômico", "Legal" e "Conteúdo Local". Tais critérios apresentam-se como pré-requisitos básicos para aceitação de um fornecedor, devendo ser considerados como primeiro filtro da seleção de fornecedores. Os aspectos considerados nesses três grupos de critérios são regulados por lei e podem resultar na exclusão de um candidato nesse estágio. Se um candidato não atender a esses pré-requisitos, ele será automaticamente removido do processo. Se os pré-requisitos forem atendidos, o candidato prossegue para o próximo estágio de seleção.

Após etapa de pré-seleção, deve-se proceder com o processo de seleção de fornecedores. Neste ponto, são considerados os critérios relevantes, que estão relacionados aos grupos mostrados na Tabela 9. Cada especialista, dependendo de sua área de atuação, realiza uma análise separadamente, utilizando escalas, critérios, métodos e outros parâmetros específicos, de acordo com sua necessidade. Salienta-se que é importante que cada área defina a estrutura de avaliação ou regras que devem ser seguidas pelos especialistas, de modo a se ter uma uniformidade na maneira como os especialistas da área podem avaliar determinado fornecedor. A possibilidade de cada setor utilizar critérios e parâmetros independentemente é benéfica porque facilita a forma como os especialistas realizaram sua análise, pois podem fazê-lo sem a necessidade de consenso com outros especialistas de outros setores.

A seguir, então, procede-se a seleção de fornecedores propriamente dita. Cada decisor realiza sua análise de maneira independente, sendo obtidos *rankings* individuais na 1ª fase do processo de seleção. A partir dos dados obtidos, realiza-se a 2ª fase do processo, onde os *rankings* individuais são agregados, de modo a se obter um *ranking* para o grupo. Ao final esta etapa, é obtido uma ordenação de fornecedores considerando as opiniões dos vários decisores envolvidos no processo. Salienta-se que deve ser realizada análise de sensibilidade após cada etapa, de modo a se verificar a estabilidade dos resultados obtidos. Uma vez finalizado o processo, procede-se com a etapa de contratação e, posteriormente, avaliação de desempenho dos fornecedores.

Para este caso específico, um método de sobreclassificação foi escolhido principalmente devido à sua natureza não compensatória, ou seja, um desempenho negativo em um determinado critério não é compensado diretamente pelo o desempenho positivo em outros critérios. Assim, todas as informações disponíveis para avaliação das alternativas são consideradas no cálculo dos índices. Entre os métodos de sobreclassificação, a família PROMETHEE foi selecionada devido à sua capacidade de considerar a hesitação do decisor na avaliação de alternativas e, considerando limiares de indiferença e preferência. O método

PROMETHEE II foi selecionado para implementar o modelo por gerar uma ordenação das alternativas, considerando as classificações ascendente e descendente. Além disso, um dos requisitos para a aplicação do procedimento de votação por quartis é a utilização do *ranking* de alternativas de cada decisor para que a ordenação final possa ser obtida. Além disso, o método apresenta parâmetros que podem ser facilmente entendidos pelos decisores envolvidos, o que permite melhores resultados da aplicação.

Segundo Brans et al. (1998) e Brans e Mareschal (2005), a família de métodos PROMETHEE destaca-se por envolver conceitos e parâmetros físicos e econômicos que os decisores conseguem entender e/ou interpretar com facilidade. A aplicação do método envolve a formação de uma matriz de avaliação, que consiste em alternativas que devem ser avaliadas sob múltiplos critérios. Considerando-se que a e b são alternativas, e que $g_j(a)$ and $g_j(b)$ são os ganhos que as alternativas representam para o critério j . E considerando que, conforme apresentado por Brans e Vincke (1985), os pesos atribuídos p_j representam o grau de importância de cada critério, o grau de sobreclassificação $\pi(a, b)$ é calculado de acordo com a Equação 3.1.

$$\pi(a, b) = \frac{1}{P} \sum_{j=1}^n p_j F_j(a, b), \quad \text{onde} \quad P = \sum_{j=1}^n p_j \quad (3.1)$$

Onde $F_j(a, b)$ é um número entre 0 e 1, que aumenta quando $g_j(a) > g_j(b)$ aumenta, e é igual a zero se $g_j(a) \leq g_j(b)$. Para encontrar o valor de $F_j(a, b)$, o decisor pode escolher, para cada critério, uma das seis formas de curvas, de acordo com seus limiares de indiferença (q) e preferência (p). A Tabela 10 apresenta as funções que podem ser usadas, de acordo com a estrutura de preferência do decisor, para cada critério.

Tabela 10 - Funções de preferência

<i>Função de preferência</i>	<i>Fatores de comparação</i>	<i>Valor obtido</i>
<i>Usual</i>	$g_j(a) - g(b) > 0$ $g_j(a) - g(b) \leq 0$	$P_j(a, b) = 1$ $P_j(a, b) = 0$
<i>U-shape</i>	$g_j(a) - g(b) > q$ $g_j(a) - g(b) \leq q$	$P_j(a, b) = 1$ $P_j(a, b) = 0$
<i>V-shape</i>	$g_j(a) - g(b) > p$ $g_j(a) - g(b) \leq p$ $g_j(a) - g(b) \leq 0$	$P_j(a, b) = 1$ $P_j(a, b) = [g_j(a) - g_j(b)]/p$ $P_j(a, b) = 0$
<i>Level</i>	$ g_j(a) - g(b) > p$ $q < g_j(a) - g(b) \leq p$ $ g_j(a) - g(b) \leq q$	$P_j(a, b) = 1$ $P_j(a, b) = 0,5$ $P_j(a, b) = 0$
<i>Linear</i>	$ g_j(a) - g(b) > p$ $q < g_j(a) - g(b) \leq p$ $ g_j(a) - g(b) \leq q$	$P_j(a, b) = 1$ $P_j(a, b) = [g_j(a) - g_j(b) - q] / (p - q)$ $P_j(a, b) = 0$
<i>Gaussiana</i>	$ g_j(a) - g(b) > 0$ $ g_j(a) - g(b) \leq 0$	<i>A preferência aumenta com a distribuição normal</i>

Fonte: Brans, Vincke and Mareschal (1986)

Depois de obter os valores de $\pi(a, b)$, duas pré-ordens completas podem ser obtidas, a primeira seguindo uma ordem descendente dos índices de fluxo $\varphi^+(a)$, que mede a força com a qual a alternativa a sobreclassifica todas as outras, conforme Equação 3.2; E a segunda seguindo uma ordem ascendente dos índices $\varphi^-(a)$, que representa a força dada pelos dados de que a alternativas a é sobreclassificada por todas as demais, conforme Equação 3.3.

$$\varphi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(a, b) \quad (\text{Fluxo descendente}) \quad (3.2)$$

$$\varphi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(b, a) \quad (\text{Fluxo ascendente}) \quad (3.3)$$

A interseção desses dois fluxos gera uma pré-ordem parcial. Essa classificação é o resultado da aplicação do método PROMETHEE I. O Método PROMETHEE II ordena as ações seguindo o fluxo de líquido $\varphi(a)$, conforme apresentado na Equação 3.4. Desta forma, uma única ordem completa de alternativas é obtida.

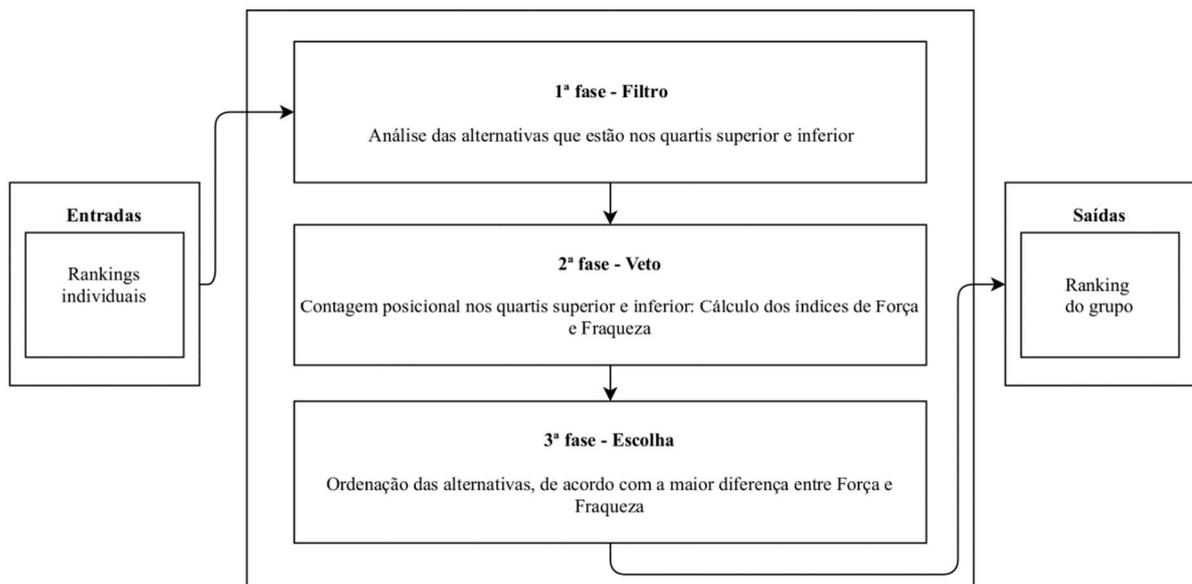
$$\varphi(a) = \varphi^+(a) - \varphi^-(a) \quad (3.4)$$

No segundo estágio de seleção de fornecedores, as visões dos decisores são agregadas para obter uma decisão em grupo. A análise realizada pelos especialistas que representam as

diversas áreas da empresa é processada em uma única análise, que passa a representar a posição da empresa. Para este estudo, o procedimento de votação por quartis foi selecionado devido à sua facilidade de interpretação; por utilizar os resultados ranqueados da aplicação PROMETHEE II, facilmente interpretados pelos decisores; E por se tratar de um método destinado à problemática da escolha, útil para a seleção de fornecedores.

O procedimento de votação por quartis, proposto por Morais e Almeida (2010), identifica as melhores e piores alternativas avaliadas por todos os decisores. Em seguida, aplica dois tipos de contagens com base nos princípios do procedimento de contagem de “Borda”. Para tanto, o método analisa as informações retiradas dos *rankings* alternativos de cada decisor, oriundos da aplicação de algum método de apoio à decisão multicritério, e não apenas o PROMETHEE II. O método é aplicado através com três estágios de exploração (filtro, veto e escolha), conforme mostrado na Figura 7.

Figura 7 - Visão geral do método de votação por quartis



Fonte: Morais e Almeida (2010, p. 489)

Como apresentado em Morais e Almeida (2012), considerando que $k = \{DM_1, DM_2, \dots, DM_k\}$ é o conjunto de decisores, cada um fornece um *ranking* de alternativas, representado por $i = \{A, B, C, \dots\}$. Seguindo as ordenações, a fase de filtro ocorre e as alternativas que estão no quartil superior e inferior são analisadas. Para tanto, é necessário definir quais alternativas estão em cada um dos quartis. Em relação ao quartil superior, é necessário estabelecer quais alternativas estão entre os 25% melhor avaliados para cada decisor.

Para identificar a composição do quartil superior, é aplicada a notação apresentada na Equação 3.5, onde n é o número total de alternativas avaliadas.

$$x = n/4 \quad (\text{arredondando para mais}) \quad (3.5)$$

Desta forma, para os itens alocados no quartil superior, o número de decisores que alocam as alternativas nesse quartil é avaliado. Considerando U_i como o número de vezes que a alternativa i aparece no quartil superior, seu valor é calculado como mostrado na Equação 3.6.

$$U_i = \sum_{k=1}^m u_i^k, \quad \forall i, k \quad \forall j = 1, \dots, x \quad (3.6)$$

Onde u_i^k assume valores 0 ou 1, de acordo com a presença da alternativa no quartil superior de DM_k . As alternativas que não recebem votos de nenhum dos decisores, ou seja, apresentam $U_i = 0$, são eliminadas da análise. Após a primeira filtragem, as alternativas alocadas no quartil inferior são analisadas. A composição deste quartil pode ser definida a partir da Equação 3.7.

$$y = \left(\frac{3n}{4}\right) + 1 \quad (\text{truncado}) \quad (3.7)$$

Analogamente à análise realizada para o quartil superior, o número de decisores que são contra as alternativas é contado. Para esse fim, o número de vezes que a alternativa i aparece no quartil inferior é calculado de acordo com a Equação 3.8.

$$L_i = \sum_{k=1}^m l_i^k, \quad \forall i, k \quad \forall j = 1, \dots, x \quad (3.8)$$

Onde l_i^k assume valores 0 ou 1, de acordo com a presença da alternativa i no quartil superior para DM_k . No final do estágio de filtragem, alternativas com mais votos contra do que a favor, ou seja $L_i \geq U_i$, são eliminadas do conjunto de alternativas. As alternativas restantes seguem para o estágio de veto.

No estágio de veto, uma contagem posicional é realizada com base no método "Edge". Esse procedimento atribui a cada classificação um valor que varia de acordo com a posição da classificação. O método proposto, no entanto, analisa apenas as alternativas que estão nos quartis superiores e inferiores. Para avaliar o quartil superior, o score é calculado da seguinte forma: 1 para a última posição (limite do quartil superior: x), 2 para a penúltima posição, ..., x

para a primeira posição. A pontuação de cada alternativa é totalizada e cada uma recebe uma pontuação chamada “Força da Alternativa”, conforme expresso na Equação 3.9.

$$F_i = \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^x (x - j + 1) q_{ij}^k \quad \forall i, k \quad \forall j = 1, \dots, x \quad (3.9)$$

Onde q_{ij}^k assume o valor 1 quando a alternativa i está na posição j para o DM_k ; ou 0 caso contrário. Desde que i corresponda às alternativas no quartil superior; j é a posição no quartil superior, variando de 1 a x ; e k representa um decisor. Dado isso, o valor da Força da Alternativa A é dado por:

$$\begin{aligned} F_A = & (x)(q_{A1^{st}}^1 + q_{A1^{st}}^2 + \dots + q_{A1^{st}}^m) + \dots \\ & + (2)(q_{A(x-1)^{th}}^1 + q_{A(x-1)^{th}}^2 + \dots + q_{A(x-1)^{th}}^m) \\ & + (1)(q_{Ax^{th}}^1 + q_{Ax^{th}}^2 + \dots + q_{Ax^{th}}^m) \end{aligned} \quad (3.10)$$

Para a análise do quartil inferior, os pontos são atribuídos inversamente a cada posição, a saber: x para o último colocado no *ranking*, $(x - 1)$ para a penúltima posição, ..., e 1 para o colocado primeiro entre as alternativas do quartil inferior. Os pontos atribuídos a cada alternativa são somados e a alternativa recebe uma pontuação chamada “Fraqueza da Alternativa” (f_i), conforme a Equação 3.11.

$$f_i = \sum_{k=1}^m \sum_{j=y}^n (j - y + 1) q_{ij}^k \quad \forall i, k \quad \forall j = y, \dots, n \quad (3.11)$$

Onde q_{ij}^k assume o valor 1 se a alternativa i estiver na posição j para DM_k , ou 0 caso contrário; i se refere às alternativas remanescentes no quartil inferior; j é a posição que varia da primeira posição no quartil inferior (y^{th}) até o último no *ranking* (n^{th}), para cada DM_k . A Fraqueza da Alternativa A é dada pela Equação 3.12.

$$\begin{aligned} f_A = & (1)(q_{Ay^{th}}^1 + q_{Ay^{th}}^2 + \dots + q_{Ay^{th}}^m) + \dots \\ & + (2)(q_{A(y+1)^{th}}^1 + q_{A(y+1)^{th}}^2 + \dots + q_{A(y+1)^{th}}^m) \\ & + (x)(q_{An^{th}}^1 + q_{An^{th}}^2 + \dots + q_{An^{th}}^m) \end{aligned} \quad (3.12)$$

Uma vez obtidos os valores de F_A e f_A , a intensidade da discordância deve ser avaliada para verificar se a alternativa deve ser descartada. Assim, se $f_i \geq F_i$, há alta oposição à alternativa sendo considerada entre as melhores para o grupo de decisores. Portanto, a alternativa i é eliminada. Também é possível estabelecer limiares de veto mais restritivos adicionando um fator multiplicador à condição de avaliação das alternativas, conforme mostrado na Equação 3.13.

$$f_i \geq \beta F_i \quad (3.13)$$

Onde β representa a porcentagem do valor de f_i , relativo a F_i , que os decisores estão dispostos a aceitar. Os decisores podem obter o valor de β a partir de discussões entre si ou simulações. O próximo passo envolve o processo de escolha onde, a partir dos valores de f_i e F_i , as intensidades de preferência para cada alternativa são calculadas conforme a Equação 3.14.

$$\alpha_i = F_i - f_i \quad (3.14)$$

Assim, a alternativa com o maior valor α_i é escolhida. Em caso de empate, uma análise das alternativas deve ser conduzida, a fim de verificar qual delas a maioria dos decisores prefere. Podem ser realizadas análises de sensibilidade, a partir dos resultados das aplicações individuais, ou a partir da variação dos valores de β ou outros parâmetros do procedimento de votação por quartis. Finalmente, finaliza-se o processo de escolha e pode-se prosseguir para as etapas de contrato e posterior avaliação de desempenho do fornecedor.

De modo a verificar a aplicabilidade do modelo e identificar potenciais pontos de conflitos para a aplicação, foi realizada aplicação numérica do modelo, conforme apresentado na seção a seguir.

3.3 Aplicação numérica

Para ilustrar a aplicação do modelo, foi realizada simulação para selecionar construtores de contratos de plataformas flutuantes chamados FPSO (Unidade flutuante de produção, armazenamento e transferência de óleo), usados para extrair petróleo e gás no mar, podendo ser utilizados nos campos de exploração do Pré-sal. Dez fornecedores em potencial são avaliados (S1 a S10), representando perfis de empresas de diferentes portes e perfis.

Neste contexto, os pontos de vista de quatro decisores (DM1, DM2, DM3 e DM4) foram considerados, sendo cada decisor relacionado a uma área específica da empresa, conforma apresentado na Tabela 11.

Tabela 11 - Descrição do papel de cada decisor

<i>Decisor</i>	<i>Área</i>
<i>DM1</i>	<i>Representa a área de Gás e Energia, com foco em gás natural e outras energias.</i>
<i>DM2</i>	<i>Representa o setor corporativo e de serviços, que inclui setores de SMST e responsabilidade social.</i>
<i>DM3</i>	<i>Representa a área de Engenharia e Tecnologia de Materiais.</i>
<i>DM4</i>	<i>Representa a área de Exploração e Produção, com foco em petróleo.</i>

Fonte: Esta pesquisa (2018)

Para esta simulação, foram utilizados os critérios apresentados na Tabela 12, abaixo. Alguns critérios na Tabela 9 não foram considerados, priorizando-se aqueles mais gerais para cada área. Desta forma, critérios muito específicos não foram considerados para esta aplicação, mas podem ser considerados em futuras aplicações sem prejuízos para o modelo proposto.

Tabela 12 - Critérios utilizados na aplicação

<i>Cr</i>	<i>Critério</i>	<i>Descrição</i>
1	<i>Instalações</i>	<i>Avalia a quantidade e a qualidade das instalações administrativas e industriais para a realização do serviço.</i>
2	<i>Equipamentos</i>	<i>Avalia a quantidade, características, condição e adequação dos equipamentos da empresa e a capacidade de locação e mobilização de equipamentos adequados.</i>
3	<i>Materiais</i>	<i>Analisa a capacidade de fornecimento de materiais ligados ao tipo de serviço prestado.</i>
4	<i>Staff</i>	<i>Avalia as qualificações e a experiência da equipe técnica e gerencial da empresa e a capacidade da equipe com qualificações e experiência.</i>
5	<i>Tecnologia</i>	<i>Avalia como a empresa é capaz de executar serviços, sua capacidade de desenvolver e monitorar cronogramas detalhados de atividades relacionadas à implementação de serviços e a capacidade de gerenciamento de provedores de serviços.</i>
6	<i>Porte da empresa</i>	<i>Avalia a carga física potencial, com base nos serviços executados recentemente, e a capacidade atual, com base nas limitações de instalações, tecnologia, equipamentos e pessoal.</i>
7	<i>Tradição em serviços</i>	<i>Demonstra a experiência da empresa em anos anteriores de ter realizado características idênticas ou semelhantes do serviço agora necessário.</i>
8	<i>ISO 14001</i>	<i>Verifica a certificação do Sistema de Gestão Ambiental.</i>
9	<i>Política ambiental</i>	<i>Analisa a composição da política ambiental da empresa, definida, documentada, implementada, mantida e divulgada.</i>
10	<i>Planejamento do SGA</i>	<i>Avalia como a organização estabelece e mantém procedimentos para identificar os aspectos ambientais de suas atividades e se a organização estabelece e mantém programas para atingir seus objetivos.</i>
11	<i>Implementação e operação do SGA</i>	<i>Envolve analisar aspectos de Estrutura e Responsabilidade; Treinamento, Conscientização e Competência; comunicação; documentação; Controle Operacional; e preparação e resposta a emergências, no âmbito do Sistema de Gestão Ambiental.</i>
12	<i>Cheragem e ações corretivas do SGA</i>	<i>Envolve a análise de questões relacionadas ao monitoramento e mensuração; Tratamento de não conformidades e ações corretivas; registros; e auditorias do SGA.</i>
13	<i>Análise crítica do SGA</i>	<i>Avalia como a alta administração participa da análise e melhoria do sistema de gestão ambiental.</i>
14	<i>OHSAS18001</i>	<i>Verifica a certificação de gestão para a área de gestão ambiental.</i>
15	<i>Política de S&SO</i>	<i>Revê a adequação e implementação da política de S & SO.</i>

16	<i>Planejamento do OHSMS</i>	<i>Avalia aspectos do Planejamento para Identificação de Riscos, Avaliação e Controle de Riscos; Requerimentos legais; objetivos; e o Programa de Gerenciamento de SSO.</i>
17	<i>Implementação e operação do OHSMS</i>	<i>Envolve a análise de problemas relacionados a documentos e controle de dados; Preparação e Resposta a Emergências; Controle Operacional; documentação; Consulta e Comunicação; Treinamento, conscientização e competência; Estrutura e Responsabilidade do SGSST.</i>
18	<i>Checagem e ação corretiva do OHSMS</i>	<i>Avalia o registro e o gerenciamento do registro; auditorias; Acidentes, Incidentes, Não Conformidades e Ações Corretivas e Preventivas; e Monitoramento e Medição do Desempenho do OHSMS.</i>
19	<i>Análise crítica do OHSMS</i>	<i>Verifica a participação da alta gerência na análise e melhoria do sistema de gestão de S&SO.</i>
20	<i>ISO9001</i>	<i>Verifica se a empresa possui um certificado ISO 9001.</i>
21	<i>Sistema de gestão da qualidade</i>	<i>Analisa como a organização implementa o Manual da Qualidade e controla registros e documentos.</i>
22	<i>Responsabilidade de gestão</i>	<i>Avalia o comprometimento da alta administração; Foco no cliente; política de qualidade; planejamento; Responsabilidade, Autoridade e Comunicação; e Análise Crítica pela alta administração.</i>
23	<i>Gestão de recursos</i>	<i>Envolve a análise da gestão de recursos humanos; A infraestrutura; e o ambiente de trabalho</i>
24	<i>Realização do produto</i>	<i>Avalia o Planejamento de Realização do Produto; Processos Relacionados ao Cliente; Design e desenvolvimento; Serviço de Produção e Abastecimento;</i>
25	<i>Medição, análise e melhoria</i>	<i>Medição e Monitoramento; e suprimento.</i>
26	<i>Política de excelência (PNQ)</i>	<i>Avalia Medição e Monitoramento; Controle de Produtos Não Conformidade; Análise de dados; e melhorias.</i>

Fonte: Esta pesquisa (2018)

Os critérios pertencentes aos grupos "Econômico", "Legal" e "Conteúdo local", conforme discutido anteriormente, devem ser avaliados na fase de pré-seleção proposta no modelo. Da mesma forma, o critério "Licença Legal e Técnica" também deve ser considerado nesta fase preliminar. Os critérios "SMS de informação adicional", "Requisitos adicionais SMS Offshore" e "Requisitos adicionais de gestão offshore" podem ser incluídos no modelo, quando relevante. Salienta-se que as análises que os decisores realizam são independentes, assim, cada decisor pode decidir considerar os critérios e parâmetros relacionados diretamente com sua área de expertise, sem entrar no mérito dos critérios definidos por outros setores da empresa. Cada decisor pode dividir os critérios em subcritérios, usar pesos diferentes, ignorar determinados critérios ou usar métodos multicritério diferentes, conforme necessário. Para a definição dos pesos, os decisores precisam estar cientes que os mesmos representam a importância dos

critérios para cada um deles. Assim, caso o peso de um determinado critério apresente um valor que seja o dobro de outro, tal critério é duas vezes mais importante que o segundo.

Destaca-se que as análises individuais são independentes umas das outras, uma vez que apenas os *rankings* obtidos na primeira fase são usados como entradas para o procedimento de votação por quartis. Os decisores podem determinar as escalas mais adequadas à sua estrutura de preferências. Conforme exposto anteriormente, não foram disponibilizados detalhes acerca das escalas utilizadas para avaliar cada um dos critérios considerados. Para esta aplicação numérica, foi utilizada uma escala qualitativa de cinco pontos, conversíveis em uma escala numérica. Destaca-se, ainda, que o método PROMETHEE II permite a consideração de escalas de diferentes tipos por critério, incluindo escalas numéricas e qualitativas, o que traz flexibilidade para a análise. Para os critérios Cr8, Cr13 e Cr19, foi utilizada uma escala de dois pontos (Sim ou Não), conforme apresentado na Tabela 13.

Tabela 13 - Escala de avaliação

Muito Baixo (MB)	Baixo (N)	Médio (M)	Alto (A)	Muito Alto (MA)	Sim	Não
1	2	3	4	5	1	0

Fonte: Esta pesquisa (2018)

Os rótulos da escala de avaliação podem ser modificados, dependendo dos critérios avaliados, mas sempre respeitam a interpretação da escala de cinco pontos. Dependendo da situação, as escalas utilizadas para os critérios podem diferir de acordo com as necessidades do decisor.

A Tabela 14 apresenta os pesos normalizados atribuídos por cada um dos decisores, a cada critério, para a aplicação do PROMETHEE II.

Tabela 14 - Pesos atribuídos a cada critério por cada decisor

D/Cr	Cr1	Cr2	Cr3	Cr4	Cr5	Cr6	Cr7	Cr8	Cr9	Cr10	Cr11	Cr12	Cr13
DM1	0.1290	0.1290	0.1290	0.0968	0.0968	0.0645	0.0645	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
DM2	0.0218	0.0218	0.0218	0.0873	0.0873	0.0218	0.0218	0.0873	0.0873	0.0655	0.0655	0.0655	0.0437
DM3	0.1364	0.1818	0.1818	0.1818	0.2273	0.0227	0.0227	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
DM4	0.1000	0.1000	0.1000	0.1500	0.2000	0.0750	0.0500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
D/Cr	Cr14	Cr15	Cr16	Cr17	Cr18	Cr19	Cr20	Cr21	Cr22	Cr23	Cr24	Cr25	Cr26
DM1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0323	0.0323	0.0323	0.0645	0.0323	0.0645	0.0323
DM2	0.0655	0.0437	0.0437	0.0655	0.0218	0.0218	0.0087	0.0087	0.0044	0.0044	0.0044	0.0044	0.0044
DM3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0227	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0227
DM4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0500	0,0500	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250

Fonte: Esta pesquisa (2018)

Se um decisor considera que um critério não é importante para a avaliação, pode ser atribuído um peso zero. Como as avaliações dos decisores são independentes, cada um pode considerar os critérios de acordo com sua experiência. Depois que os pesos foram atribuídos, cada alternativa foi avaliada para cada critério, por cada um dos decisores. Nesta aplicação, foi adotada a função usual para todos os critérios e todos os decisores. Destaca-se que os decisores precisam estar cientes das funções de preferências disponíveis e dos parâmetros disponíveis e respectivos significados. Assim, para este tipo de função, qualquer diferença nos desempenhos das alternativas leva à sobreclassificação de uma alternativa pela outra. Salienta-se que o decisor tem liberdade de utilizar outros tipos de funções de preferência para seus critérios de avaliação, o que dá ao modelo proposto uma flexibilidade importante.

Aplicando o método PROMETHEE II, são obtidos os *rankings* dos dez fornecedores avaliados, conforme apresentado na Tabela 15.

Tabela 15 - *Ranking* de candidatos a fornecedor, por quatro decisores

<i>Ranking</i>	<i>DM 1</i>	<i>DM 2</i>	<i>DM 3</i>	<i>DM 4</i>
<i>1º</i>	<i>S8</i>	<i>S8</i>	<i>S8</i>	<i>S1</i>
<i>2º</i>	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>S1</i>	<i>S8</i>
<i>3º</i>	<i>S4</i>	<i>S7</i>	<i>S5</i>	<i>S9</i>
<i>4º</i>	<i>S7</i>	<i>S1</i>	<i>S9</i>	<i>S4</i>
<i>5º</i>	<i>S5</i>	<i>S9</i>	<i>S2</i>	<i>S2</i>
<i>6º</i>	<i>S2</i>	<i>S6</i>	<i>S4</i>	<i>S5</i>
<i>7º</i>	<i>S3</i>	<i>S5</i>	<i>S7</i>	<i>S7</i>
<i>8º</i>	<i>S9</i>	<i>S4</i>	<i>S6</i>	<i>S6</i>
<i>9º</i>	<i>S6</i>	<i>S3</i>	<i>S3</i>	<i>S3</i>
<i>10º</i>	<i>S10</i>	<i>S10</i>	<i>S10</i>	<i>S10</i>

Fonte: Esta pesquisa (2018)

Uma análise de sensibilidade foi realizada para avaliar a robustez dos resultados, considerando pequenas variações nos valores dos parâmetros e estudando os impactos nos resultados. Assim, os pesos de cada critério, para cada decisor, foram ajustados em mais e menos 15%, aumentando ou reduzindo os demais proporcionalmente. Foram observadas apenas pequenas alterações no *ranking* das alternativas, incluindo inversões de posições na parte intermediária, sugerindo que os resultados obtidos são estáveis.

Depois de obter os pontos de vista individuais, o procedimento de votação quartil foi aplicado para identificar a alternativa melhor avaliada para o grupo de decisores. Aplicando-se

as Equações 3.5 e 3.7, os quartis superior e inferior foram definidos, conforme apresentado na Tabela 16:

Tabela 16 - Aplicando o procedimento de votação

Ranking	DM 1	DM 2	DM 3	DM 4	
1°	<i>S8</i>	<i>S8</i>	<i>S8</i>	<i>S1</i>	<i>Quartil superior</i>
2°	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>S1</i>	<i>S8</i>	<i>Quartil superior</i>
3°	<i>S4</i>	<i>S7</i>	<i>S5</i>	<i>S9</i>	<i>Quartil superior</i>
4°	<i>S7</i>	<i>S1</i>	<i>S9</i>	<i>S4</i>	
5°	<i>S5</i>	<i>S9</i>	<i>S2</i>	<i>S2</i>	
6°	<i>S2</i>	<i>S6</i>	<i>S4</i>	<i>S5</i>	
7°	<i>S3</i>	<i>S5</i>	<i>S7</i>	<i>S7</i>	
8°	<i>S9</i>	<i>S4</i>	<i>S6</i>	<i>S6</i>	<i>Quartil inferior</i>
9°	<i>S6</i>	<i>S3</i>	<i>S3</i>	<i>S3</i>	<i>Quartil inferior</i>
10°	<i>S10</i>	<i>S10</i>	<i>S10</i>	<i>S10</i>	<i>Quartil inferior</i>

Fonte: Esta pesquisa (2018)

Em seguida, procedeu-se com a primeira filtragem ao quartil superior, conforme apresentado na Tabela 17. Nesta etapa, as alternativas S3, S6 e S10 foram eliminadas porque não receberam nenhum voto.

Tabela 17 - Passo de filtragem para o quartil superior

Filtragem 1		
Alternativas	U_i	Ação
<i>S1</i>	<i>3</i>	<i>Prossegue</i>
<i>S2</i>	<i>1</i>	<i>Prossegue</i>
<i>S3</i>	<i>0</i>	<i>Eliminado ($U_3 = 0$)</i>
<i>S4</i>	<i>1</i>	<i>Prossegue</i>
<i>S5</i>	<i>1</i>	<i>Prossegue</i>
<i>S6</i>	<i>0</i>	<i>Eliminado ($U_6 = 0$)</i>
<i>S7</i>	<i>1</i>	<i>Prossegue</i>
<i>S8</i>	<i>4</i>	<i>Prossegue</i>
<i>S9</i>	<i>1</i>	<i>Prossegue</i>
<i>S10</i>	<i>0</i>	<i>Eliminado ($U_{10} = 0$)</i>

Fonte: Esta pesquisa (2018)

A seguir, foi realizada a segunda fase de filtragem, a partir do quartil inferior, como mostrado na Tabela 18.

Tabela 18 - Etapa de filtragem para quartil inferior

Filtragem 2		
Alternativas	L_i	Ação
S1	0	Prossegue
S2	0	Prossegue
S4	1	Eliminado ($L_4 \geq U_4$)
S5	0	Prossegue
S7	0	Prossegue
S8	0	Prossegue
S9	1	Eliminado ($L_9 \geq U_9$)

Fonte: Esta pesquisa (2018)

Na segunda filtragem, as alternativas S4 e S9 foram eliminadas, conforme procedimento de votação por quartis. Em seguida, todas as alternativas restantes seguiram para o estágio de veto, conforme resultados apresentados nas Tabelas 19 e 20.

Tabela 19 - Estágio de veto para o quartil superior

	Veto 1			
	$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$	
$x - j + 1$	3	2	1	F_i
S1	1	2	0	7
S2	0	1	0	2
S5	0	0	1	1
S7	0	0	1	1
S8	3	1	0	11

Fonte: Esta pesquisa (2018)

Tabela 20 - Estágio de veto para o quartil inferior

	Veto 2			
	$j = 8$	$j = 9$	$j = 10$	
$j - y + 1$	1	2	3	f_i
S1	0	0	0	0
S2	0	0	0	0
S5	0	0	0	0
S7	0	0	0	0
S8	0	0	0	0

Fonte: Esta pesquisa (2018)

Observa-se que, para todas as alternativas, a condição de exclusão ($f_i \geq Fi$) é aceita. Assim, as cinco alternativas vão para a etapa de seleção, onde é avaliado o valor de α , conforme apresentado na Tabela 21.

Tabela 21 - Estágio de escolha para as alternativas restantes

Alternativa	α_i	Posição
S8	11	1°
S1	7	2°
S2	2	3°
S5	1	4°
S7	1	4°

Fonte: Esta pesquisa (2018)

Com base na pontuação mais alta de α , o fornecedor S8 é o mais adequado para a empresa em estudo, seguido pelas alternativas S1, S2, S5 e S7, respectivamente. Os fornecedores S5 e S7 estão empatados em quarto lugar. Observa-se bastante distância entre os dois primeiros colocados e os demais fornecedores. Neste sentido, pode ser realizada discussão junto aos decisores acerca dos fatores que levaram o fornecedor S8 a ter um melhor desempenho para o grupo.

A título de comparação, com base nos resultados da Tabela 21, os procedimentos de Copeland, Borda, *Approval voting* e Condorcet foram aplicados. Os resultados obtidos a partir da aplicação dos procedimentos acima mencionados são apresentados na Tabela 22 abaixo:

Tabela 22 - Comparação dos resultados obtidos com resultados de outros procedimentos de votação

<i>Ranking</i>	<i>Votação por quartis</i>	<i>Copeland</i>	<i>Borda</i>	<i>Approval voting</i>	<i>Condorcet</i>
1°	S8	S8	S8	S8	S8
2°	S1	S1	S1	S1	
3°	S2	S2	S2	S2, S4, S5, S9	
4°	S5	S9	S9	-	
5°	-	S4, S5, S7	S4, S5, S7	-	
6°	-	-	-	-	
7°	-	-	-	-	
8°	-	S6	S6	-	
9°	-	S3	S3	-	
10°	-	S10	S10	-	

Fonte: Esta pesquisa (2018)

O procedimento "Votação com agenda" não foi considerado para esta aplicação porque os *rankings* obtidos não são suficientes para permitir a aplicação deste procedimento, portanto, seria necessário fornecer a agenda de votações. Com base na análise dos resultados obtidos com a aplicação dos procedimentos de votação, observa-se que o fornecedor S8 é avaliado como a melhor escolha em todos os procedimentos, sendo fornecedor S1 é o segundo melhor. A partir desta análise, observa-se que há bastante similaridade nos resultados observados a partir da aplicação do procedimento de votação por quartis. O fornecedor S2 é colocado na terceira posição por todos os métodos. No entanto, no procedimento de *Approval voting*, S2 é avaliado no mesmo nível que S4, S5 e S9. Os resultados obtidos a partir do exemplo numérico são discutidos na seção seguinte, com ênfase nas implicações gerenciais dos resultados.

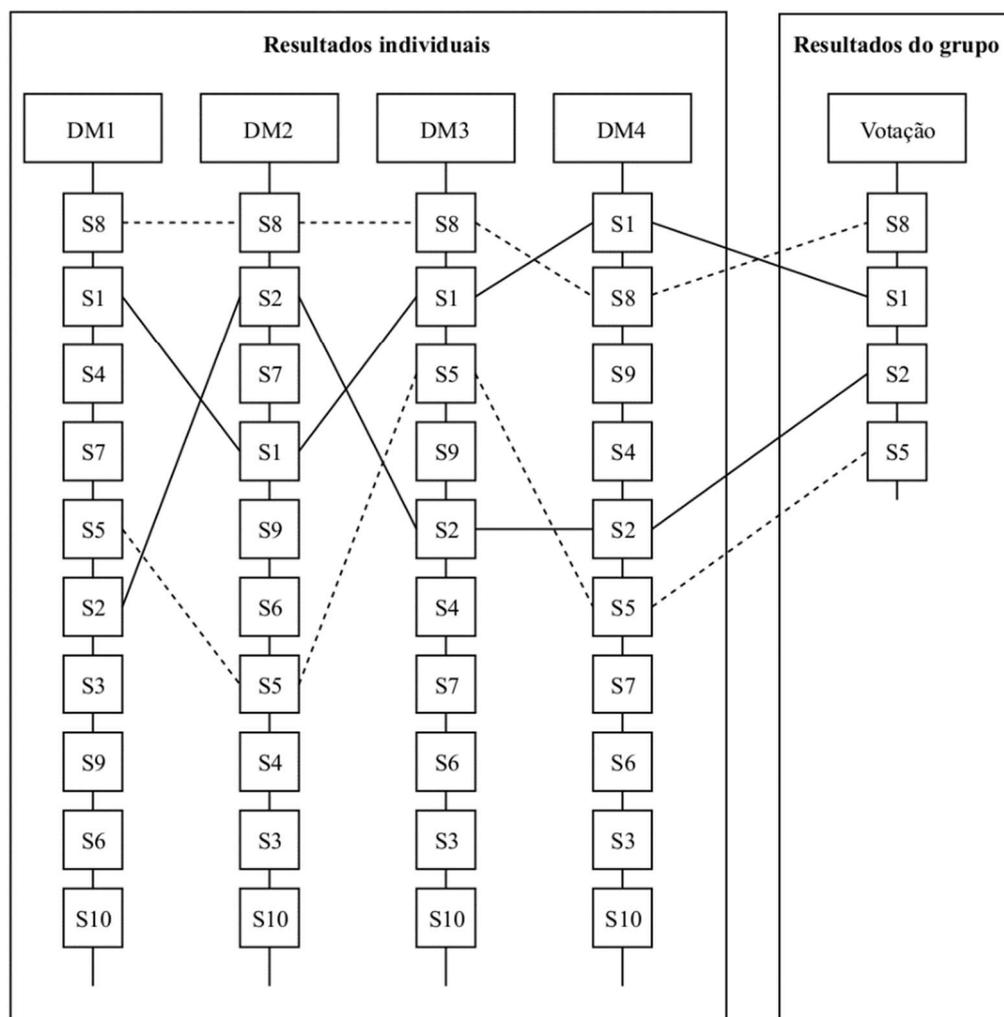
3.4.1 Discussão dos resultados

A aplicação do modelo permitiu que uma ordenação de alternativas fosse construída de modo a ser utilizada no processo de seleção do fornecedor. Para tanto, foram consideradas as avaliações feitas por quatro decisores de diferentes perfis, o que sugere que suas avaliações tinham objetivos diferentes. Neste tipo de situação, conflitos podem surgir entre os decisores envolvidos no processo de decisão, levando a diversos problemas no processo de gestão. Além

disso, quando o processo de seleção não é adequadamente estruturado, fatores subjetivos, como empatia e experiência de negociação, podem influenciar a tomada de decisão, o que pode levar a resultados indesejáveis. Neste sentido, a utilização de ferramentas de apoio à tomada de decisão surge como importante fator para minimização de conflitos durante o processo decisório. O modelo proposto considera a avaliação realizada por cada um dos decisores envolvidos e chega, de forma bastante transparente, à melhor solução para o grupo. Conseqüentemente, minimiza-se o remorso dos decisores, aumentando assim a aceitação dos resultados obtidos no processo de tomada de decisão.

Quanto aos resultados obtidos pela aplicação numérica, os *rankings* individuais, apresentados na Tabela 15, foram comparados com o *ranking* final do grupo, como apresentados na Tabela 21. Os resultados obtidos são expostos na Figura 8.

Figura 8 - Comparação de resultados individuais e de grupo



Como mostrado na Figura 8, os fornecedores S8 e S1 tiveram um melhor desempenho do que os demais, a partir do procedimento de votação dos quartis foi aplicado. O fornecedor S8 é avaliado como a melhor opção por três dos quatro decisores, sendo o vencedor no procedimento de votação de quartis. O fornecedor S1, por sua vez, avaliado na segunda posição do *ranking* do grupo, apresentou desempenho bastante satisfatório para os decisores individualmente, sendo, inclusive, avaliado como o melhor por um deles. Um potencial conflito pode surgir com este decisor, já que ele considera S1 como o melhor do que S8. Tal conflito, entretanto, pode ser minimizado devido ao fato de que este decisor avaliou S8 como o segundo maior fornecedor em sua avaliação. Nas outras posições, outras possibilidades de potenciais conflitos entre os decisores são perceptíveis. Vale ressaltar, por exemplo, que os fornecedores S7 e S9 estão classificados entre as 4 melhores posições por dois decisores. No entanto, o resultado do procedimento de votação atribuiu o terceiro e quarto lugares a S2 e S5. Tal situação ocorre, pois, S7 e S9 surgem em posições inferiores nos *rankings* dos outros dois decisores, o que, conseqüentemente, levou esses fornecedores a serem superados por S2 e S5, que todos os decisores consideraram ter um desempenho mais consistente.

Em relação aos procedimentos de votação, não houve alterações significativas das primeiras posições. No entanto, dependendo do procedimento selecionado, houveram mudanças nas outras posições. Assim, os decisores devem escolher o procedimento mais adequado com muito cuidado para entender as características de cada procedimento. Em relação ao procedimento de votação por quartis, destaca-se seu potencial para trabalhar com maiores números de alternativas. A realização das etapas de filtragem ajuda a reduzir o número total de alternativas, o que pode facilitar bastante a análise quando o número de alternativas é alto.

Na seção seguinte, são apresentadas considerações finais do capítulo, destacando-se os resultados obtidos e como eles podem ser utilizados.

3.5 Considerações finais do capítulo

A atividade de seleção de fornecedores tem um impacto significativo no sucesso de toda a cadeia de suprimentos. Na indústria de petróleo e gás, não é diferente. Para uma empresa que deve seguir procedimentos expressos em legislação e normas internas, o processo de seleção de fornecedores se torna ainda mais complexo. Para apoiar a resolução deste problema, foi proposto um modelo de apoio à tomada de decisão em grupo para seleção de fornecedores. O modelo é composto por fases consecutivas e visa facilitar o processo de tomada de decisão na seleção de fornecedores, atendendo às diferentes demandas das diversas áreas da empresa. Usando uma abordagem de agregação para as escolhas dos decisores, o modelo apresenta

relativa flexibilidade, permitindo que cada decisor realize sua própria avaliação, considerando critérios, parâmetros, pesos e diferentes métodos. Assim, minimiza-se a necessidade de consenso durante os processos de avaliações individuais, o que pode agilizar o processo como um todo. Com base nos *rankings* gerados pelos decisores, propõe-se o uso de um procedimento de votação para agregar as opiniões dos indivíduos em um grupo de tomada de decisão. A aplicação do procedimento de votação por quartis foi realizada neste caso e mostrou-se muito útil na resolução deste tipo de problema.

A aplicabilidade do modelo foi demonstrada a partir de uma aplicação numérica, compatível com o problema do mundo real enfrentado pela organização. Ao combinar os resultados da análise individual do método PROMETHEE II com o procedimento de votação por quartis, as preferências individuais puderam ser agregadas em um resultado representativo do grupo, produzindo um *ranking* de fornecedores. Os resultados apresentaram-se como satisfatórios, demonstrando que é possível aplicar o modelo a um contexto com mais decisores envolvidos e alternativas adicionais. Além disso, a empresa pode padronizar as escalas utilizadas em cada avaliação, o que garantiria mais estabilidade para revisões intracritérios. Há também a oportunidade de documentar todo o processo de avaliação, permitindo que a empresa identifique qual ator realizou a avaliação e por que uma determinada alternativa atingiu o respectivo desempenho. Esse procedimento traria mais transparência ao processo de seleção de fornecedores e aos requisitos exigidos pelos acionistas da organização, além de desestimular os funcionários da empresa a se engajar em comportamentos incorretos.

Foram identificadas algumas limitações quanto ao estudo de caso. Inicialmente, não foram obtidos detalhes de como o processo é realizado atualmente, especificamente como os critérios são avaliados. Assim, não foi possível identificar quais escalas são utilizadas para cada critério. Também não foi possível identificar como os cálculos para definição dos vencedores são realizados. Outra limitação envolve não ter sido possível realizar a aplicação numérica para um caso real, não sendo possível comparar o resultado obtido com o modelo com o resultado do processo de seleção real.

No capítulo a seguir é apresentado o modelo de apoio à tomada de decisão para compras públicas, com suporte à negociação automatizada.

4 MODELO DE APOIO À DECISÃO BASEADO EM AGENTES DE SOFTWARE PARA COMPRAS PÚBLICAS NO BRASIL

O processo de seleção de fornecedores para organizações do setor público apresenta-se como uma atividade bastante complexa por combinar a consideração de múltiplos critérios com a necessidade de transparência e isonomia. Além de buscar selecionar o melhor fornecedor tecnicamente, existem diversos fatores que devem ser levados em consideração e, a maneira como tal processo é avaliado apresenta-se como bastante problemática. Tal ambiente acaba sendo foco de inúmeros comportamentos corruptos, conforme constantemente relatado pela imprensa no País. Assim, torna-se cada vez mais importante a realização de ações que tornem o processo de compras públicas mais confiável, fazendo melhores escolhas e garantindo uma maior transparência do processo.

Neste sentido, conforme apresentado em Gonçalo e Morais (2018b), propõe-se um modelo de apoio a decisão e negociação, baseado em agentes de software, para apoiar o processo de compras públicas no Brasil, especificamente focando-se no mecanismo de pregão eletrônico. Para tanto, o panorama do processo de compras públicas no País é discutido, de modo a se compreender o ambiente no qual ocorrem as negociações e o processo de seleção. A modalidade de pregão eletrônico, a partir da qual o Poder Público realiza aquisições em um contexto de compras eletrônicas, foi analisada com maior detalhamento. Em seguida é apresentado o modelo de apoio à tomada de decisão, composto por uma série de etapas, e que inclui atividades de negociação automática entre o comprador (Poder Público) e os fornecedores potenciais. A partir do modelo, é proposta a arquitetura do sistema de multiagentes, bem como o protocolo de negociação a ser seguido. O modelo matemático é, então, apresentado, incluindo a forma como é mensurado o valor da alternativa, regras de aceitação e de geração de contrapropostas, com o objetivo de delimitar a participação do ser humano no processo de negociação à definição de parâmetros, reduzindo a participação direta no processo de barganha. Em seguida, é apresentada aplicação numérica do modelo, buscando-se identificar as potenciais vantagens e desvantagens da aplicação do modelo.

A seguir é apresentado panorama do processo de compras públicas no Brasil, destacando-se os principais pontos definidos na legislação de licitações no País.

4.1 Panorama das compras públicas no Brasil

No que se refere ao processo de compras públicas no Brasil, a lei 8.666 de 21 de Junho de 1993 dispõe das normas para licitações e contratos firmados pela Administração Pública

brasileira, seja ela federal, estadual ou municipal. A lei deixa clara a importância de se preservar o caráter competitivo da seleção de empresas que forneçam para a Administração Pública. Busca-se garantir a publicidade total do processo licitatório. Estabelece-se, ainda, a prioridade para produtos e serviços nacionais, empresas que atendam critérios de responsabilidade social, microempresas e empresas de pequeno porte. Para tanto é estabelecida uma margem de 25% sobre o preço dos produtos e serviços estrangeiros.

A respectiva lei estabelece critérios para a realização de compras de diversos tipos, que incluem:

- Execução de obras e prestação de serviços;
- Serviços técnicos profissionais especializados;
- Compras; e
- Alienações.

Para a realização deste estudo optou-se por atuar na área de compras realizadas pelas organizações públicas. A lei estabeleceu cinco modalidades de licitação, que são alocadas a cada tipo de contratação de acordo com o valor estimado de contratação:

- Concorrência, para contratações acima de R\$ 650.000;
- Tomada de preços, para contratações de até R\$ 650.000;
- Convite, para contratações de até R\$ 80.000;
- Concurso; e
- Leilão.

Posteriormente foram acrescentados mais dois tipos:

- Pregão; e
- Pregão eletrônico.

Para tais efeitos de avaliação das propostas, constituem-se tipos de licitação, exceto na modalidade concurso:

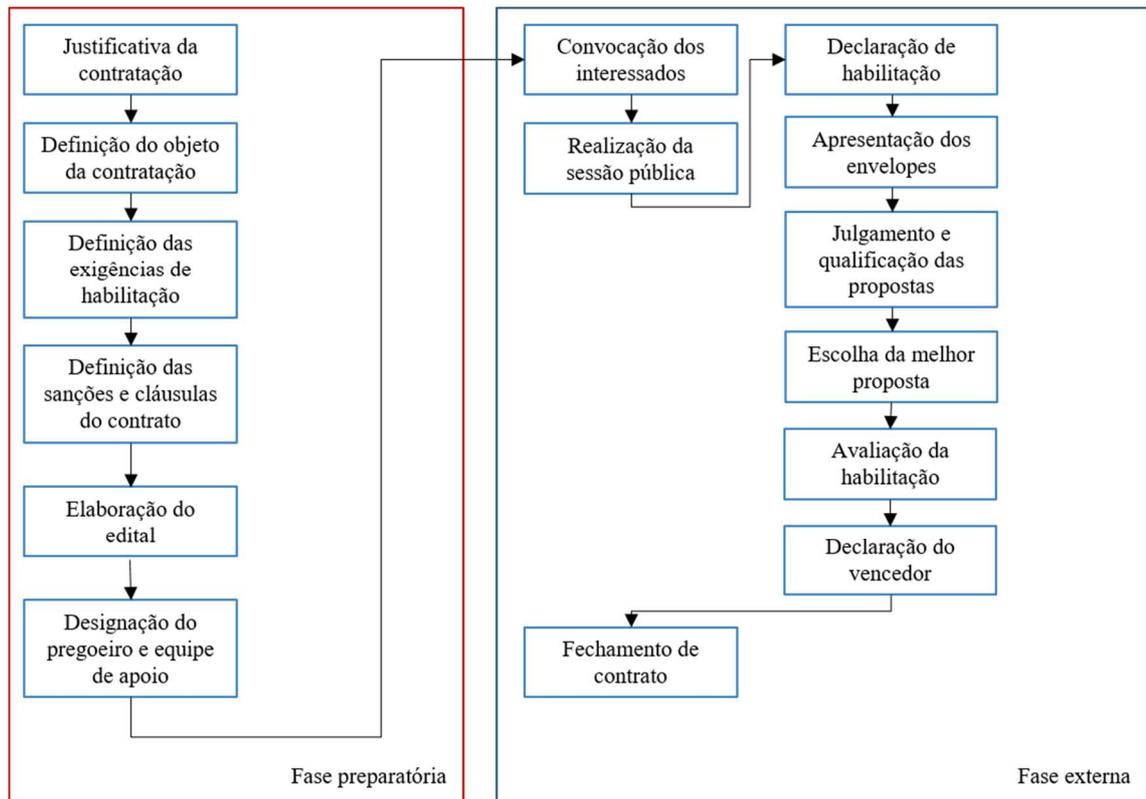
- A de menor preço, desde que se obedeça às especificações do edital ou convite;
- A de melhor técnica;
- A de técnica e preço;
- A de maior lance ou oferta, para o caso de alienação e concessão de bens.
- No caso de empate, deve-se realizar um sorteio público.

Dentre as modalidades de licitação, o foco deste estudo envolve a modalidade de “pregão” e sua variante “pregão eletrônico”. A modalidade de pregão foi instituída através da Lei 10.520 de 17 de Julho de 2002. Segundo a legislação, tal modalidade foi criada para a aquisição dos chamados “bens e serviços comuns”. Neste contexto, consideram-se bens e serviços comuns aqueles cujos padrões de desempenho e qualidade possam ser definidos pelo edital, por meio de especificações usuais no mercado. Na lei também é prevista a realização de pregão através de meio eletrônico, também chamado de pregão eletrônico. Segundo Almeida e Sano (2018), enquanto nas demais modalidades o operador de compras deve verificar primeiramente a documentação de todas as empresas candidatas para somente depois verificar todas as propostas das empresas consideradas habilitadas, no pregão ocorre justamente o inverso: somente é analisada a documentação do fornecedor que ofertou o menor preço após uma disputa decrescente de preços. Para atingir esse intento, o pregão eletrônico é desenvolvido com apoio no Sistema Integrado de Administração de Serviços Gerais (SIASG) e comporta duas etapas distintas: a fase interna, que é realizada dentro da organização, e a fase externa, que ocorre por meio do Sistema de Compras Governamentais (SCG), em particular no site Compras Governamentais. Em cada uma dessas fases, uma sequência de procedimentos específicos, definidos de forma genérica pela legislação vigente, influencia diretamente a conclusão do processo de compras.

Segundo Faria et al. (2010), após a implantação do pregão eletrônico, foram abertas possibilidades inéditas de maior transparência, ampliação de oportunidades de participação e de competição e disseminação de mecanismos de controle gerenciais. Conforme Almeida e Sano (2018), de maneira geral, com o advento do pregão eletrônico, ocorreu uma maior celeridade dos processos de aquisições públicas, mas apenas em relação à fase externa dos processos. No entanto, o processo eletrônico de compras como um todo é reconhecido como um processo complexo e demorado em virtude de diversos fatores.

A Figura 9 apresenta as etapas para realização de processos na modalidade pregão:

Figura 9 - Procedimento da modalidade pregão



Fonte: Esta pesquisa (2018)

Inicialmente deve ser realizada a fase preparatória do pregão a autoridade demandante deve:

- Justificar a necessidade de contratação, definir o objeto do certame, as exigências de habilitação, os critérios de aceitação das propostas, as sanções por inadimplemento e as cláusulas do contrato;
- Elaboração e publicação do edital;
- Designar, dentre servidores do órgão ou entidade promotora da licitação, o pregoeiro e a respectiva equipe de apoio.

Em seguida dá-se a fase externa do pregão, onde ocorre a convocação dos interessados através de aviso em diário oficial e divulgação de edital. O aviso contém a definição do objeto da licitação, indicação do local, dias e horários para realização da sessão. No dia, local e horário designados, é realizada sessão pública para recebimento de propostas. Aberta a sessão, os interessados ou seus representantes, apresentam declaração dando ciência que cumprem as exigências de habilitação e entregam os envelopes contendo a indicação do objeto e do preço oferecidos, procedendo-se a abertura e verificação da conformidade das propostas;

No curso da sessão, o autor da oferta de valor mais baixo e os das ofertas com preços até 10% superior àquela poderão fazer novos lances verbais e sucessivos, até proclamação do vencedor. Não havendo pelo menos 3 (três) ofertas nestas condições, poderão os autores das melhores propostas, até no máximo 3, oferecer novos lances verbais e sucessivos, quaisquer que sejam os preços oferecidos.

Para julgamento e classificação das propostas, é adotado o critério de menor preço, observados os prazos máximos para fornecimento, especificações técnicas e parâmetros mínimos de desempenho e qualidade definidos em edital. Examinada a proposta avaliada em primeiro lugar, quanto ao objeto e ao valor, caberá ao pregoeiro decidir motivadamente a respeito de sua aceitabilidade.

Finalizada a etapa competitiva e ordenadas as ofertas, o pregoeiro analisa os documentos de habilitação do licitante que apresentou a melhor proposta, para verificar atendimento das condições fixadas em edital. Verificado o atendimento das exigências fixadas no edital, o licitante será declarado vencedor. Se a oferta não for aceitável ou se o licitante não atender às exigências de habilitação, o pregoeiro examinará as ofertas subsequentes e qualificação dos licitantes, na ordem de classificação, até que alguma atenda às exigências. Quando analisa a proposta do primeiro lugar, o pregoeiro poderá negociar diretamente com o proponente para que seja obtido preço menor.

Declarado o vencedor, qualquer licitante poderá manifestar imediata e motivadamente a intenção de recorrer, quando lhe será concedido o prazo de 3 (três) dias para apresentação das razões do recurso. Decididos os recursos, a autoridade competente fará a adjudicação do objeto da licitação ao licitante vencedor. Homologada a licitação pela autoridade competente, o adjudicatário será convocado para assinar o contrato no prazo definido em edital.

Posteriormente, em 31 de março de 2005, através do Decreto 5.450, foi regulamentado o pregão na forma eletrônica. Conforme o decreto, o pregão, na forma eletrônica, como modalidade de licitação do tipo menor preço, realiza-se quando a disputa pelo fornecimento de bens ou serviços comuns for feita à distância em sessão pública, por meio de sistema que promova a comunicação pela internet. O pregão deve ser utilizado na forma eletrônica, salvo nos casos de comprovada inviabilidade. As fases desempenhadas na modalidade de pregão eletrônico são as mesmas do pregão convencional. Entretanto, todo o processo de comunicação ocorre através de uma plataforma on-line. Desta forma, todos os envolvidos na sessão precisam de suas respectivas chaves de acesso e senhas para entrar no sistema. Iniciada a sessão on-line, o pregoeiro verifica as propostas apresentadas, desclassificando aquelas que não estão em conformidade com os requisitos do edital.

O sistema disponibiliza um campo próprio para troca de mensagens entre o pregoeiro e os licitantes. O sistema ordena, automaticamente, as propostas classificadas pelo pregoeiro, sendo que somente estas participarão da fase de lance. Classificadas as propostas, o pregoeiro dará início à fase competitiva, quando então os licitantes poderão encaminhar lances exclusivamente por meio do sistema eletrônico. Durante a sessão pública, os licitantes serão informados, em tempo real, do valor do menor lance registrado. A etapa de lances da sessão pública será encerrada por decisão do pregoeiro. Após o encerramento da etapa de lances da sessão pública, o pregoeiro poderá encaminhar, pelo sistema eletrônico, contraproposta ao licitante que tenha apresentado lance mais vantajoso, para que seja obtida melhor proposta, observado o critério de julgamento, não se admitindo negociar condições diferentes daquelas previstas no edital.

No que se refere ao pregoeiro e a equipe de apoio, os mesmos devem ser compostos por servidores da administração pública ou entidade promotora da licitação. A designação do pregoeiro, a critério da autoridade competente, poderá ocorrer para período de um ano, admitindo-se reconduções, ou para licitação específica. Somente poderá exercer a função de pregoeiro o servidor ou o militar que reúna qualificação profissional e perfil adequados, aferidos pela autoridade competente.

Desta forma, cabe ao pregoeiro, em especial:

- Coordenar o processo licitatório;
- Receber, examinar e decidir as impugnações e consultas ao edital;
- Conduzir a sessão pública na internet;
- Verificar a conformidade da proposta com os requisitos estabelecidos no instrumento convocatório;
- Dirigir a etapa de lances;
- Verificar e julgar as condições de habilitação;
- Receber, examinar e decidir os recursos;
- Indicar o vencedor do certame;
- Adjudicar o objeto, quando não houver recurso;
- Conduzir os trabalhos da equipe de apoio; e
- Encaminhar o processo devidamente instruído à autoridade superior e propor a homologação.

Neste contexto, observa-se que há forte dependência do trabalho do pregoeiro, tanto no pregão, quanto no pregão eletrônico. Entretanto, a participação de uma pessoa como mediadora

do processo pode ser considerada como um risco ao processo de seleção. Soma-se a isso o fato da escolha do fornecedor ser baseada apenas em considerações de “menor preço”. Neste caso, os demais fatores são comparados com os requisitos mínimos lançados em edital, não permitindo negociações mais abrangentes envolvendo outros fatores, não só o preço. Assim, de modo a se melhorar o processo de seleção, buscando um aumento dos benefícios para a Administração Pública, através da escolha do melhor fornecedor.

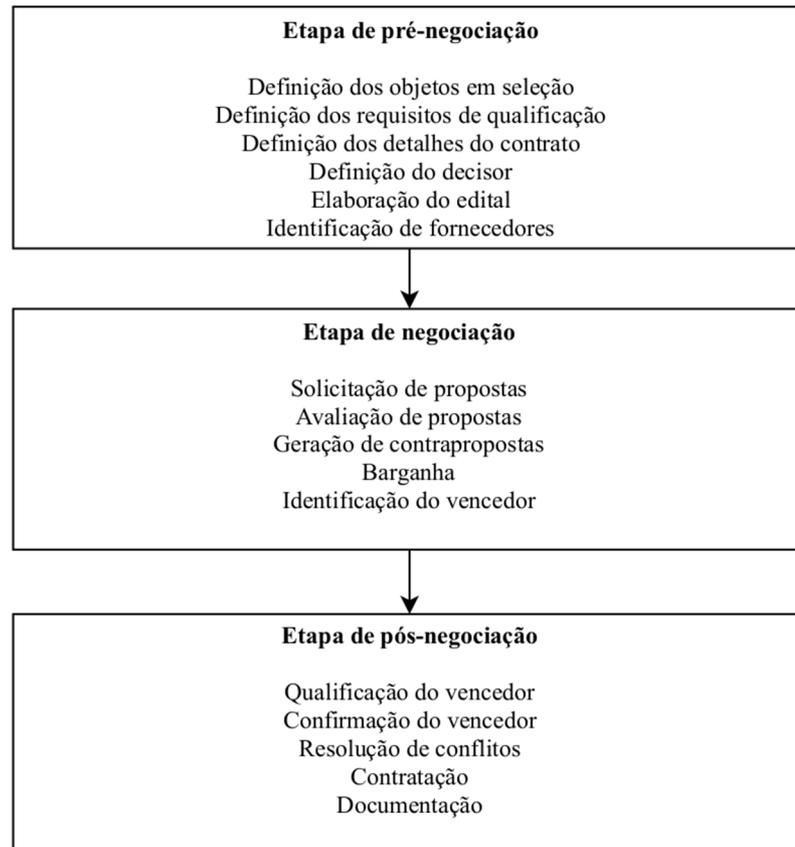
Na seção a seguir é apresentado o modelo baseado em agentes de software para compras públicas no contexto brasileiro.

4.2 Modelo baseado em agentes para compras públicas no Brasil

O modelo proposto é adaptado para o processo de contratação pública eletrônica, especificamente considerando compras comuns de bens e serviços no Brasil. Este tipo de compra é realizado várias vezes ao longo do ano, para cada tipo de produto ou serviço exigido, e envolve um número muito grande de fornecedores localizados em várias regiões do país. Uma vez que o Brasil tem sua própria legislação de contratos públicos, a aplicação do modelo proposto depende do regulamento do Congresso Nacional. Assim, a proposta modelo foi elaborada de forma a tornar-se mais plausível adaptar-se à legislação. Os meios eletrônicos já utilizados para a realização de negociações eletrônicas foram considerados como um ponto de partida. Assim, o modelo propõe que o papel desempenhado pelo leiloeiro seja realizado automaticamente por meio de agentes inteligentes. A ideia envolve propor que o papel de comunicação, negociação e escolha do melhor fornecedor seja realizada automaticamente, por intermédio de um sistema de agentes de software.

O modelo proposto se concentra no ponto de vista do comprador, que pode ser usado para automatizar o processo de negociação para as entidades públicas, mas também é possível usar a mesma dinâmica para os fornecedores. Desta maneira, caso seja do interesse do comprador, o mesmo pode desenvolver sistema semelhante para participar do processo de negociação. Entende-se, entretanto, que tal investimento pode não ser necessário, uma vez que o número total de negociações a serem realizadas pelos compradores é bem inferior ao total de negociações, muitas vezes em paralelo, realizadas pelo comprador. O modelo é composto por três macro fases, conforme apresentado na Figura 10.

Figura 10 - Modelo de negociação e seleção de fornecedores no contexto da contratação pública

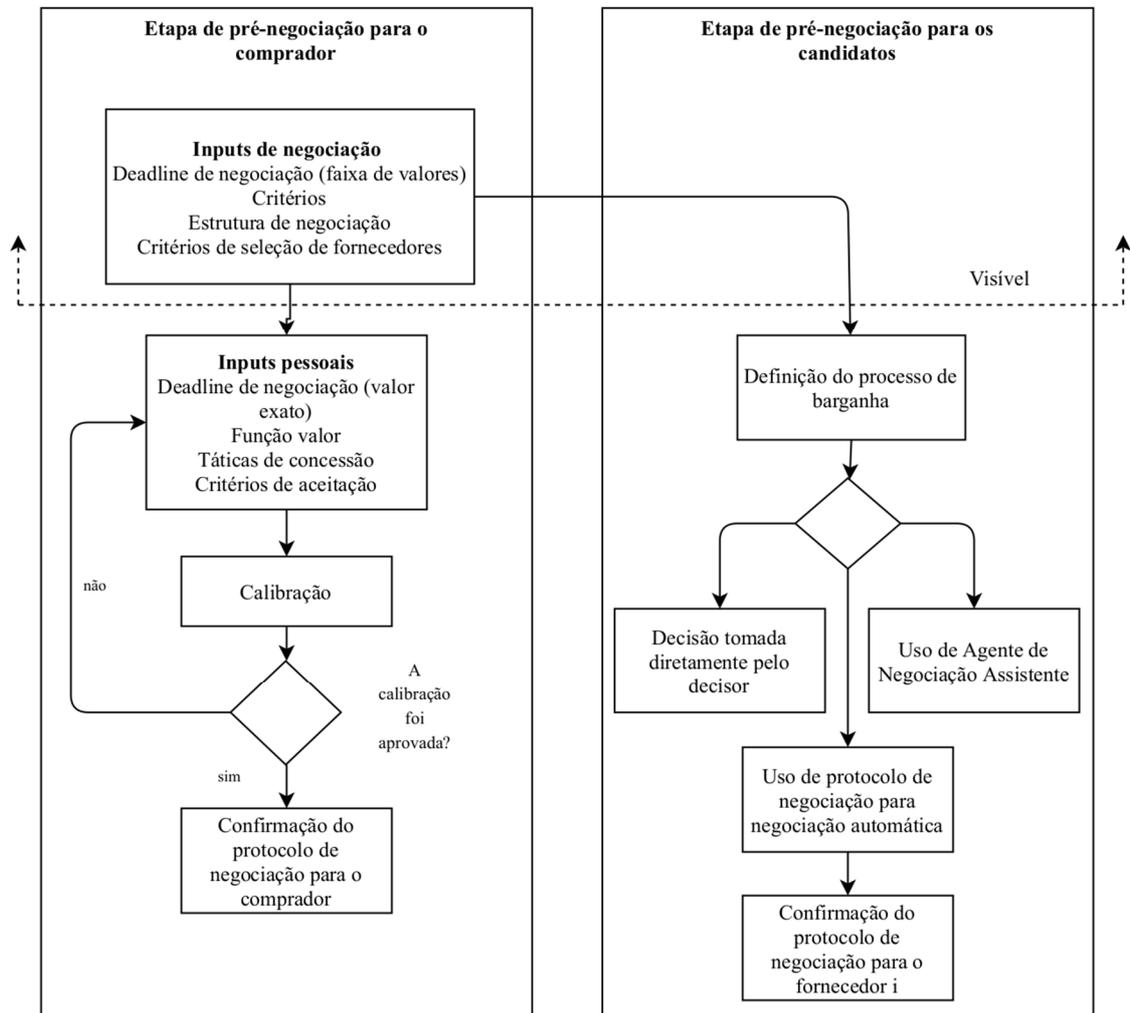


Fonte: Esta pesquisa (2018)

O modelo se inicia com as atividades de pré-negociação, realizadas com o objetivo de se preparar o processo para as atividades de barganha. Dentre as atividades preparatórias encontram-se as definições de objeto em negociação, decisores envolvidos, detalhes do contrato e preparação do edital de divulgação do certame. A seguir ocorrem as atividades de negociação propriamente dita, onde há troca de propostas entre as partes e atividades de barganha. Uma vez identificado o vencedor, finaliza-se a fase de negociação e procede-se com a etapa de pós-negociação, onde o fornecedor é avaliado e segue-se com a contratação e documentação dos resultados do processo.

Durante o processo de pré-negociação ocorre a definição dos principais parâmetros para a realização das negociações automáticas, conforme apresentado na Figura 11.

Figura 11 - Processo de pré-negociação no modelo baseado em agentes



Fonte: Esta pesquisa (2018)

Inicialmente, os decisores que participarão do processo de seleção devem ser definidos. Eles deverão representar os anseios dos usuários finais do item a ser adquirido, podendo ser representados diretamente pelos mesmos ou representantes indicados por eles. Estes representantes irão participar do processo de definição dos parâmetros do modelo proposto. Em seguida, o produto ou serviço a ser comprado deve ser especificado e deve ter sua compra justificada. Os decisores devem definir os requisitos de qualificação que os produtos devem atender antes de serem aceitos. É importante que o órgão comprador organize tal processo, de modo a se garantir que os parâmetros estabelecidos sejam adequados às preferências dos usuários. Assim, devem ser realizados treinamentos junto à equipe de decisores, de modo a se garantir que eles entendam o significado dos parâmetros que estão sendo definidos. Ainda na fase de pré-negociação, o concurso público deve ser preparado e o edital deve ser divulgado

publicamente. No edital devem estar disponíveis todas as informações sobre como ocorrerá o processo de negociação, escolha do vencedor e atividades posteriores, incluindo as informações principais do contrato. Neste momento, os possíveis interessados em atender à demanda devem se manifestar e se cadastrar para participar do processo de licitação.

As atividades de pré-negociação apresentadas podem ser realizadas pelo comprador ou, até mesmo, pelos fornecedores, a depender do interesse dos mesmos em participar do processo. A equipe de decisores do comprador deve definir as entradas de negociação, ou seja, os parâmetros que serão considerados pelo sistema de multiagentes no processo de negociação, incluindo a definição de:

- Intervalos de valores para o prazo de negociação;
- Atributos que serão considerados na proposta e que serão convertidos em critérios de negociação; e
- Critérios que serão utilizados para selecionar o vencedor.

Tais informações podem, e devem, ser divulgadas publicamente antes que as interações com os fornecedores sejam iniciadas, de modo que todos saibam em que contexto ocorrerão as negociações e quais os critérios de aceitação. O valor exato do prazo de negociação do comprador não deve ser divulgado publicamente para evitar que seja explorado pelos fornecedores.

Em seguida, o comprador deve definir entradas pessoais, ou particulares, que pode incluir:

- Prazo de negociação, levando em consideração quanto tempo o comprador concorda em estender a negociação;
- Função de utilidade do comprador, para avaliar o valor de cada proposta recebida e as contrapropostas enviadas aos fornecedores;
- Táticas de concessão, a fim de definir como as concessões devem ocorrer; e
- Critério de aceitação para as propostas, representando o momento em que uma proposta apresentada por um fornecedor atendeu aos requisitos de aceitação propostos pelo comprador.

Tais informações não devem ser divulgadas publicamente antes do processo de negociação, pois podem ser utilizadas pelos fornecedores para explorar o comprador, aumentando suas próprias utilidades. Entretanto, após finalizado o processo de seleção, as mesmas devem ser divulgadas publicamente, juntamente com os resultados do processo de negociação e seleção de fornecedor. Ressalta-se que tais parâmetros poderiam ser utilizados pelos fornecedores em futuras licitações, para obter melhores propostas para o fornecedor, em

detrimento do comprador. Entretanto, destaca-se que os parâmetros devem ser adequados às necessidades do comprador para cada produto, não havendo a obrigatoriedade da adoção de parâmetros fixos. Assim, minimiza-se o potencial de exploração por parte dos fornecedores.

Finalizada a definição dos parâmetros, um procedimento de calibração deve ser realizado, a fim de avaliar se os mesmos são adequados às necessidades do comprador. Neste processo, devem ser realizadas simulações para se verificar se o comportamento da troca de propostas segue o previsto pelo comprador. Para tanto, pode ser criada uma plataforma onde os decisores possam testar os impactos que as variações nos parâmetros geram nos possíveis resultados do processo de barganha. Desta forma, pode-se verificar, por exemplo, as implicações que determinado valor para o prazo de negociação causam no andamento da negociação. No final do processo de calibração, o protocolo de negociação é gerado para o comprador, servindo para guiar todo o processo de negociação automática através dos agentes de software, sem necessitar de novos contatos com o usuário humano até o final do processo de barganha.

Os fornecedores, por sua vez, possuem várias outras possibilidades para participar do processo de negociação:

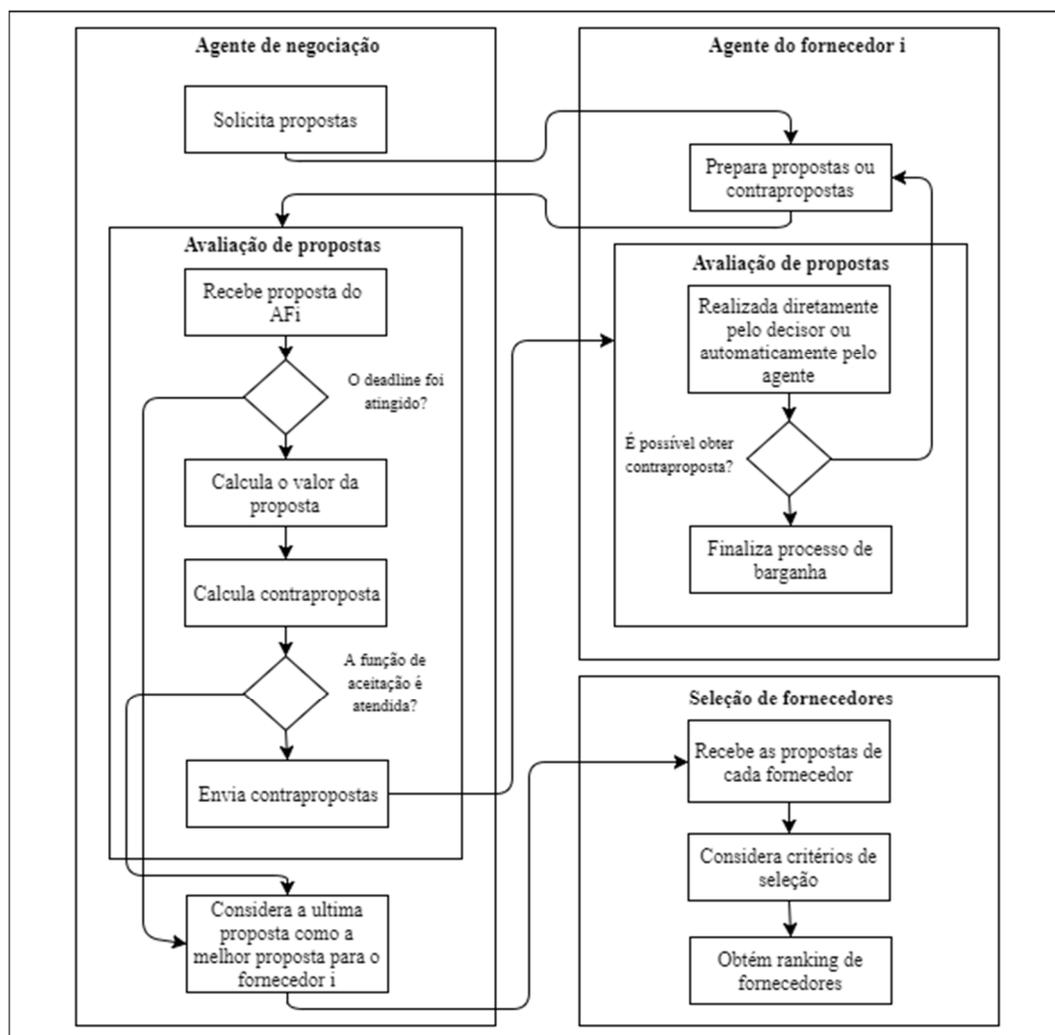
- Configurar e usar seu próprio protocolo de negociação, de maneira semelhante ao utilizado pelo o comprador;
- Realizar avaliação de proposta e geração de contrapropostas diretamente, sem o suporte de qualquer SSN; ou
- Utilizar um AAN para apoiar a negociação pelo tomador de decisão, atuando como analista ou especialista.

Desta forma, cada fornecedor pode fazer sua escolha com base em sua estratégia para o processo de licitação, restrições financeiras ou participação em poucas negociações. No entanto, independentemente da escolha do fornecedor, o processo de negociação e seleção para o comprador permanece o mesmo. Isso ocorre porque a forma como o fornecedor avalia as propostas e gera as contrapropostas não interfere nas atividades realizadas no modelo proposto.

Em seguida, vem a fase de negociação, que começa com a solicitação de propostas de fornecedores. As propostas são então avaliadas e as contrapropostas são geradas por sua vez. Em seguida, o processo de negociação multilateral é iniciado e dura até que a melhor proposta de cada fornecedor seja obtida como mostrado na Figura 12. Finalmente, a etapa pós-negociação deve ser realizada onde, com base na melhor proposta de cada fornecedor, o vencedor é escolhido. Se a proposta atender aos requisitos mínimos de qualificação, definidos na fase de preparação, a contratação é realizada. Os conflitos que podem surgir durante o

processo de negociação também podem ser resolvidos nesta fase. Os dados gerados durante o processo de negociação e seleção devem ser arquivados para garantir transparência no processo.

Figura 12 - Procedimento para negociação e seleção de fornecedores na sessão de contratos públicos



Fonte: Esta pesquisa (2018)

No procedimento de negociação e seleção de fornecedores apresentado na Figura 9, o leiloeiro primeiro solicita a proposta inicial de cada um dos fornecedores. Eles preparam e apresentam as propostas e, em seguida, a fase de barganha ocorre. Nesta fase, há uma troca de propostas e contrapropostas entre o comprador e cada um dos fornecedores até que o prazo seja atingido ou as condições de aceitação dos compradores sejam atendidas. Em cada rodada, a proposta enviada pelo fornecedor é avaliada e uma contraproposta é calculada em nome do comprador. Uma vez que a negociação termina, a melhor proposta de cada fornecedor é considerada e o *ranking* dos fornecedores é obtido. Este é usado como ponto de partida para a

próxima etapa que envolve a análise do cumprimento dos pré-requisitos para participação no processo de negociação. Conseqüentemente, se surgirem problemas com o fornecedor com a melhor proposta, o fornecedor e a proposta em segundo lugar são o local selecionado e assim por diante.

Para operacionalizar a negociação e seleção de fornecedores, propõe-se um modelo multiagente. Primeiro, é apresentada a arquitetura do sistema, que inclui a designação dos agentes de software e suas respectivas descrições. Desta forma, são propostos quatro tipos de agentes que serão utilizados no processo de negociação inteligente. A Tabela 23 apresenta os agentes e suas respectivas funções.

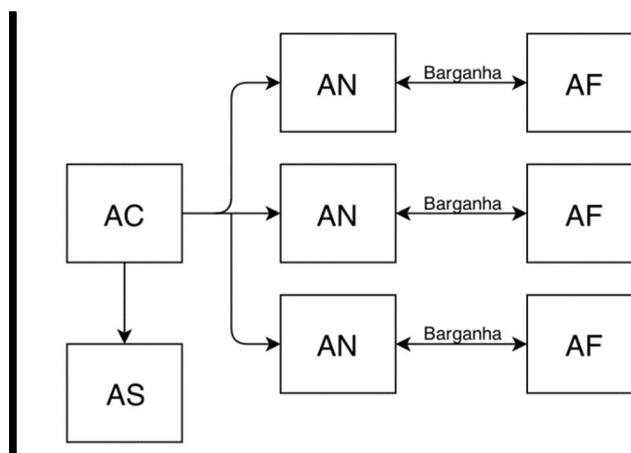
Tabela 23 - Agentes propostos para o modelo de seleção e negociação de fornecedores

<i>Cod.</i>	<i>Nome</i>	<i>Atividades</i>
<i>AN</i>	<i>Agente de Negociação</i>	<i>Representa o comprador no processo de barganha.</i>
<i>AF</i>	<i>Agente do fornecedor</i>	<i>Representa os fornecedores candidatos no processo de barganha.</i>
<i>AC</i>	<i>Agente de coordenação</i>	<i>Controla a interação entre os outros agentes; Cria as instâncias dos Agentes de Negociação; Configura as estratégias de negociação para cada Agente de Negociação.</i>
<i>AS</i>	<i>Agente de seleção</i>	<i>Seleciona o fornecedor apropriado para cada item em negociação, a partir do resultado do processo de barganha.</i>

Fonte: Esta pesquisa (2018)

A partir das atividades desempenhadas pelos agentes de software, todo o processo de negociação automática é realizado. Para tanto, é necessária interação entre eles, conforme apresentado na Figura 13.

Figura 13 - Arquitetura preliminar para o sistema multiagentes

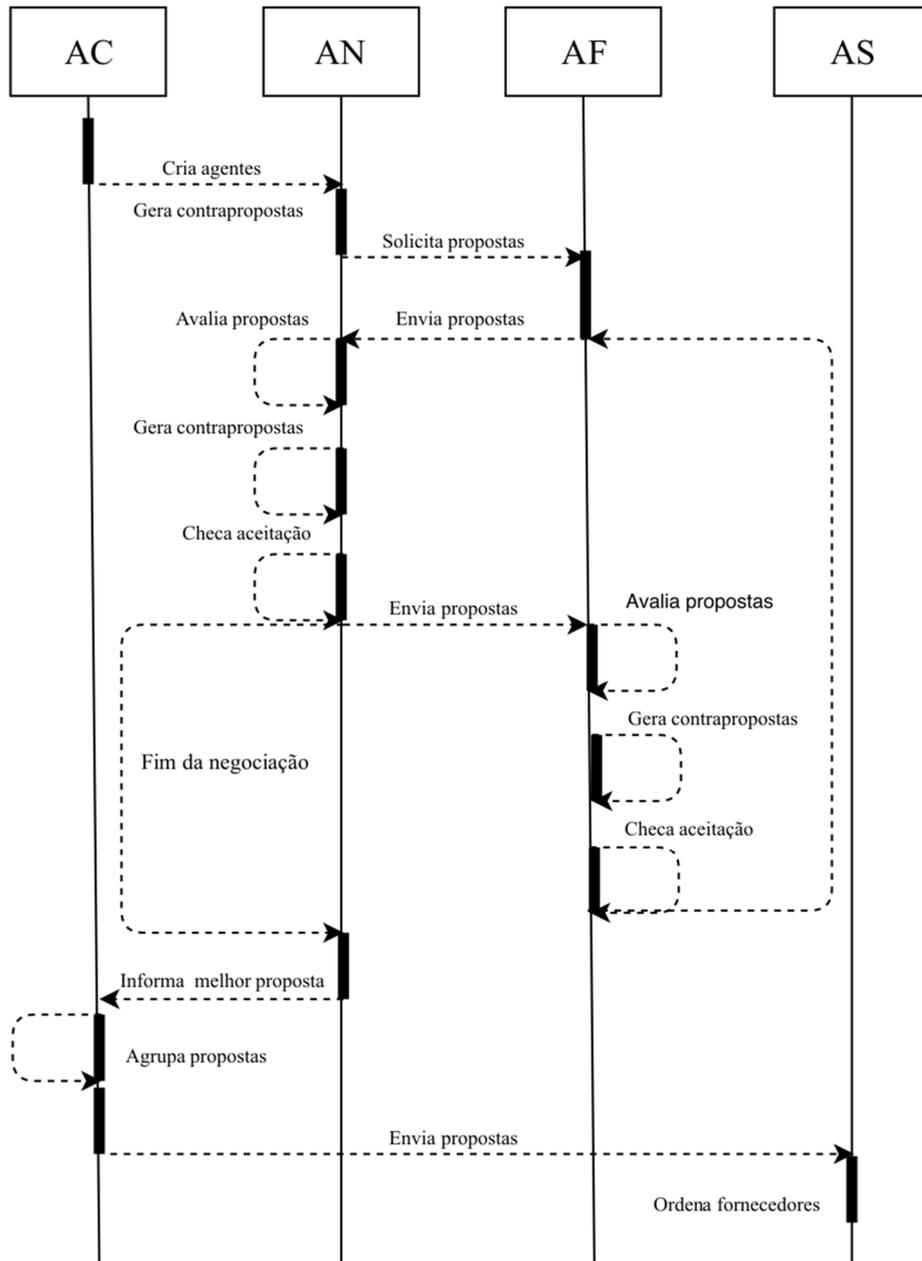


Fonte: Esta pesquisa (2018)

Conforme destacado no procedimento apresentado na Figura 13, o processo de troca de propostas começa quando a AC cria as instâncias de negociação através dos ANs. Esses agentes de software recebem as propostas transmitidas pelas AFs, de acordo com as especificações de cada candidato ao fornecedor. Então, o processo de negociação multilateral ocorre. As propostas enviadas por cada AF são avaliadas e comparadas com a melhor proposta atual. Depois de alcançar a melhor proposta para cada candidato, ou chegar ao prazo de negociação, as propostas finais são encaminhadas para a AS. Este agente faz a seleção indicando uma ordem de preferência para as ofertas oferecidas por cada fornecedor potencial. Em seguida, o protocolo de negociação para seleção de fornecedores é apresentado na Figura 14, com base no procedimento e na arquitetura multiagente proposta. O protocolo indica o fluxo de informações entre agentes de software durante o processo de seleção do fornecedor.

De acordo com a Figura 14, após a geração das instâncias ANs, que representam o comprador no processo de negociação multilateral, inicia-se a troca de propostas e contrapropostas ocorre até atingir um certo valor mínimo de aceitação ou o prazo de negociação. Em cada rodada, o AC avalia propostas, gera contrapropostas e verifica se a última proposta atende aos critérios de aceitabilidade. Após o processo de barganha, os ACs informam as propostas finais obtidas da negociação multilateral com cada um dos candidatos vendedores. Deve-se notar que existe a possibilidade de conduzir a negociação com base na melhor proposta atual para o item que está sendo vendido. A partir destes dados, o AS compara as pontuações obtidas pela melhor proposta de cada fornecedor, e indica aquele com melhor desempenho. Assim, podem ser considerados critérios qualitativos e quantitativos, tornando a análise mais abrangente.

Figura 14 - Protocolo de negociação para seleção de fornecedores



Fonte: Esta pesquisa (2018)

O modelo matemático para realizar o processo de negociação e seleção de fornecedores no contexto de contratos públicos no Brasil é apresentado a seguir.

4.2.1 Elementos computacionais para o modelo de negociação e seleção de fornecedor

O modelo matemático proposto é adaptado a partir das propostas de Faratin, Sierra e Jennings (1998) e Yu e Wong (2015), considerando o contexto de contratos públicos no Brasil. O modelo computacional é apresentado no algoritmo abaixo:

Algoritmo Modelo baseado em agentes para compras públicas

Definição de parâmetros iniciais

Início

Início para fornecedor f_i

Recebe de proposta, $Pro = \langle L, I_1, \dots, I_k, \dots, I_K \rangle$.

Calcula valor da proposta, $U(Pro) = \sum_{k=1}^k w_k v_k(I_k)$.

Se $U(Pro_f^t) \geq U_{min}^c$ e $U(Pro_f^t) \geq U(Pro_c^{t+1})$, aceitar proposta.

Senão gerar contraproposta.

Repete até aceitação da proposta ou $t = t_{max}$.

Registrar melhor proposta de f_i .

Fim para fornecedor f_i

Repete para outros fornecedores f_k .

Escolhe fornecedor com $U(Pro_{fk}^t)$ máximo.

Fim

Conforme apresentado no algoritmo, são realizadas negociações em paralelo entre o agente do comprador com o agente de cada um dos fornecedores. Ao final de cada negociação, por atendimento ao critério de aceitação ou por atingimento do prazo final de negociação, a melhor proposta de cada fornecedor é registrada. As propostas são, então, comparadas, sendo apontada como vencedora a proposta com maior utilidade para o comprador.

Supondo que o comprador tenha divulgado anteriormente os critérios ou atributos considerados para o processo de seleção, uma proposta apresentada e suas respectivas contrapropostas são compostas por alguns aspectos, conforme apresentado na Equação 4.1.

$$Pro = \langle L, I_1, \dots, I_k, \dots, I_K \rangle \quad (4.1)$$

Na Equação 4.1, o componente L representa o código de licitação ao qual o fornecedor se refere em suas propostas. Os atributos I_k , por sua vez, apresentam os valores da proposta dos

atributos de negociação definidos acima. K diferentes atributos podem ser definidos para quais valores específicos podem ser negociados.

Uma vez iniciado o processo de seleção, as propostas iniciais dos candidatos a fornecedor podem ser geradas. Em seguida, inicia-se a negociação e troca de propostas entre os agentes do comprador e dos fornecedores. Uma vez que o comprador recebe propostas de fornecedores, o valor de cada uma delas deve ser calculado, de modo a ser possível comparar os valores das propostas umas com as outras. Neste contexto, métodos de apoio à decisão multicritério podem ser utilizados para se encontrar o escore de cada proposta. Para o modelo, é proposto o uso do método SMARTER (*SMART Exploit Ranks*), proposto por Edwards e Barron (1994), juntamente com o método SMARTS (*SMART using Swings*) como um derivado do método SMART (*Simple Multiattribute Rating Technique*). Segundo os autores, trata-se de um método fácil interpretação que permite um trade-off vantajoso entre erro de modelagem e erro de elicitação de preferências. O método escolhido apresenta uma aplicação relativamente simples, que pode facilitar a implementação em um ambiente altamente restrito, como o das compras públicas. Desta forma, as mudanças que precisam ser feitas são menos abruptas do que se fossem utilizados métodos mais complexos. Além disso, o SMARTER usa valores tabulados para medir os pesos dos critérios, o que pode ajudar a minimizar a subjetividade desta atividade, trazendo assim mais transparência ao processo. Salienta-se que outros métodos aditivos podem ser utilizados para definição do escore das propostas.

Conforme apresentado por Edwards e Barron (1994), o método SMARTER é caracterizado pelo uso de um modelo aditivo como uma função de utilidade conforme Equação 4.2.

$$U(\text{Pro}) = \sum_{k=1}^k w_k v_k(I_k) \quad (4.2)$$

Onde w_k representa a constante de escala, ou peso, para o atributo ou critério n e $v_k(I_k)$ representa a utilidade unidimensional da alternativa h para o atributo k . Os critérios podem assumir quatro formas possíveis:

- Maximização, quando maior o valor, melhor;
- Minimização, quando maior o valor, pior;
- Uma situação em que há um ponto de inflexão na maximização e minimização; e
- Uma situação em que a variação não ocorre linearmente.

Para estabelecer as utilidades unidimensionais para cada um dos atributos da proposta, é necessário normalizar os valores para cada atributo. A normalização é necessária porque os atributos de negociação podem ser tratados em escalas diferentes, como custo, tempo de entrega e qualidade, sendo este último qualitativo. Assim, para se obter uma função única de síntese, os desempenhos unidimensionais precisam estar em uma mesma escala. Para normalizar os valores para cada atributo, é proposta a Equação 4.3.

$$v_k(I_k) = \frac{I_k - \min I_k}{\max I_k - \min I_k} \quad (4.3)$$

Onde I_k representa o valor oferecido pelo atributo k na proposta do fornecedor potencial; $\min I_k$ representa o valor mínimo aceitável para o critério k , do ponto de vista do comprador; $\max I_k$ representa o valor máximo aceitável para o critério k . Para os atributos com minimização, uma transformação deve ser realizada conforme Equação 4.4.

$$v'_k(I_k) = 1 - v_k(I_k) \quad (4.4)$$

Assim, usando este procedimento de normalização, valores entre 0 e 1 são obtidos para cada valor de atributo, onde 0 corresponde ao valor de $\min I_k$ e 1 corresponde ao valor de $\max I_k$, definido pelo comprador. Desta forma, as utilidades unidimensionais podem ser interpretadas como uma porcentagem do intervalo de variação entre os valores mínimo e máximo aceitável para o comprador.

Em seguida, uma ordem de preferência deve ser estabelecida entre os atributos. Portanto, o comprador deve avaliar e classificar os atributos do mais ao menos importante. Para definir os pesos dos critérios ou atributos, Edwards e Barron (1994) propõem o uso de pesos ROC (*Rank Order Centroid*), inicialmente propostos por Barron e Barrett (1996). O método proposto estabelece os pesos dos critérios em uma forma tabulada, com base na ordem de importância que o tomador de decisão atribui a cada critério. Assim, de acordo com o número de critérios, os pesos são previamente especificados para o critério mais importante, então para o segundo critério mais importante e, assim, até o critério menos importante.

As abordagens apresentadas acima também podem ser adaptadas a critérios qualitativos. Assim, as escalas qualitativas para avaliação devem ser usadas e posteriormente convertidas em uma escala numérica de 0-1. Essas escalas devem ser definidas antes do início do processo de negociação e comunicadas aos potenciais fornecedores no edital. Esse procedimento é necessário para o comprador e os fornecedores negociarem usando as mesmas escalas para cada atributo.

Uma vez que a utilidade de cada proposta é avaliada, torna-se necessário estabelecer qual tática de concessão que o agente do comprador usará para gerar contrapropostas. Existem várias técnicas que podem ser usadas para realizar isso. De acordo com Faratin, Sierra e Jennings (1998), o decisor deve selecionar uma tática baseada em:

- Tempo;
- Recursos; e
- Propostas anteriores e contrapropostas, chamadas táticas imitativas.

Pode-se utilizar, ainda, uma combinação ponderada de diferentes táticas, atribuindo-se pesos de importância aos tipos de táticas utilizadas para a aplicação.

A tática baseada no tempo utiliza o tempo de negociação, representado pelo número de rodadas, para gerar as contrapropostas no ambiente de barganha. Assim, para uma rodada t , a taxa de concessão do comprador para o critério de negociação I_k pode ser definida de acordo com as Equações 4.5 e 4.6:

$$\alpha_k^c = b_k + (1 - b_k) \left(\frac{t - 1}{t_{max}} \right)^{1/\gamma} \quad \{0 < \gamma \leq 1\} \quad (4.5)$$

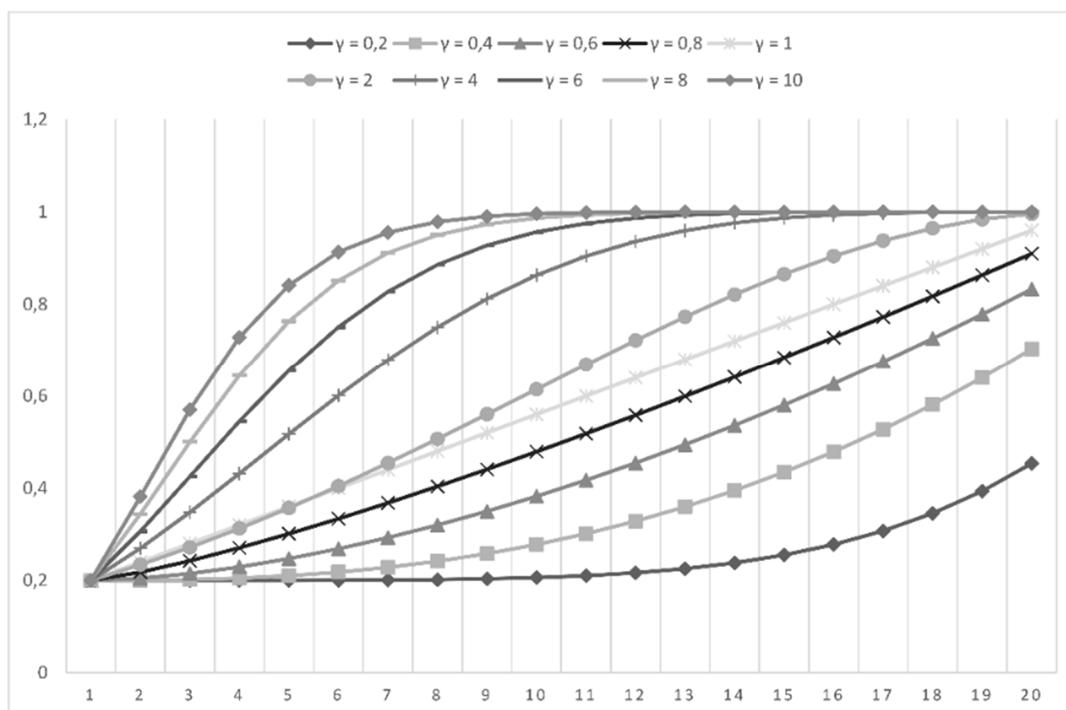
$$\alpha_k^c = \exp \left(\left(1 - \frac{t - 1}{t_{max}} \right)^\gamma \ln b_k \right) \quad \{\gamma > 1\} \quad (4.6)$$

Nas equações propostas, b_k representa a taxa de desconto para o critério específico k que o comprador define. t_{max} representa o prazo de negociação, sendo medido pelo número de rodadas. O parâmetro γ é proposto para determinar a aceleração ou desaceleração da concessão:

- Quando $0 < \gamma \leq 1$, a concessão ocorre a uma velocidade crescente;
- Quando $\gamma = 1$, a concessão ocorre a uma taxa constante.
- Quando $\gamma > 1$, as concessões são realizadas a uma velocidade decrescente, onde é baixa no início e posteriormente aumenta.

A Figura 15 mostra exemplos de curvas de concessão para valores de $\gamma > 1$, $0 < \gamma < 1$ e para $\gamma = 1$ considerando $b_k = 0,2$ e $t_{max} = 20$.

Figura 15 - Curvas para concessão exponencial e polinomial



Fonte: Esta pesquisa (2018)

Conforme apresentado na Figura 15, quando $\gamma > 1$, a taxa de concessão ocorre mais acentuadamente nas primeiras rodadas e diminui a intensidade posteriormente. Quando $0 < \gamma < 1$, a taxa de concessão aumenta à medida que o tempo passa, o que caracteriza um perfil que começa com baixas concessões, mas depois aumenta à medida que o prazo de negociação se aproxima. Quando $\gamma = 1$, a concessão é realizada de forma constante. Reforça-se a importância de realizar adequadamente o processo de calibração, de modo a obter os valores mais adequados para os parâmetros.

Conforme a taxa de concessão, a contraproposta é calculada de acordo com as Equações 4.7 e 4.8 para a rodada t , com base em valores de min_k e max_k :

$$I_k^c = min_k + \alpha_k^c(t)(max_k - min_k) \quad \{Max\} \quad (4.7)$$

$$I_k^c = max_k - \alpha_k^c(t)(max_k - min_k) \quad \{Min\} \quad (4.8)$$

Assim, cada proposta é recebida e avaliada de acordo com uma função de aceitação ou rejeição da proposta. Quando ocorre uma rejeição, novas contrapropostas são geradas automaticamente, a menos que o prazo da negociação tenha sido alcançado.

A proposta é aceita e prossegue para comparação com demais propostas quando as condições apresentadas nas Equações 4.9 e 4.10 são atendidas.

$$U(Pro_f^t) \geq U_{min}^c \quad (4.9)$$

$$U(Pro_f^t) \geq U(Pro_c^{t+1}) \quad (4.10)$$

Na Equação 4.9, U_{min}^b refere-se à utilidade mínima que pode ser aceita pelo comprador. A definição desse valor pode ser baseada em uma utilidade pré-definida, que pode ser obtida experimentalmente e pode ser ajustada de acordo com a melhor proposta atual dos candidatos. Na Equação 4.10, a aceitação ocorre quando a utilidade da última proposta oferecida pelo fornecedor é maior do que a utilidade da contraproposta oferecida pelo comprador. Depois de chegar ao prazo de negociação, se as condições estabelecidas nas Equações 4.9 e 4.10 não tiverem sido cumpridas, a última contraproposta apresentada pelo candidato é considerada como melhor proposta dele, e segue para comparação com as demais.

Uma vez que as melhores propostas para cada fornecedor são obtidas, o vencedor do processo de seleção do fornecedor deve ser definido. Para este fim, uma comparação das utilidades das melhores propostas de cada fornecedor deve ser feita para selecionar a mais útil. Assim, se $U(Pro_{f_1}^t) > U(Pro_{f_2}^t)$, a proposta $Pro_{f_1}^t$ do fornecedor f_1 é selecionada. Em caso de empate, podem ser realizadas novas rodadas bilaterais de negociação, de modo que os fornecedores vinculados possam melhorar suas propostas. Se não houver vencedor após as rodadas extras de negociação, deve ser avaliada uma ordem de importância entre os critérios e o desempenho de cada candidato nesse critério.

A seguir é apresentada aplicação numérica, realizada com o objetivo de se verificar a aplicabilidade do modelo proposto e identificar potenciais vantagens e dificuldades de implantação.

4.3 Aplicação numérica

A aplicação numérica de um processo de licitação foi realizada para validar o modelo matemático proposto. Atualmente, para os processos de licitação desenvolvidos no Brasil, os registros de negociação existentes apenas contabilizam os custos de pagamento do preço de venda. Portanto, os dados referentes aos outros critérios foram criados para fins de simulação. Nesta simulação, assumiu-se que todos os fornecedores utilizam seu próprio protocolo de negociação para estabelecer suas propostas e contrapropostas, sendo definidos apenas os parâmetros de cada um deles. No entanto, como discutido anteriormente, o fornecedor pode optar por conduzir a avaliação da proposta e a geração de contrapropostas diretamente, ou mesmo com o suporte de um sistema de apoio à decisão.

O processo de negociação foi feito para o item "estufa digital micro processado de 221 litros", que foi efetivamente adquirido por uma universidade brasileira no ano de 2016. Nesse processo, a compra de 6 unidades do equipamento foi solicitada em R\$ 7.066,00 por unidade, totalizando R\$ 42.400,00 para a totalidade da compra.

Assim, os critérios apresentados na Tabela 24 foram definidos. Deve-se notar que uma maior variedade de critérios pode ser usada para selecionar o fornecedor, incluindo critérios qualitativos. Para a simulação, quatro fornecedores foram considerados f_1 , f_2 , f_3 e f_4 , e o comprador é considerado como c . Cada um deles estabelece uma ordem de importância para os critérios e, ao considerar essa ordem e a quantidade de critérios, torna-se possível definir os pesos de cada critério usando a tabela ROC. Isto, considerando-se que os fornecedores também utilizam o protocolo para barganha. Assim, foram definidos três critérios, conforme apresentado na Tabela 24.

Tabela 24 - Critérios considerados e pesos para cada negociador

<i>Cod</i>	<i>Critério</i>	<i>Descrição</i>	<i>Unidade</i>	<i>Pesos</i>				
				<i>c</i>	<i>f₁</i>	<i>f₂</i>	<i>f₃</i>	<i>f₄</i>
<i>I₁</i>	<i>Preço unitário</i>	<i>Preço por unidade</i>	<i>R\$</i>	<i>0.6111</i>	<i>0.6111</i>	<i>0.6111</i>	<i>0.6111</i>	<i>0.6111</i>
<i>I₂</i>	<i>Garantia</i>	<i>Tempo de garantia oferecido pelo fornecedor.</i>	<i>Meses</i>	<i>0.2778</i>	<i>0.2778</i>	<i>0.1111</i>	<i>0.1111</i>	<i>0.2778</i>
<i>I₃</i>	<i>Prazo de entrega</i>	<i>Tempo para entrega do produto após finalização do processo de compras</i>	<i>Dias</i>	<i>0.1111</i>	<i>0.1111</i>	<i>0.2778</i>	<i>0.2778</i>	<i>0.1111</i>

Fonte: Esta pesquisa (2018)

A partir da análise dos dados na Tabela 24, podem-se notar as diferenças nas preferências entre o comprador e os fornecedores em relação a cada um dos critérios. Embora o comprador esteja interessado em minimizar o preço, o tempo de entrega do produto e maximizar o tempo de garantia, os fornecedores têm intenções opostas: maximizar o preço da unidade e o tempo de entrega, minimizando o tempo de garantia oferecido.

Durante o processo de criação das instâncias (agentes de software), o comprador e os fornecedores precisam definir os valores mínimos e máximos aceitáveis para cada um dos critérios propostos. Os valores, para esta aplicação, são apresentados na Tabela 25:

Tabela 25 - Valores de aceitação mínimos e máximos para compradores e fornecedores

<i>Critérios</i>	$[min_{I_k}, max_{I_k}]$				
	<i>c</i>	<i>f₁</i>	<i>f₂</i>	<i>f₃</i>	<i>f₄</i>
<i>I₁</i>	[2200, 5800]	[4000, 6500]	[3900, 6200]	[3800, 6000]	[3200, 5400]
<i>I₂</i>	[12, 24]	[12, 24]	[12, 24]	[6, 18]	[6, 24]
<i>I₃</i>	[3, 30]	[10, 60]	[5, 15]	[10, 30]	[10, 30]

Fonte: Esta pesquisa (2018)

Em seguida, o comprador e os fornecedores devem definir os outros parâmetros necessários para a negociação, conforme apresentado na Tabela 26.

Tabela 26 - Parâmetros para o processo de negociação

<i>Agentes</i>	<i>Deadline de negociação (t_{max})</i>	<i>Taxa de desconto (b_k)</i>	<i>Perfil de concessão (γ)</i>
<i>c</i>	18	0.1	6.0
<i>f₁</i>	20	0.1	1
<i>f₂</i>	15	0.1	0.4
<i>f₃</i>	18	0.1	2.5
<i>f₄</i>	24	0.1	6.0

Fonte: Esta pesquisa (2018)

Assim, cada decisor define o prazo de negociação, a taxa de desconto a ser utilizada na atividade de contribuição e geração de contrapropostas, e o perfil de concessão, que indica como as concessões devem ocorrer ao longo do processo de acordo com o prazo de negociação. Uma vez que os parâmetros necessários para o processo de negociação foram definidos, o estágio de

troca de propostas é iniciado. A Tabela 27 mostra as propostas iniciais apresentadas pelos fornecedores ao comprador.

Tabela 27 - Propostas iniciais de fornecedores

<i>Id</i>	<i>Fornecedor</i>	<i>Preço (I₁)</i>	<i>Garantia (I₂)</i>	<i>Entrega (I₃)</i>
1	f_1	6500	12	60
2	f_2	6200	12	15
3	f_3	6000	6	30
4	f_4	5400	6	30

Fonte: Esta pesquisa (2018)

As propostas apresentadas são, então, recebidas e têm seu valor calculado com base no método SMARTER. É observado, como mostra a Tabela 28, que existem utilidades negativas que, neste caso, representam propostas que estão fora do limite de aceitação (min_{I_k} e max_{I_k}) do comprador.

Tabela 28 - Utilidades das propostas dos fornecedores pelo comprador na 1ª rodada

<i>Cod.</i>	<i>Propostas</i>	$v_k(I_1)$	$v_k(I_2)$	$v_k(I_3)$	<i>V(Pro)</i>
Rodada 1					
$f_1 \rightarrow c$	< 6250, 25.2, 55 >	-0,13	1,10	-0,93	0,13
$f_2 \rightarrow c$	< 5970, 25,2, 14 >	-0,05	1,10	0,59	0,34
$f_3 \rightarrow c$	< 5780, 19.2, 28 >	0,01	0,60	0,07	0,18
$f_4 \rightarrow c$	< 5180, 25.8, 28 >	0,17	1,15	0,07	0,43

Fonte: Esta pesquisa (2018)

Uma vez que as condições de aceitação não foram atendidas, as contrapropostas do comprador aos fornecedores são geradas, como mostrado na Tabela 29.

Tabela 29 - Utilidades de propostas de compradores por fornecedores

<i>Cod.</i>	<i>Propostas</i>	<i>V(Bid)</i>
<i>Rodada 1</i>		
$c \rightarrow f_1$	< 2920.4, 21.6, 8.2 >	-0,33
$c \rightarrow f_2$...	-0,33
$c \rightarrow f_3$...	-0,45
$c \rightarrow f_4$...	-0,18

Fonte: Esta pesquisa (2018)

Conforme mostrado na Tabela 29, as utilidades da proposta do comprador aos fornecedores apresentam valores abaixo da utilidade mínima de aceitação de todos os fornecedores. Assim, cada fornecedor gera sua própria contraproposta e submete-a ao comprador, que avalia sua utilidade e se as condições de aceitação foram atendidas, como mostrado na Tabela 30.

Tabela 30 - Utilidades das propostas dos fornecedores pelo comprador na segunda rodada

<i>Cod</i>	<i>Propostas</i>	$v_k(I_1)$	$v_k(I_2)$	$v_k(I_3)$	<i>V (Pro)</i>
<i>Rodada 2</i>					
$f_1 \rightarrow c$	< 6137.5, 25.7, 52.7 >	-0,09	1,15	-0,84	0,17
$f_2 \rightarrow c$	< 5967.9, 25.2, 14 >	-0,05	1,10	0,59	0,34
$f_3 \rightarrow c$	< 5707.8, 19.6, 27.3 >	0,03	0,63	0,10	0,20
$f_4 \rightarrow c$	< 5030.3, 27, 26.63 >	0,21	1,25	0,12	0,49

Fonte: Esta pesquisa (2018)

Se não forem aceitos, o processo de troca de contrapropostas para a próxima rodada é repetido. A Tabela 31 apresenta as melhores propostas de cada candidato fornecedor no final do processo de barganha. Note-se que, no final da rodada 5, todos os fornecedores apresentaram propostas que atendiam aos critérios de aceitação. A tabela também mostra as utilidades de tais propostas para o comprador e os fornecedores. Esses valores devem ser maiores do que os

utilitários de aceitação mínimos do comprador U_{\min}^b e o fornecedor U_{\min}^s , que deve ser definido anteriormente.

Tabela 31 - Propostas aceitas no final do processo de barganha

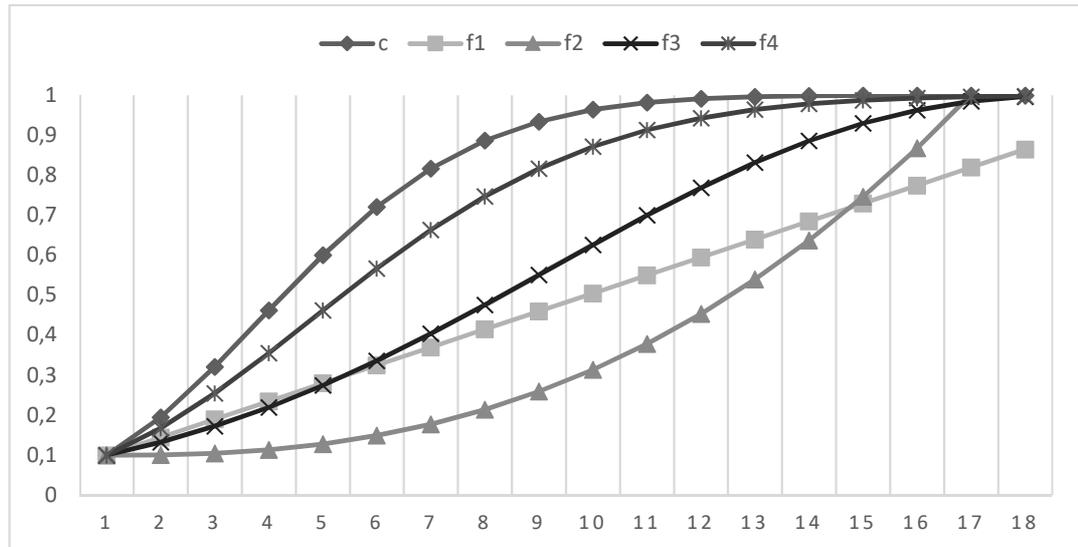
<i>Cod.</i>	<i>Propostas</i>	<i>Rodada</i>	$U(Pro_c^t)$	$U(Pro_f^t)$
$f_1 \rightarrow c$	< 5800, 27.3, 46 >	5	0,29	0,44
$f_2 \rightarrow c$	< 5905.1, 25.5, 13.7 >	5	0,36	0,76
$f_3 \rightarrow c$	< 5395.4, 21.3, 24.5 >	5	0,31	0,61
$f_4 \rightarrow c$	< 4838.8, 28.6, 24.9 >	3	0,57	0,47

Fonte: Esta pesquisa (2018)

Observa-se que os critérios de aceitação foram alcançados mesmo no início do processo de negociação com o prazo de 18 rodadas estabelecido pelo comprador. Assim, para a seleção do produto específico, de acordo com os parâmetros designados, a proposta do fornecedor f_4 foi o vencedor deste processo de licitação, por apresentar maior utilidade para o comprador. Em seguida, a proposta do fornecedor f_2 surge em segundo lugar. Seguidas pelas propostas dos fornecedores f_3 e f_1 .

A Figura 16 mostra as concessões feitas pelos agentes de software durante o processo de troca de contra proposição durante 18 rodadas de negociação. As diferenças entre a abordagem do comprador e do fornecedor são observadas de acordo com o valor de γ para cada um. Tais diferenças afetam os resultados obtidos no processo de barganha e, portanto, é importante que a definição de parâmetros de negociação seja realizada com grande atenção.

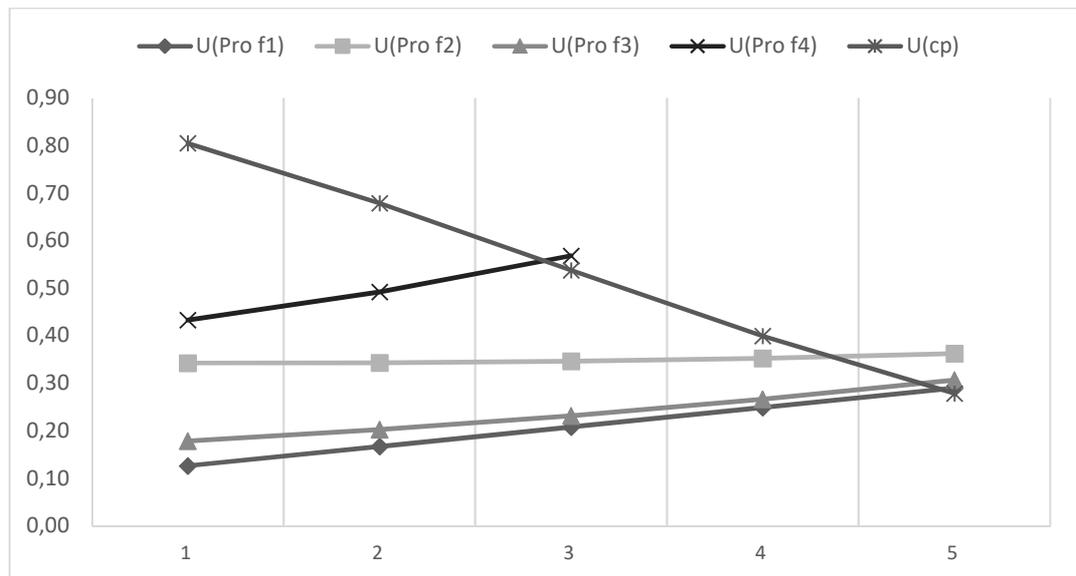
Figura 16 - Processo de concessão para 18 rodadas (taxa de concessão x rodadas)



Fonte: Esta pesquisa (2018)

A Figura 17 mostra as curvas de utilidade das contrapropostas recebidas pelo comprador. Pode-se observar em que rodada a utilidade da contraproposta submetida por cada um dos fornecedores se sobrepõe à utilidade da próxima contraproposta do comprador.

Figura 17 - Utilidades das propostas oferecidas pelos fornecedores (utilidade x rodadas)



Fonte: Esta pesquisa (2018)

Foi realizada análise de sensibilidade do processo de barganha, variando-se os parâmetros de preferência do comprador. Assim, o comportamento dos resultados para variações em t_{max}

e γ foi verificado. Ao executar uma simulação para t_{max} igual a 16 e 20 rodadas, os seguintes resultados foram obtidos no final do prazo de negociação, como na Tabela 32.

Tabela 32 - Propostas com maior utilidade no final das rodadas 16 e 20

<i>Pro</i> ($t_{max}=16$)	<i>Rodada</i>	$U(Pro_c^t)$	$U(Pro_f^t)$	<i>Pro</i> ($t_{max}=20$)	<i>Rodada</i>	$U(Pro_c^t)$	$U(Pro_f^t)$
$f_1 \rightarrow c$	5	0,29	0,44	$f_1 \rightarrow c$	6	0,33	0,40
$f_2 \rightarrow c$	4	0,35	0,78	$f_2 \rightarrow c$	5	0,36	0,76
$f_3 \rightarrow c$	5	0,31	0,61	$f_3 \rightarrow c$	6	0,35	0,55
$f_4 \rightarrow c$	3	0,57	0,47	$f_4 \rightarrow c$	4	0,66	0,37

Fonte: Esta pesquisa (2018)

Ao analisar a Tabela 32, observa-se que, para ambos os casos, o fornecedor f_4 faz a melhor proposta e deve ser escolhido como vencedor. No entanto, há uma redução na utilidade da proposta para esse fornecedor. Assim, aumentar o prazo de negociação pode levar a uma melhor utilidade para o comprador. No entanto, esse aumento ocorre em detrimento da utilidade dos fornecedores, o que pode levar à não aceitação da proposta pelo fornecedor.

A análise de sensibilidade foi realizada para os valores de $\gamma = 1$ e $\gamma = 0,25$, como mostrado na Tabela 33. Deve notar-se que, para o segundo caso, a concessão pelo comprador ocorre em uma taxa de aceleração bastante lenta, o que leva para propostas com alta utilidade para o comprador, em detrimento de propostas inviáveis para fornecedores.

Tabela 33 - Propostas com maior utilidade para $\gamma = 1$ e $\gamma = 0,25$

<i>Pro</i> ($\gamma = 1$)	<i>Rodada</i>	$U(Pro_c^t)$	$U(Pro_f^t)$	<i>Pro</i> ($\gamma = 0,25$)	<i>Rodada</i>	$U(Pro_c^t)$	$U(Pro_f^t)$
$f_1 \rightarrow c$	9	0,45	0,26	$f_1 \rightarrow c$	14	0,66	0,04
$f_2 \rightarrow c$	9	0,46	0,63	$f_2 \rightarrow c$	14	0,72	0,25
$f_3 \rightarrow c$	9	0,51	0,34	$f_3 \rightarrow c$	13	0,72	0,06
$f_4 \rightarrow c$	5	0,75	0,26	$f_4 \rightarrow c$	5	0,92	0,06

Fonte: Esta pesquisa (2018)

Desta forma, a definição de como a concessão ocorrerá terá um impacto direto na viabilidade do processo de seleção. Assim, a urgência e a necessidade do item a ser adquirido devem ser levadas em consideração ao definir os parâmetros do modelo.

Em seguida, discutem-se comentários gerenciais para avaliar aspectos importantes quanto ao uso do modelo proposto em caso real.

4.3.1 Discussão dos resultados

O uso do modelo de negociação proposto baseado em agentes apresenta-se como bastante promissor, permitindo a seleção de fornecedores em contratos públicos de forma muito transparente. Assim, se a auditoria do processo de licitação for exigida, é possível obter o histórico completo de troca de ofertas entre comprador e fornecedores, deixando claros os motivos que levaram à escolha de um fornecedor específico. Outros aspectos importantes se relacionam com a importância de se definir os parâmetros de negociação adequados, para o resultado obtido no final do processo de barganha. Desta forma, o comprador deve estabelecer um modelo para orientar a definição desses parâmetros, de acordo com a urgência em que o produto deve ser comprado, a importância desse produto para suas atividades e o número de potenciais candidatos. Portanto, os experimentos devem ser conduzidos para verificar o impacto que as variações dos parâmetros têm nos resultados, considerando os fornecedores com diferentes perfis de negociação.

Os fornecedores podem optar por diferentes formas de realizar suas ações no processo de negociação na ocasião. Assim, as sessões de leilão devem ser planejadas, possibilitando que os candidatos sejam igualmente preparados. Sugere-se que seja estabelecida uma janela de tempo para que os fornecedores possam avaliar a proposta recebida do comprador e preparar uma contraproposta, independentemente do recurso que eles utilizem. Essa janela de tempo deve ser definida com cautela para que os fornecedores que optem por não usar sistemas de apoio à negociação não fiquem em desvantagem, uma vez que as decisões tomadas em uma janela de prazo muito pequeno podem não ser vantajosas para esses fornecedores.

Outro aspecto importante diz respeito aos dados de negociação do fornecedor que podem ser divulgados publicamente em portais de transparência. Essa consideração é necessária para evitar prejudicá-los nos futuros processos de negociação. Se a informação confidencial for divulgada, o perfil de negociação de um fornecedor específico pode ser desenhado e outras organizações podem usar essas informações para afetar negativamente o fornecedor. Também deve ser salientado que, para aplicar o modelo a um cenário real, é necessário incluí-lo na legislação de contratos públicos do país. Nesse sentido, há uma necessidade de discussões

aprofundadas sobre a nova dinâmica da contratação pública e como os resultados que podem ser obtidos com o uso do modelo podem melhorá-la.

A seguir são apresentadas considerações finais acerca do capítulo, destacando-se as possibilidades de utilização do modelo proposto para o caso brasileiro.

4.4 Considerações finais do capítulo

Considerando-se as diversas fragilidades inerentes ao processo de licitações, o advento do governo eletrônico, especificamente a contratação eletrônica, pode ser usado para melhorar o processo, trazendo transparência e minimizando a possibilidade de corrupção. Para este propósito, um modelo de negociação baseado em agentes é proposto para contratação pública no Brasil, especificamente na modalidade de pregão eletrônico. Desta forma, são propostos procedimentos, arquitetura e protocolo de negociação, incluindo etapas de pré-negociação, negociação e pós-negociação. A partir da aplicação do modelo, é possível delimitar a participação de seres humanos no processo de barganha e escolha do fornecedor, reduzindo-se assim o risco de desvios. Desta forma, os envolvidos definem parâmetros da negociação, mas não realizam as atividades de barganha propriamente dita. No modelo proposto, foi indicada a utilização do método SMARTER para o cálculo das utilidades das propostas trocadas e foi proposta a utilização de tática de tempo, para geração de contrapropostas. Além disso, foi definido o procedimento para avaliação de aceitação das propostas e comparação das propostas vencedoras de cada fornecedor.

Foi realizada, ainda, aplicação numérica para a aquisição de um item por uma entidade pública brasileira. A partir da aplicação, foi possível identificar o fornecedor que oferece a melhor proposta, considerando a utilidade de cada proposta e o resultado do processo de barganha multilateral. O valor dos parâmetros definidos por cada uma das partes, como o prazo de negociação e o parâmetro de concessão γ , geram um impacto considerável no resultado obtido. Assim, a definição de cada um dos parâmetros pelo comprador deve ser feita com cautela, com base na análise de resultados de várias rodadas de experimentação. Desta forma, a definição adequada dos parâmetros da negociação automática pode apresentar impactos consideráveis no sucesso de um fornecedor em uma rodada de negociações.

Algumas limitações foram identificadas para o estudo de caso. Inicialmente, não foram encontrados estudos que tratem do processo de aquisição no Brasil. Também não foi possível, para esta pesquisa, comparar o resultado da aplicação numérica com o resultado de uma licitação real. Tal limitação ocorre pois na licitação atual, a barganha ocorre basicamente em relação ao preço do bem, não sendo negociados outros critérios. Para uma futura adoção do

modelo para o pregão, destaca-se a limitação decorrente da legislação. Assim, o modelo proposto só poderia ser aplicado com uma mudança na legislação.

No capítulo a seguir, é apresentado um modelo para um agente assistente de negociação para seleção de transportadoras em um grande varejista brasileiro. O modelo considera parte do modelo apresentado neste capítulo, mas adapta sua utilização a um contexto onde um agente de software atua prestando suporte a um negociador humano.

5 PROTOCOLO PARA UM AGENTE ASSISTENTE DE NEGOCIAÇÃO PARA SELEÇÃO DE TRANSPORTADORES EM UMA EMPRESA VAREJISTA

O setor varejista brasileiro caracteriza-se pela sua forte competição, dada a presença de inúmeras redes, dos mais diversos portes, e situadas nas mais diversas regiões. A situação do setor é ainda mais complexa dada a grande extensão geográfica do País, tornando a atividade de transporte um importante fator no sucesso e insucesso de uma organização. Cadeias varejistas com atuação nacional precisam atender a uma ampla área e ficam sujeitas a diversas instabilidades relacionadas à disponibilidade e qualidade dos serviços de transporte de carga. Tal contexto leva a necessidade de maior atenção no que se refere ao processo de seleção de transportadores, sendo este fator estratégico para um bom desempenho operacional da empresa. Diante de uma série de transportadoras, dos mais diversos tipos e portes, a empresa varejista deve selecionar aquela mais adequada às suas necessidades, considerando-se múltiplos critérios, e não só o custo do frete. Além disso, o processo pode envolver a realização de negociação entre a empresa varejista e diversos transportadores, com perfis diferentes. Soma-se a isso o fato da negociação ocorrer, em muitos casos, diariamente, o que torna o processo difícil de ser gerenciado. Assim, é proposto um Agente Assistente de Negociação (AAN), que tem a função de prestar suporte a um negociador humano durante o processo de seleção de transportador, mas deixando que a tomada de decisão seja realizada pelo negociador.

Inicialmente o contexto no qual a empresa está inserida é apresentado, destacando-se quais os fatores envolvidos e como ocorre o processo de seleção de transportador para atender as demandas das lojas. Em seguida, o protocolo para o AAN é proposto, conforme Gonçalves, Silva Filho e Morais (2018), e é apresentada aplicação numérica do modelo. Os resultados obtidos foram, então, apresentados a um antigo gestor da área na empresa, que avaliou os dados gerados. Então, a partir dos resultados obtidos, conclusões foram apresentadas. Tal problema foi inicialmente tratado em Gonçalves e Morais (2015), onde foram propostas as diretrizes de um protocolo de negociação baseado em agentes de software para seleção de fornecedores de transporte em uma empresa de varejo.

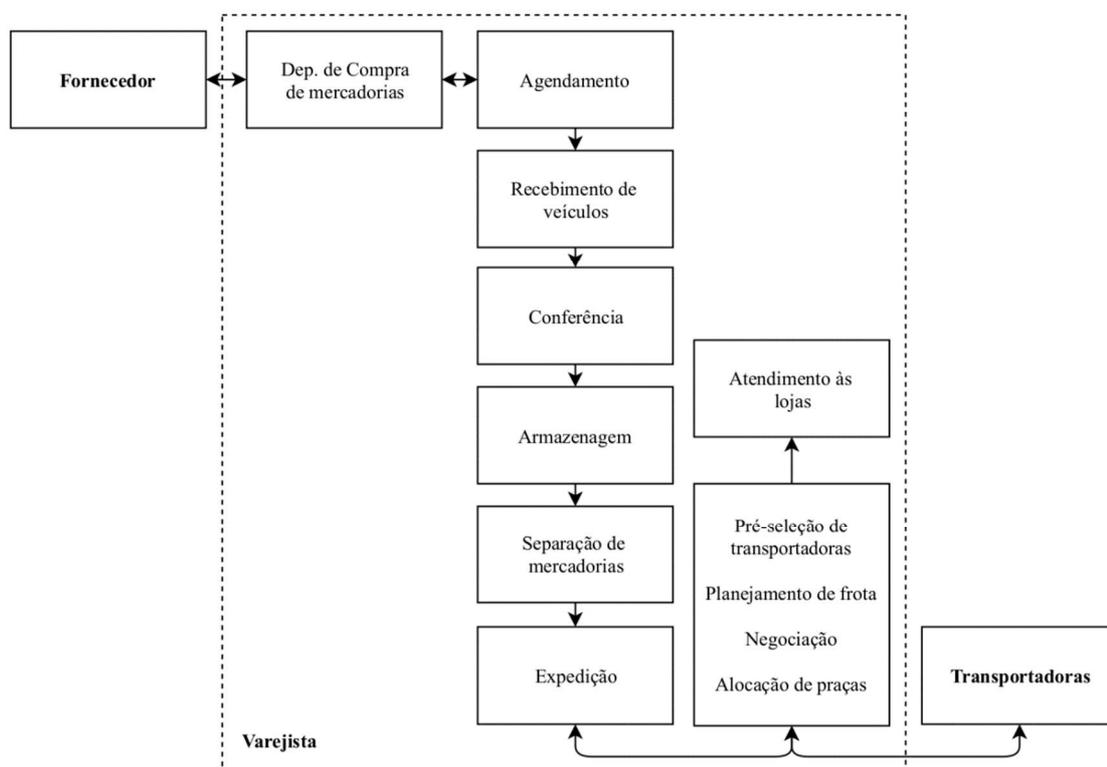
Na seção a seguir, o processo de operação da empresa é apresentado e discutido.

5.1 Panorama do processo de seleção de transportadores na empresa varejista

O varejista em análise é um dos maiores do Brasil e atua em lojas de departamento. Ele inclui uma rede de lojas de diferentes portes, atendendo cidades de todos os estados. A empresa

distribui mais de 60.000 SKUs, originárias de mais de 2.000 fornecedores diferentes no Brasil e no exterior. Para abastecer suas lojas, a empresa possui uma rede de distribuição formada por quatro Centros de Distribuição (CDs). Um desses CDs está na região Nordeste e atende às demandas das lojas da rede situadas na região. A operação do CD pode ser explicada a partir da Figura 18.

Figura 18 - Processo de operação do Centro de Distribuição



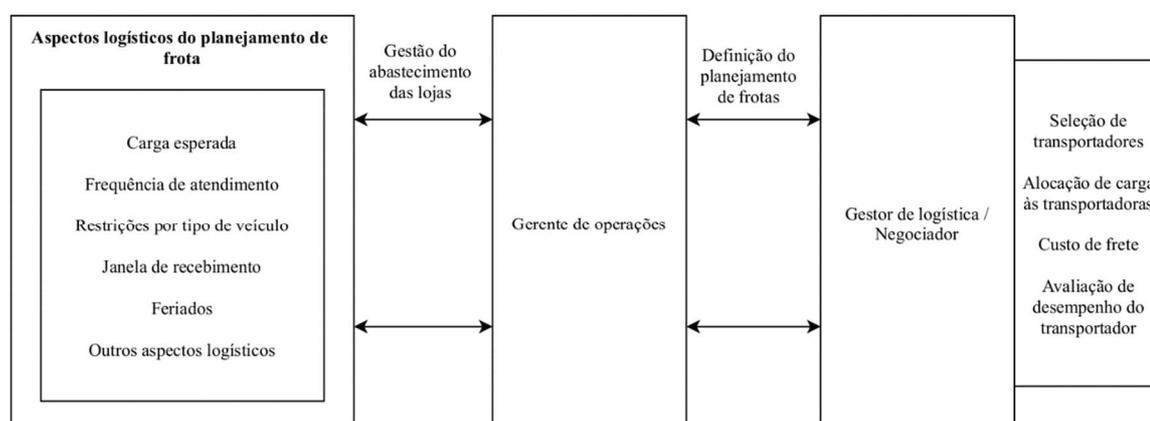
Fonte: Esta pesquisa (2018)

Todo o processo de relacionamento com os fornecedores dos produtos revendidos é centralizado na sede da empresa. Assim, os compradores da empresa negociam com os fornecedores e fazem os pedidos de compras, tanto de novos produtos como para reabastecer os que foram vendidos no período. Uma vez realizada a negociação, o comprador realiza o pedido de compra do produto. O pedido é registrado no ERP (*Enterprise Resources Planning*) da empresa e, então, encaminhado ao CD para agendamento. O pedido é, então, recebido pelo setor de agendamento do CD e, de acordo com a janela de recebimentos, são marcados data e horário para o recebimento das mercadorias. O objetivo de tal processo é distribuir os recebimentos ao longo do período, prevenindo que ocorra uma chegada muito grande de veículos no mesmo período de tempo. Quando o veículo chega ao CD para entrega, são

apresentadas as notas fiscais das mercadorias. Ocorre, então, o processo de batimento dos itens que estão nas notas com os itens que estão no pedido de compra. Caso haja algum problema fiscal ou de grande diferença nas quantidades de produtos, o recebimento pode ser recusado pelo CD. Caso não haja problemas, o veículo é liberado para descarga. Em seguida, obedecendo a ordem de chegada, o setor de recebimento inicia o descarregamento do veículo. No setor ocorre, ainda, a conferência dos itens. Neste processo são averiguadas a conformidade, quantidades e estado dos produtos. Caso haja diferenças, a gerência pode recusar o recebimento do veículo. Caso não haja problemas, a mercadoria é etiquetada e liberada para armazenagem. De acordo com o tipo de produto, os mesmos são encaminhados para seus respectivos pontos de armazenagem no estoque, definidos automaticamente pelo WMS (*Warehouse Management System*) da empresa. Então, de acordo com a demanda das lojas, são geradas as ondas de separação de mercadorias. As lojas separadas em um turno de trabalho, devem ser carregadas no turno seguinte, com o objetivo de melhor utilizar o espaço físico da área de expedição. As lojas são, então, separadas por zona e as mercadorias são colocadas na frente da doca da loja. Durante o processo de expedição, por sua vez, o conferente é responsável por registrar os produtos que são carregados para cada loja. Para tanto, realizam escaneamento das etiquetas de separação, afixadas pelos separadores. Uma vez finalizado o carregamento, o conferente encerra o mesmo no sistema e as informações são liberadas para o setor de emissão de notas fiscais, que emite as notas contendo os itens carregados no caminhão.

No que se refere ao processo de abastecimento das lojas, o planejamento da frota e a relação com os transportadores, são realizados conforme o processo apresentado na Figura 19.

Figura 19 - Gestão do abastecimento das lojas pelo CD



Fonte: Esta pesquisa (2018)

O CD faz pedidos diários às transportadoras, solicitando veículos para entregas de mercadorias. A empresa trabalha com três tipos de veículos: De pequeno porte, de médio porte e de grande porte. Os veículos de pequeno porte são mais utilizados para realizar entregas em curtas e médias distâncias. Os veículos de médio porte, por sua vez, são mais utilizados para médias e longas distâncias, neste último caso, quando não há carga suficiente para carregar um veículo de grande porte. Os veículos de grande porte, por sua vez, são utilizados para longas distâncias, quando há cargas suficientes. Para solicitar os veículos, o gerente de operações considera a carga esperada para cada loja, frequência de atendimento das lojas, restrições no processo de recebimento de veículos nas lojas e outros aspectos relacionados às operações logísticas. Algumas lojas apresentam particularidades como, por exemplo, exigência por um tipo específico de veículo, principalmente quando há restrições de trânsito de veículos em determinadas áreas das cidades. Os veículos podem, ainda, ser carregados compartilhando carga de mais de uma loja. Assim, aproveita-se melhor o espaço disponível no veículo.

O gerente de logística define o planejamento da frota a partir da definição de quais lojas devem ser atendidas naquele dia, garantindo a frequência de abastecimento. Após verificar as demandas das lojas, o gerente faz a composição dos veículos, ou seja, define quais lojas devem ser compartilhadas para cada veículo. Assim, o gerente define para quais transportadores podem atender cada pedido e envia os pedidos para os transportadores com 24 horas de antecedência. Incluído no pedido de veículo estão as lojas para as quais a entrega é pretendida, o horário para chegada ao CD e o tamanho do veículo solicitado. Durante as atividades, várias negociações envolvendo a CD e as transportadoras acontecem. Assim, por meio da negociação, é possível ajustar os preços de frete, a hora de chegada ao CD e o tipo de veículo. No entanto, todo o processo de negociação, geração de contrapropostas e avaliação de propostas é realizado de maneira não estruturada e conta com a experiência do gerente de logística da CD. De forma geral, os pedidos são realizados no dia anterior à chegada dos veículos, sendo cada praça designada para uma transportadora específica. Entretanto, o que acontece com bastante frequência é o não atendimento por parte do transportador, que, quando não possui a disponibilidade do veículo, não informa ao CD e fica aguardando surgir algum motorista com disponibilidade para aquela praça. Assim, o horário de chegada no CD é ultrapassado e, muitas vezes, o veículo não é enviado pela transportadora. Assim, durante o dia, o gerente precisa entrar em contato com outras transportadoras para atender àquele pedido. Isso gera atrasos no carregamento dos veículos, prejudica a separação de mercadorias no turno subsequente e ocupa boa parte do tempo do gerente, que precisa entrar em contato e negociar com as transportadoras uma a uma. Ao definir previamente cada praça para um transportador, o CD pode perder boas

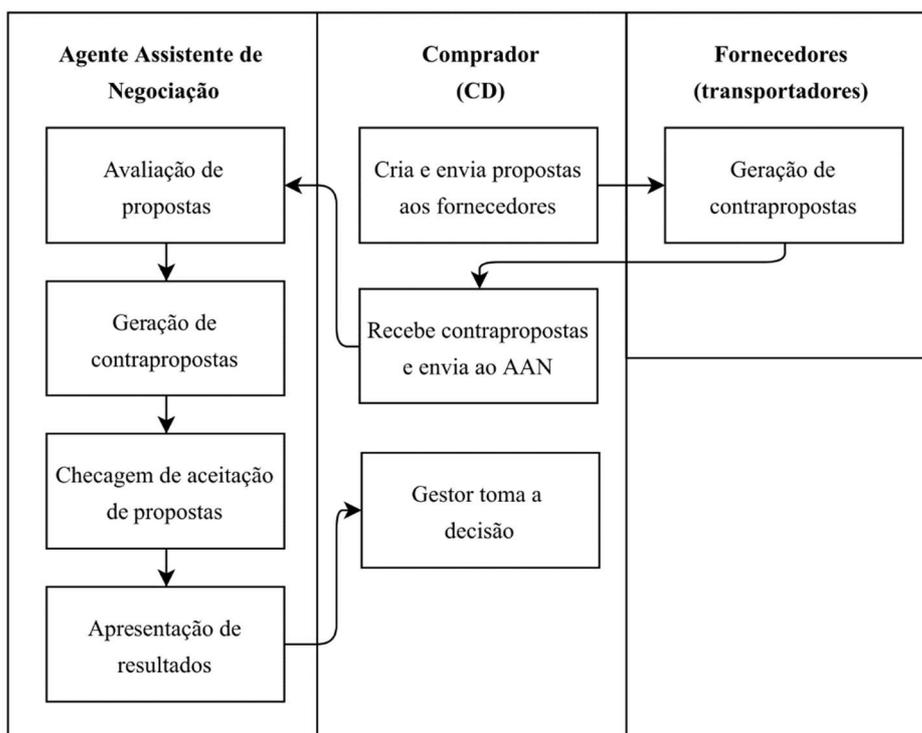
oportunidades. Isto, pois outra transportadora pode ter disponibilidade de veículo para aquela praça, muitas vezes por um valor de frete menor.

Diante deste cenário, é apresentado modelo de um Agente Assistente de Negociação (AAN), com o objetivo de apoiar o processo de planejamento de frota da empresa varejista, conforme seção a seguir.

5.2 Protocolo para o Agente Assistente de Negociação

É um desafio para os negociadores melhorar suas habilidades de barganha em um cenário multilateral, onde os negociadores precisam negociar com várias partes em paralelo, e suas percepções e ações são decisivas para uma negociação bem-sucedida. Para tanto, a utilização de um Agente Assistente de Negociação (AAN) pode ser útil para ajudar um negociador a tomar melhores decisões e obter uma melhor compreensão da negociação. De forma diferente do modelo para apresentado para compras públicas, a utilização do AAN não tem o objetivo de substituir o negociador humano no processo, mas sim fornecer suporte à atuação do mesmo, maximizando os resultados da negociação. Assim, o AAN atua como um especialista prestando suporte ao negociador, em suas atividades de negociação quanto ao processo de seleção de transportadores. O gestor, então, a medida que negocia com os transportadores, seja por qual meio for, pode lançar as propostas oferecidas no AAN, que avalia as propostas, analisa a possibilidade de aceitação da mesma e, quando necessário, indica contrapropostas ao negociador. A Figura 20 apresenta a funcionalidade AAN, em um contexto de seleção de fornecedores.

Figura 20 - Suporte à negociação por um AAN

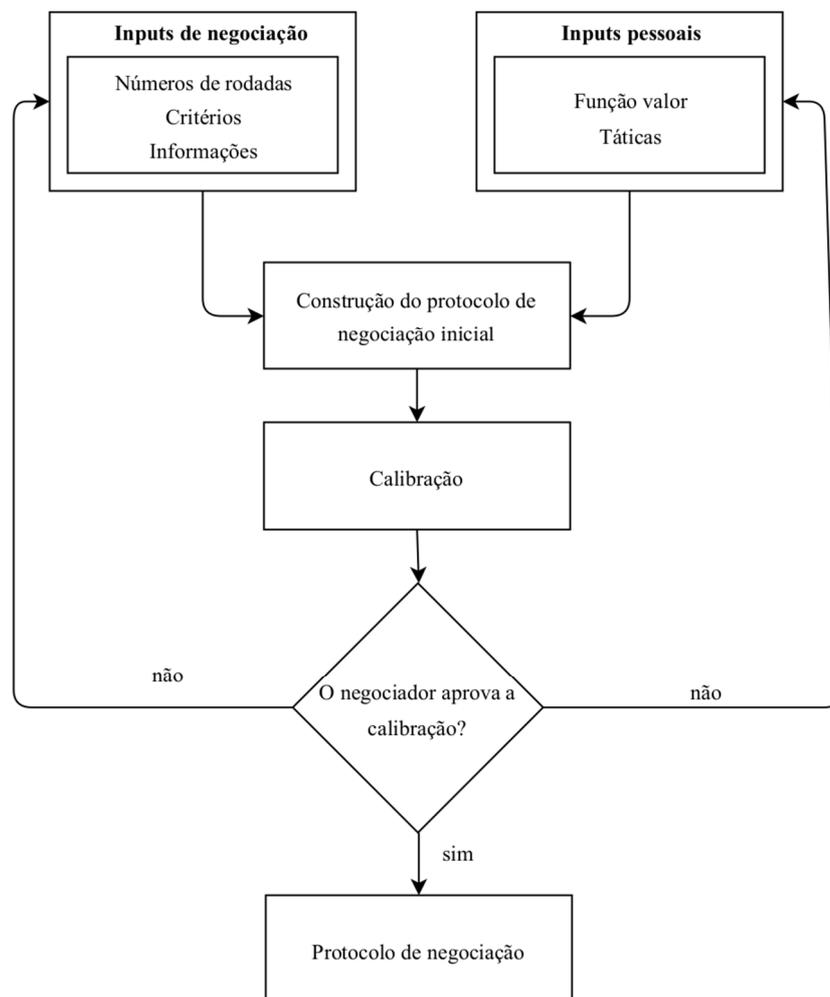


Fonte: Esta pesquisa (2018)

Como ilustrado na Figura 20, o CD gera os pedidos de veículos e os envia aos transportadores. Em seguida, os transportadores podem aceitar a proposta ou preparar uma contraproposta e enviá-la de volta ao CD. A partir do uso do AAN, o gerente pode cadastrar a proposta enviada pelos transportadores. O AAN, então, avalia a proposta, indicando se a oferta deve ser aceita e, se for necessário, sugere contrapropostas a serem submetidas ao transportador. Ao final da rodada de negociações multilaterais, o AAN apresenta os resultados ao negociador, que realiza a análise e toma a decisão por conta própria.

Para que o AAN seja utilizado, tornam-se necessárias algumas ações, que compõem as atividades de pré-negociação. Assim, o protocolo é apresentado na Figura 21.

Figura 21 - Protocolo de pré-negociação



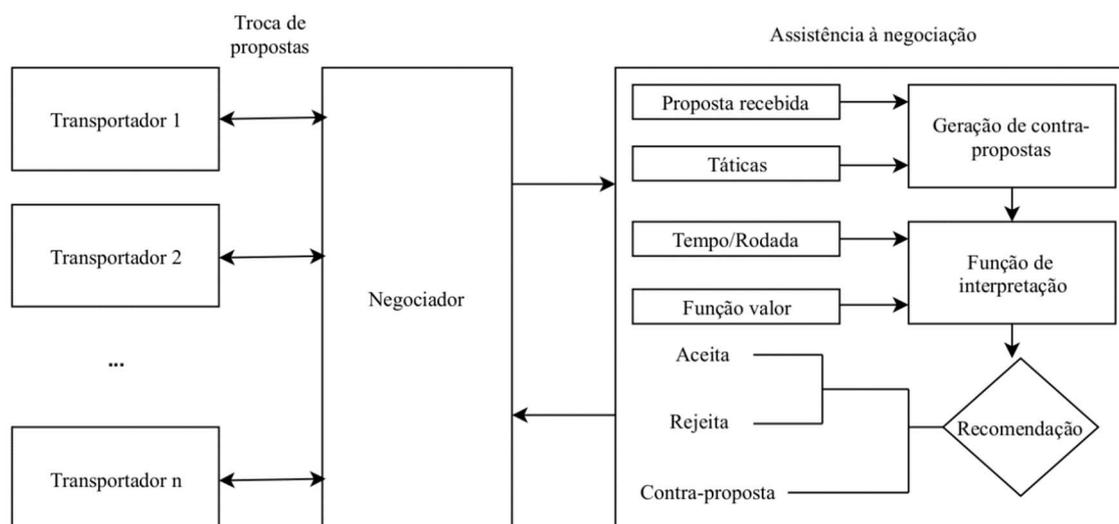
Fonte: Esta pesquisa (2018)

Nas atividades de pré-negociação, o negociador deve estabelecer os valores de parâmetros necessários para o AAN. Os *inputs* da negociação devem ser definidos, incluindo os valores dos prazos de negociação, os critérios considerados na avaliação das propostas e outras informações necessárias. As entradas pessoais também devem ser definidas, incluindo avaliação da função de valor e definição das táticas, ou combinações das mesmas, a serem consideradas no processo de geração de contrapropostas. Ao definir os parâmetros, o protocolo de negociação inicial é construído e a etapa de calibração é realizada, para verificar se os dados definidos pelo negociador estão adequados às suas preferências no processo de negociação. Se o negociador não aprovar o resultado da calibração, os *inputs* devem ser reavaliados. Se o protocolo inicial, após a calibração, for aprovado, o protocolo de negociação é finalizado e o uso do protocolo no suporte de negociação continua. Salienta-se que a empresa pode definir

qual será a estratégia de negociação adotada pelo setor de transportes, assim, os valores dos *inputs* podem ser definidos previamente e, simplesmente seguidos pelo negociador.

Uma vez definido o protocolo de negociação, as negociações prosseguem com o apoio do AAN. Esse processo ocorre de acordo com o protocolo apresentado na Figura 22.

Figura 22 - Protocolo de negociação com suporte do AAN



Fonte: Esta pesquisa (2018)

Para cada proposta recebida pelo negociador, o AAN realiza mensuração do valor da proposta, realiza a comparação do valor da mesma com padrões previamente estabelecidos e apresenta uma recomendação para o gestor, que pode ser a aceitação da proposta (que pode ser, então, comparada com as de outros fornecedores), rejeição da proposta e, quando necessário, geração de contraproposta. O negociador recebe tais informações e procede por conta própria, baseando-se ou não no que foi recomendado, de acordo com estratégia da empresa para o setor de transporte. No contexto de atuação do CD, é importante que haja essa flexibilidade, dado o grande número de veículos carregados diariamente e necessidade de agilidade no processo de solicitação e carregamento dos veículos.

De modo a se operacionalizar o AAN, propõe-se um protocolo de negociação para auxílio à negociação, conforme apresentado na seção a seguir.

5.2.1 Elementos computacionais para o protocolo de negociação

O protocolo de negociação para o AAN utiliza-se da maior parte dos recursos já apresentados para o caso das compras públicas, incluindo o cálculo da função valor e os critérios

de aceitação das propostas, conforme Faratin, Sierra e Jennings (1998) e Yu e Wong (2015). O funcionamento do AAN pode ser apresentado conforme algoritmo a seguir:

Algoritmo Agente Assistente de Negociação

Definição de parâmetros iniciais

Cadastro de proposta do fornecedor

Início

Calcula valor da proposta, $U(Pro) = \sum_{k=1}^k w_k v_k(I_k)$.

Se $U(Pro_f^t) \geq U_{min}^c$ e $U(Pro_f^t) \geq U(Pro_c^{t+1})$, sugerir aceitação.

Senão gerar melhor contraproposta.

Repete até sugestão de aceitação da proposta ou $t = t_{max}$.

Registrar melhor proposta do fornecedor.

Comparar melhores propostas de cada fornecedor e sugerir vencedor.

Fim

Diferentemente do modelo para compras públicas, o AAN não toma a decisão, mas fornece indicação da melhor decisão ao negociador humano. Além disso, o procedimento de concessão é complementado ao incluir táticas dependentes de comportamento, ou táticas imitativas. Assim, considerando-se as mesmas notações utilizadas no modelo de compras públicas, seja b o comprador, h um certo transportador e k o atributo em negociação, para $k \in \{1, \dots, n\}$. Considerando-se, ainda, t como o tempo de negociação e que x_j representa o valor do atributo k , que pode ser quantitativo ou qualitativo. A importância do atributo k para o negociador é w_j , considerando-se que $(\sum_{1 < j < n} w_j = 1)$, para n atributos sendo negociados. A função V_{Pro} representa o valor da proposta em negociação, enquanto $v_j(I_j)$ representa o valor do atributo I_j da oferta em consideração. Por definição, o valor de saída da função de valor deve estar entre 0 e 1. A função de valor é definida conforme apresentada na Equação 5.1.

$$V(Pro) = \sum_{k=1}^k w_k v_k(I_k) \quad (5.1)$$

Os valores de $v_k(I_k)$ devem ser normalizados para cada critério. A fórmula de normalização, para quando é preferível maximizar o critério, é apresentada na Equação 5.2:

$$v_k(I_k) = \frac{I_k - \min I_k}{\max I_k - \min I_k} \quad (5.2)$$

onde $[\min x_k, \max x_k]$ são os valores mínimo e máximo aceitáveis atribuídos a k . Para o critério de minimização $v_k(I_k)'$, é necessário fazer o ajuste apresentado na Equação 5.3.

$$v'_k(I_k) = 1 - v_k(I_k) \quad (5.3)$$

Durante o processo de barganha, o vetor $X_i^t[x_k]$ representa a oferta do transportador i na questão k no momento t . É aceitável, mas não obrigatório, assumir a monotonicidade da função de valor por uma questão de simplicidade. Artigos como o de Pidduck (2016) consideram que, se x_k e y_k são valores distintos para o mesmo problema k , a e b estão negociando, e $x_k > y_k$, $V_k^a(x_k) > V_k^a(y_k)$ se, e somente se, $V_k^b(x_k) < V_k^b(y_k)$. Se o valor da oferta diminui para a , esta mesma oferta deve aumentar em valor para o oponente b . Esta não é uma consideração relevante em nosso trabalho porque, para o problema em consideração, a função de valor do transportador não é conhecida e é compreensível que os fornecedores não forneçam seus valores de preferência para a negociação.

É necessário considerar uma sub-rotina para o protocolo de barganha, a fim de auxiliar a tomada de decisão. Considerando-se t' como o tempo corrente, t^{max} como o prazo máximo definido pelo negociador comprador e o valor de $CO(X_b^{t'})$ como a contraproposta gerada para o transportador h no tempo t' , a avaliação da proposta X_s^t , denotada por $I^b(t', X_s^t)$, no tempo t' é calculada como na Equação 5.4.

$$I^b(t', X_h^t) \begin{cases} \text{Rejeitar se } t' > t_{max} \\ \text{Aceitar se } V(X_h^t) \geq CO(X_h^{t'}) \\ CO(X_h^{t'}), \text{ senão} \end{cases} \quad (5.4)$$

A construção da função de contraproposta é uma tarefa crucial nesse método. Por meio do procedimento proposto na Equação 5.4, é possível apoiar o negociador na avaliação do valor de uma determinada proposta oferecida por um determinado transportador. Quanto maior o número de critérios sendo negociados, mais difícil é avaliar os valores da proposta. Assim, o AAN fornece ao negociador:

- O valor de cada proposta, que permite a comparação com propostas oferecidas por outros transportadores;
- Direcionamento em relação à aceitação ou rejeição da proposta; e
- Geração de contrapropostas, a partir da proposta recebida, considerando fatores como tempo, recurso e comportamento do oponente.

Assim, se não houver aceitação ou rejeição, o protocolo oferece a preparação de contrapropostas, de acordo com as táticas previamente definidas pelo comprador.

Para gerar a contraproposta, uma estratégia de lances ou uma tática de negociação deve ser selecionada. Em táticas dependentes de tempo, o valor da taxa de concessão α_j^b baseia-se no número de rodadas já realizadas e pode ser calculado conforme Equação 5.5:

$$\alpha_j^b = \begin{cases} b_k + (1 - b_k) \left(\frac{\min(t, t_{max})}{t_{max}} \right)^{1/\gamma} & \text{Polinomial} \\ \exp \left(\left(1 - \frac{\min(t, t_{max})}{t_{max}} \right)^\gamma \ln b_k \right) & \text{Exponencial} \end{cases} \quad (5.5)$$

onde b_k é a taxa de desconto aplicada ao critério k em cada rodada. Essas duas expressões podem ser usadas dependendo do comportamento da concessão realizada pelo negociador. A tática exponencial é interessante se a avaliação do negociador não tiver um ponto de inflexão relevante. Em outros casos, o polinômio pode ser uma opção interessante. Conforme apresentado em Faratin, Sierra e Jennings (1998), o parâmetro γ é proposto para determinar a aceleração ou desaceleração da concessão, conforme já discutido no modelo para compras públicas. Seu valor pode ser obtido experimentalmente, antes de se iniciar qualquer aplicação do AAN. Isto, pois, o valor do parâmetro deve representar adequadamente a abordagem que o negociador define para o processo de concessão.

O valor de α_k^b é considerado no procedimento de geração de contrapropostas conforme apresentado na Equação 5.6. De acordo com a lógica de julgamento do critério, se de maximização ou de minimização, deve-se escolher um dos tipos de equação.

$$CO_h(X_b^t) = \begin{cases} \min x_j + \alpha_j^a(t)(\max x_j - \min x_j) & \text{se Max} \\ \max x_j - \alpha_j^a(t)(\max x_j - \min x_j) & \text{se Min} \end{cases} \quad (5.6)$$

onde $CO_h(X_b^t)$ é o valor do atributo j que estará na contraproposta para o agente b no tempo t .

Outro tipo de tática, dependentes de comportamento (ou imitativas), envolvem a consideração do comportamento do oponente na elaboração de contrapropostas. Considerando número de rodadas $\delta \geq 1$, o encadeamento de negociação é expresso como:

$$\{\dots, x_{b \rightarrow a}^{t-2\delta}, x_{a \rightarrow b}^{t-2\delta+1}, x_{b \rightarrow a}^{t-2\delta+2}, \dots, x_{b \rightarrow a}^{t-2}, x_{a \rightarrow b}^{t-1}, x_{b \rightarrow a}^t\} \quad (5.7)$$

Faratin, Sierra e Jennings (1998) distinguem três tipos de táticas imitativas:

- *Tit-for-tat* relativo (RTfT): É uma representação do tipo de tática em que o negociador permite que sua proposta melhore em uma determinada dimensão, proporcionalmente a melhorias que a outra parte propõe. Na tática RTfT, o agente

de software reproduz o comportamento realizado pelo oponente $\delta \geq 1$ passos atrás. Essa tática é calculada de acordo com a Equação 5.8, somente se $n > 2\delta$.

$$x_{a \rightarrow b}^{t+1}[j] = \min \left(\max \left(\frac{x_b^{t-2\delta}[j]}{x_b^{t-2\delta+2}[j]}, \min x_j \right), \max x_j \right) \quad (5.8)$$

- *Tit-for-tat* absoluto aleatório (RATfT): Segue a mesma perspectiva, mas ao invés de propor uma ação proporcional, propõe uma ação absoluta. A proposta aumenta na mesma dimensão absoluta em que o adversário melhorou em sua última oferta. Por exemplo, se o outro lado quiser fazer uma venda e reduzir seu preço em \$2, a RATfT sugere um aumento na proposta de \$2.
- *Tit-for-tat* médio (ATfT): O agente assistente calcula as porcentagens médias de alterações em uma janela de tamanho $y \geq 1$ do histórico do oponente, ao definir uma nova proposta. Esta estratégia usa uma média dos valores proporcionais, que é baseada no histórico de propostas fornecido pelo oponente.

Os conceitos propostos em Yu e Wong (2015) e Faratin, Sierra e Jennings (1998) são relevantes na construção de negociações bilaterais. No entanto, no cenário varejista brasileiro, as negociações possuem características próprias, que incluem:

- Realização de várias negociações bilaterais simultâneas;
- Necessidade de atribuição de uma transportadora a cada praça demandada;
- Frequência diária de solicitações de veículos;
- Necessidade de agilidade no processo, para não prejudicar operações de vendas das lojas.

Assim, diante deste cenário, mudanças no modelo tradicional são sugeridas para adaptar os conceitos conhecidos e expandi-los para se adequar a um número diversificado de casos de negociação. Inicialmente, propõe-se que a função de interpretação deve ser comparada com a melhor avaliação entre todos os fornecedores. Assim, o critério de aceitação deve ser conforme apresentado na Equação 5.9.

$$\text{Aceitar se } V(X_h^t) \geq CO \left(X_{b^*}^{t'} \right)_{max}, \quad (5.9)$$

Assim, o processo de barganha multilateral ocorre normalmente, mas os valores obtidos em cada barganha bilateral são comparados sempre com a melhor contraproposta, de modo a se maximizar os ganhos.

Para o processo de geração de contrapropostas, são propostas três alternativas de decisão que podem ser selecionadas para melhor representar o ponto de vista do negociador. Em

primeiro lugar, em relação às táticas dependentes do tempo não foram propostas alterações no modelo, assim, considera-se a evolução das propostas de acordo com a proximidade do prazo final de negociação. No entanto, em estratégias imitativas, é necessário selecionar qual princípio deve ser assumido para o processo de negociação. Assim, são propostas três opções:

- A primeira opção envolve considerar o comportamento de cada fornecedor de forma independente. Assim, cada transportador é avaliado em seu próprio processo de barganha, não havendo trocas de informações relacionadas às melhores propostas. Desta maneira, determinado transportador não consegue mensurar diretamente o quão a sua proposta está próxima, ou distante, da melhor proposta atual de todos os outros transportadores.
- A segunda opção envolve utilizar o comportamento da melhor proposta geral na geração de contrapropostas para todos os transportadores, conforme apresentado na Equação 5.10. Assim, durante o processo de múltiplas barganhas, a contraproposta de melhor utilidade para o comprador é oferecida sistematicamente a todos os fornecedores. A partir desta estratégia, a negociação tende a chegar a um acordo mais rapidamente. No entanto, a velocidade é limitada pela melhor oferta. Outro fator importante relaciona-se com o fato que um fornecedor pode ser desencorajado a reduzir mais a sua proposta, quando ele sente que todos os outros estão apresentando propostas próximas ao patamar atual.

$$CO(X_b^{t'}) = CO(X_{b^*}^{t'})_{max} \quad (5.10)$$

- Uma terceira proposta envolve dividir o comportamento de geração de contrapropostas. Nesta estratégia é possível combinar essas duas alternativas, utilizando-se de parte da melhor proposta do fornecedor e parte da melhor proposta geral, no processo de elaboração de contrapropostas. Essa opção pode ser interessante nos casos em que o número de fornecedores é grande. É possível diferenciar o comportamento de cada fornecedor e criar uma linha de veto nos casos em que a negociação não é bem desenvolvida. O índice p é proposto como uma referência proporcional para uso da contraproposta gerada por b em comparação com a contraproposta máxima, conforme apresentado na Equação 5.11.

$$CO(X_{b^{split}}^{t'}) = (1 - p)CO(X_{b^*}^{t'})_{max} + p CO(X_b^{t'}), \text{ onde } 0 < p < 1 \quad (5.11)$$

Para escolha da melhor proposta, procede-se de maneira análoga à apresentada no modelo de compras públicas. Deve-se comparar as utilidades das últimas propostas enviadas por cada transportadora, seja ela aceita ou não. O fato da empresa ter a obrigatoriedade de contratar pelo menos uma transportadora para cada praça exige que a mesma aceite determinadas propostas, mesmo que as mesmas não satisfaçam a condição apresentada na Equação 5.9. Cabe à organização, portanto, ampliar o leque de transportadoras pré-qualificadas, o que impacta positivamente na probabilidade de se obter uma proposta melhor.

Na seção a seguir é apresentada aplicação numérica do modelo proposto, com o objetivo de verificar a aplicabilidade do modelo e interpretar os impactos gerenciais de seu uso.

5.3 Aplicação numérica

De modo a se realizar a aplicação numérica, os parâmetros foram definidos com a ajuda de um ex-gerente de logística do varejista, que anteriormente estava diretamente envolvido na negociação e seleção do transportador. O gerente esteve envolvido diretamente no processo de relacionamento com transportadores durante dois anos, sendo responsável pelas atividades de planejamento de frota e todos os contatos de negociação com transportadores.

A seguir são apresentados os parâmetros utilizados para aplicação numérica, considerando os processos de pré-negociação e Negociação.

5.3.1 Processo de pré-negociação

Inicialmente, o protocolo de pré-negociação foi aplicado de acordo com as etapas apresentadas na Figura 21. Assim, inicialmente, Os *inputs* pessoais e de negociação foram definidos pelo gerente e, em seguida, foi realizado procedimento de calibração. Nesta simulação, dois critérios foram selecionados para avaliar as propostas do transportador: preço de frete (j_1) e tempo prometido de chegada do veículo ao CD (j_2). O segundo critério é definido como o número de horas necessárias para o veículo chegar após o prazo proposto na encomenda do veículo. Ambas as questões devem ser minimizadas pelo comprador e maximizadas pelos transportadores. Salienta-se que outros critérios podem ser incorporados ao modelo, sem interferir na sua viabilidade de implantação.

Foi realizada a aplicação considerando o pedido de um veículo de médio porte para levar mercadorias do CD para uma loja da rede. Para o comprador, $[min x_j, max x_j]$ foram considerados como $[2500,4000]$ e $[0,9]$ para j_1 e j_2 , respectivamente. Para o componente tático dependente do tempo, t_{max} foi definido como 10 rodadas, a taxa de desconto b_k como 0,1 e o parâmetro γ como 6. Para o componente tático imitativo, RTfT foi selecionado para $\delta = 1$.

Deve-se notar que esta tática imitativa só pode ser calculada a partir da terceira rodada, a fim de obter a contraproposta para a quarta rodada. Com o objetivo de gerar contrapropostas no AAN, uma combinação ponderada de táticas dependentes do tempo e RTfT com pesos de 0,7 e 0,3, respectivamente, foi selecionada.

A seguir, são apresentadas mais informações acerca do processo de negociação que compõe esta aplicação numérica.

5.3.2 Processo de negociação

Uma vez que os parâmetros necessários tenham sido definidos no processo de pré-negociação, o processo de negociação começa, como ilustrado na Figura 22. Quatro transportadores (h_1 , h_2 , h_3 , e h_4) foram considerados para esta aplicação, cada um com características distintas. O fornecedor h_1 é contratado com mais frequência e está interessado no contrato proposto; h_2 tem disponibilidade de veículo e está procurando carregamento e, portanto, está inclinado a oferecer um desconto substancial; h_3 , por outro lado, tem uma frota disponível para carregamento, mas, por razões de marketing, não tem interesse suficiente; e finalmente, h_4 tem interesse em carregar mas, devido a problemas operacionais, espera-se um atraso na chegada do veículo no CD. As propostas do transportador foram geradas por especialistas, que receberam uma descrição do comportamento de cada transportador representado para fornecer ofertas de acordo com os perfis acima mencionados e as contrapropostas enviadas pelo CD. Aplicações numéricas foram conduzidas para duas suposições abaixo, conforme apresentado anteriormente.

- Considerando o comportamento de cada fornecedor separadamente, ou seja, sem interação de propostas entre os fornecedores; e
- Seguindo o comportamento da melhor contraproposta do comprador, ou seja, utilizando sempre a melhor proposta geral no componente imitativo da geração de contrapropostas.

A seguir são apresentados os resultados obtidos considerando-se o tratamento independente de cada fornecedor.

5.3.3 Considerando cada comportamento de forma independente

Considerando esta estratégia, a barganha ocorre de maneira independente. Ou seja, as contrapropostas para cada fornecedor são geradas conforme propostas submetidas por cada um. Sob este pressuposto, uma aplicação numérica foi desenvolvida para $t_{max} = 10$ rodadas, onde

t^{agr} é considerado como a rodada quando o acordo ou prazo é atingido. Os resultados apresentados na Tabela 34 foram obtidos após a aplicação numérica.

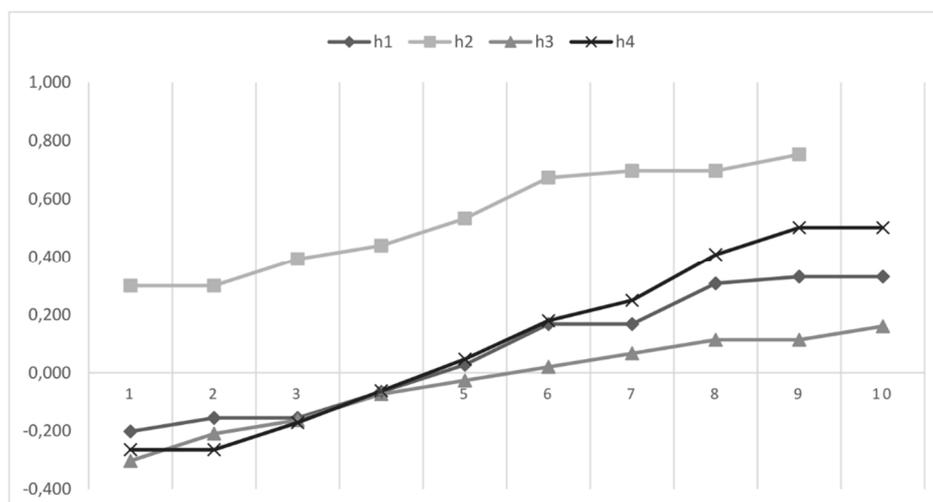
Tabela 34 - Resultados considerando o comportamento de cada transportador independentemente

<i>Transportador</i>	<i>Última proposta</i>	<i>Aceito?</i>	t^{agr}	V_j
h_1	[3750, 3]	Não	10	0,331
h_2	[3030, 1]	Sim	9	0,753
h_3	[4300, 1]	Não	10	0,160
h_4	[3200, 5]	Não	10	0,502

Fonte: Esta pesquisa (2018)

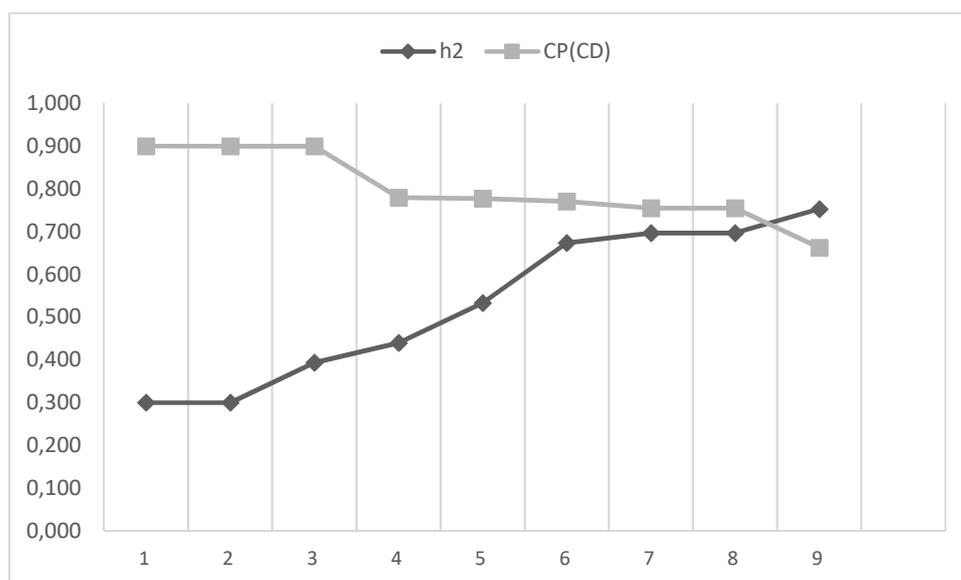
Para o transportador h_1 , nenhuma proposta foi aceita pela função de interpretação após a troca de ofertas e contra-ofertas. Para o transportador h_2 , houve uma indicação de aceitação da proposta apresentada pelo transportador na rodada 9, com um valor de 0,753 sendo obtido. Os transportadores h_3 e h_4 também não alcançaram o critério de aceitação, depois de considerarem as suas últimas propostas. Para maximizar os valores da proposta, h_2 deve ser selecionado na 9ª rodada. A segunda melhor proposta, alcançada após 10 rodadas, foi do fornecedor h_4 , seguida pelos fornecedores h_1 e h_3 . A Figura 23 ilustra a evolução do valor das ofertas apresentadas pelos transportadores ao negociador, de acordo com a Equação 5.1. Observa-se a prevalência das propostas oferecidas pelo transportador h_2 em relação às dos outros transportadores. A característica crescente das curvas indica que o transportador tenta melhorar suas propostas para garantir a ordem de transporte que está sendo negociada.

Figura 23 - Evolução dos valores das ofertas considerando comportamentos independentemente (utilidade x rodada)



Fonte: Esta pesquisa (2018)

A Figura 24 compara a evolução dos valores de oferta do transportador h_2 com os valores de contraproposta apresentados pelo negociador, utilizando o apoio do AAN. Pode-se observar que, na 9ª rodada, o valor do pedido se sobrepõe ao valor de contraproposta. Neste ponto, a condição de aceitação apresentada na Equação 5.9 é atendida. A característica crescente da curva de valor das propostas do fornecedor contrasta com a característica declinante da curva de propostas do CD, o que ilustra as tentativas de ambos os lados chegarem a um acordo.

Figura 24 - Evolução das propostas e contrapropostas para h_2 pelo CD (utilidade x rodada)

Fonte: Esta pesquisa (2018)

Na seção seguinte, são apresentados os resultados da ilustração, assumindo a condição em que a melhor contraproposta do CD é submetida a todos os transportadores em cada rodada de negociação.

5.3.4 Seguindo o comportamento da melhor contraproposta para o comprador

Seguindo o segundo pressuposto, a melhor contraproposta atual é oferecida a todos os transportadores pelo comprador. Assim, todos os fornecedores são chamados a elaborar suas propostas com base na mesma melhor contraproposta, resultando em maior possibilidade de aceitação das propostas. Além disso, propostas podem ser aceitas em rodadas anteriores, se comparado à estratégia anterior. Os resultados obtidos a partir da aplicação numérica são exibidos na Tabela 35.

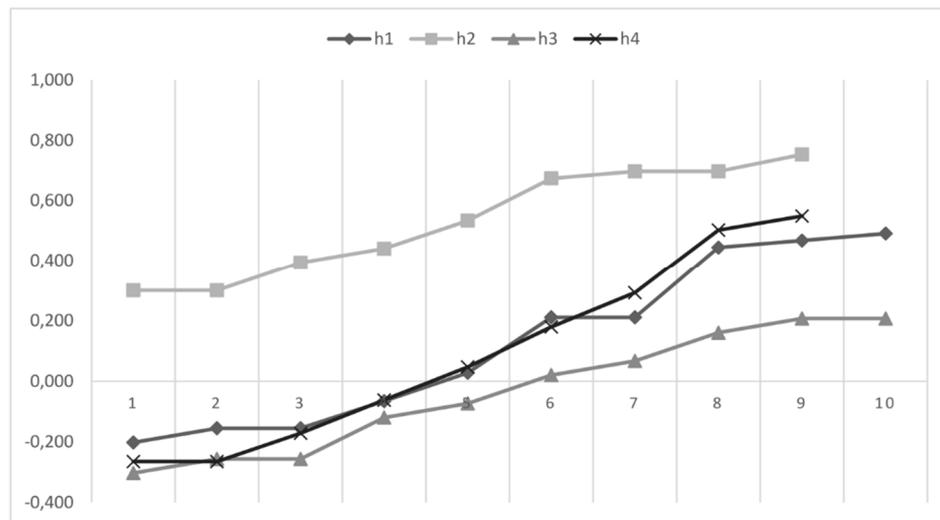
Tabela 35 - Resultados considerando o envio da melhor contraproposta para os fornecedores

<i>Fornecedor</i>	<i>Última proposta</i>	<i>Aceita?</i>	t^{agr}	V_j
h_1	[3500, 2]	<i>Não</i>	10	0,490
h_2	[3030, 1]	<i>Sim</i>	9	0,753
h_3	[4200, 1]	<i>Não</i>	10	0,207
h_4	[3100, 5]	<i>Sim</i>	9	0,549

Fonte: Esta pesquisa (2018)

Seguindo o pressuposto descrito, as contrapropostas enviadas para h_2 foram enviadas a todos os transportadores. Devido a esse procedimento, há um aumento no valor dos lances de h_1 , h_3 , e h_4 . Pode observar-se que, para os transportadores h_2 e h_4 , os critérios de aceitação definidos pela função de interpretação foram cumpridos na rodada 9. Não se verificou aceitação para os transportadores h_1 e h_3 , com base na última proposta apresentada no processo de seleção. Nesse caso, com base no valor da oferta, h_2 continua a ser o fornecedor que oferece a maior vantagem para o comprador. A Figura 25 mostra as evoluções da curva de valor das ofertas submetidas. Uma melhoria geral pode ser observada nos valores de oferta de h_1 , h_3 , e h_4 , indicando que a consideração desta suposição força os transportadores a fazer ofertas mais competitivas. Nesse sentido, nenhuma alteração ocorre nos valores de oferta h_2 , uma vez que as mesmas contra-ofertas são recebidas da situação anterior.

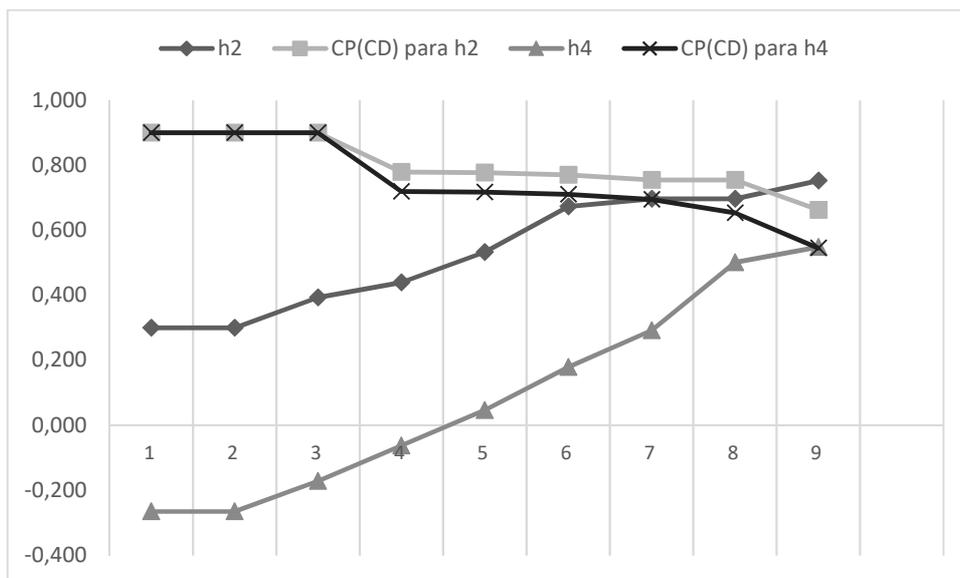
Figura 25 - Evolução do valor das ofertas dos transportadores, seguindo envio de melhor contraoferta para cada transportador (utilidade x rodada)



Fonte: Esta pesquisa (2018)

As curvas de valor para as ofertas e contrapropostas de h_2 e h_4 são comparadas na Figura 26. Pode-se observar que as respectivas curvas se cruzam na 9ª rodada, indicando aceitação das propostas. As curvas para o transportador h_2 também exibem valores superiores aos do transportador h_4 , indicando a escolha deste fornecedor para o pedido em negociação.

Figura 26 - Evolução das propostas e contrapropostas para h_2 e h_4 pelo CD (utilidade x rodada)



Fonte: Esta pesquisa (2018)

Após análise dos resultados obtidos, verifica-se um aumento perceptível no valor das ofertas dos transportadores, que exibiram um desempenho inferior quando submetidos ao pressuposto anterior. Este resultado demonstra que a prática de apresentar a melhor contraproposta a todos os transportadores fornece uma indicação superior de quão longe as propostas do transportador estão da região de aceitação do CD. Isso melhora ainda mais as propostas desses fornecedores, que podem atender à ordem caso surjam problemas.

A seção a seguir apresenta observações feitas pelo gerente com base no protocolo proposto, juntamente com os resultados dessa ilustração.

5.3.5 Discussão dos resultados

Com base nos resultados obtidos no pressuposto inicial, o ex-gerente de CD concordou com a seleção de h_2 , observando que é comum observar casos em que um transportador oferece um veículo para fazer uma entrega para uma cidade específica. Este fato decorre principalmente da motivação do motorista ou da disponibilidade de carga de retorno da cidade na qual a carga do varejista deve ser entregue. O gerente ressaltou ainda que é necessário manter um relacionamento com as transportadoras que atendem a esse destino com maior frequência. Assim, sugere-se inserir uma medida da quantidade de entregas realizadas por cada transportadora no sistema. Considerando os resultados do segundo pressuposto, o gestor concordou com os resultados e apontou que o procedimento pode ser positivo para os fornecedores mais comuns. Os fornecedores podem tentar fazer propostas aprimoradas quando entenderem o nível da proposta do fornecedor que está ganhando. Assim, a concorrência é favorecida e a possibilidade de propostas mais aceitáveis é aumentada.

O ex-gerente da empresa apontou que o sistema de apoio à negociação pode contribuir para as operações de transporte da empresa. O gerente também observou que a atividade de negociação com fornecedores ocorre diariamente, com cerca de 20 a 30 pedidos de veículos por dia. O gerenciamento desses pedidos é demorado para a equipe de transporte e pode levar a seleções de transporte mais pobres com ofertas de menor valor. Os representantes dos transportadores geralmente exploram esse fato a seu favor, a fim de garantir uma ordem com persuasão e insistência. Portanto, o uso do AAN para apoio pode contribuir para as atividades diárias de gestão e proteger os negociadores das várias táticas dos transportadores. Além disso, o sistema reforça a necessidade de prestar atenção aos fornecedores mais confiáveis, incluindo dados de avaliação de desempenho da transportadora no processo de seleção. O processo de negociação e seleção do transportador ocorre dinamicamente. Assim, o uso do sistema de suporte pode contribuir para a padronização do processo, minimizando a possibilidade de erros.

Além dos pontos destacados pelo ex-gerente, o AAN proposto pode ser usado como uma ferramenta para auxiliar os negociadores, orientando suas ações ou na formação de novos negociadores. Ao apoiar a tomada de decisões do negociador, o AAN também desencoraja a seleção de transportadores usando critérios não objetivos, enquanto minimiza a influência interpessoal que os transportadores podem exercer sobre os negociadores. Outra vantagem importante do uso do AAN é a capacidade de acompanhar o processo de negociação. O histórico de propostas e contrapropostas pode ser analisado, identificando as possíveis razões que levaram um negociador a fazer uma seleção particular. Além disso, se necessário, o negociador pode usar o histórico para justificar sua decisão. O AAN também pode acelerar o processo de aprendizado do negociador em uma barganha específica, usando uma avaliação de negociador especialista para sugerir quais ofertas devem ser feitas. Portanto, mesmo que o negociador tenha pouca experiência com o problema, o AAN pode apoiar os gestores na tomada de decisões e minimizar a possibilidade de erros. Além disso, ao deixar a tomada de decisões nas mãos do negociador, o AAN garante flexibilidade. Dessa maneira, o negociador pode reagir de forma independente se ocorrer um problema que exija a seleção de um transportador específico ou qualquer outra situação incomum. O uso do AAN permite uma decisão mais confiável nas negociações, considerando todos os intervalos de critérios simultaneamente. Além disso, é possível que a empresa inclua suas melhores práticas e estratégias diretamente nos parâmetros da AAN, permitindo que todos os negociadores tomem decisões de acordo com esses parâmetros. Há também a vantagem de facilitar a adaptação do negociador às várias estratégias de negociação do transportador, o que permite um melhor resultado do processo de negociação.

A seguir são apresentadas as considerações finais acerca deste capítulo, destacando-se as principais conclusões que podem ser tomadas a partir do modelo proposto.

5.4 Considerações finais do capítulo

Conforme discutido ao longo deste capítulo, as atividades de planejamento de frota e seleção de transportadores apresentam-se como bastante complexas no caso do varejista brasileiro. Nesse sentido, torna-se necessário que a escolha de determinado fornecedor seja realizada considerando uma série de fatores, tais como o custo de frete, tempo de atendimento do pedido, tipo de veículo, etc. Dada a extrema variação da disponibilidade de veículos ao longo dos meses do ano, tal atividade fica ainda mais complicada nas épocas de baixa disponibilidade. Desta forma, as operações do setor de transporte da empresa acabam ficando engessadas e o gestor tem dificuldade em gerenciar um alto número de pedidos de carregamento realizados

para um grande número de transportadores. Assim, as próprias atividades de negociação acabam ficando prejudicadas e dependentes de avaliações subjetivas desenvolvidas pelo gestor.

Diante deste cenário, é proposto um protocolo para um AAN apoiar as negociações de seleção do transportador. O AAN atua como um sistema de suporte às atividades de negociação e seleção de fornecedores desempenhada pelo setor de transportes. Assim, enquanto negocia com os transportadores, o gestor pode lançar as propostas no AAN que, de maneira rápida, vai indicar a aceitação ou não da proposta, e, quando necessário, indicar a melhor contraproposta a ser oferecida àquele transportador.

Uma aplicação numérica foi realizada para a seleção do transportador para entrega de mercadorias a uma loja, apresentando propostas de quatro diferentes fornecedores. Desta forma, cada fornecedor traz diferentes benefícios para a mesa de negociação e o AAN pode ajudar o gestor a analisar e comparar os pontos oferecidos pelo fornecedor. Com base nas propostas recebidas, o AAN fornece um cálculo do valor de cada oferta permitindo uma melhor análise pelo negociador. Além disso, contrapropostas podem ser geradas com base em parâmetros definidos pelo negociador durante o processo de pré-negociação. Após 10 rodadas, um *ranking* de propostas foi obtido com base em ambas as premissas testadas, de acordo com o valor de cada proposta. No final da negociação, foi possível identificar as melhores ofertas apresentadas pelos transportadores, incluindo aquelas que devem ser aceitas como exigido pelo protocolo. Os dois pressupostos propostos foram testados e a estratégia adotada no segundo pressuposto levou a uma melhoria nas propostas de todos os fornecedores, resultando, conseqüentemente, na contraproposta mais realista. Em ambas as hipóteses, a proposta oferecida pelo fornecedor h_2 foi selecionada como ótima com base em seu valor para o CD.

Algumas limitações foram identificadas para o estudo de caso. Uma limitação importante envolve a não consideração, pelo AAN, da garantia de um número mínimo de carregamentos para cada transportadora. O AAN identifica o melhor fornecedor para cada lance, de acordo com o valor dos lances enviados. Assim, é possível que um ou dois transportadores recebam a maioria das ordens de transporte, deixando os outros transportadores sem pedidos. É comum a prática de garantir um número mínimo de pedidos para cada transportador, a fim de manter um relacionamento comercial já existente. Nesses casos, o negociador precisa fazer uma avaliação e ajustes necessários para atender a essa prática da empresa. Além disso, a utilização do AAN no setor de transportes pode encontrar dificuldades comuns na implementação de sistemas de informação. Por essa razão, pode haver resistência ao uso do sistema, dificuldade em definir os parâmetros durante a pré-negociação e desconfiança quanto às contrapropostas geradas pelo negociador, entre outras questões. Tais problemas devem ser tratados durante a implementação

do sistema. Assim, deve-se realizar um planejamento detalhado da implantação e operação do AAN em um contexto onde existe intensa interação entre gestor e transportadores para atendimento a uma operação de grande porte.

Nesta pesquisa foram propostos modelos de seleção de fornecedores para três casos distintos, os quais apresentam diferentes abordagens para tratar o problema de seleção de fornecedores, conforme sumarizado na Tabela 36.

Tabela 36 – Diferenças entre os modelos de apoio à seleção de fornecedores

<i>Modelo</i>	<i>Indica qual fornecedor selecionar?</i>	<i>Considera tomada de decisão em grupo?</i>	<i>Tem suporte à negociação?</i>	<i>Possibilita negociação automática?</i>
<i>Modelo de apoio à seleção de fornecedores em uma empresa do setor de óleo e gás</i>	<i>Sim</i>	<i>Sim</i>	<i>Não</i>	<i>Não</i>
<i>Modelo baseado em agentes para compras públicas</i>	<i>Sim</i>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>	<i>Sim</i>
<i>Protocolo para Agente Assistente de Negociação em seleção de transportadores para um varejista brasileiro</i>	<i>Sim</i>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>	<i>Não</i>

Fonte: Esta pesquisa (2018)

Conforme pode-se observar na Tabela 36, existem diferenças e semelhanças entre os modelos propostos. Inicialmente, os três modelos identificam qual fornecedor deve ser solucionado. Entretanto, existem diferenças significativas em outros aspectos. Apenas o primeiro modelo considera explicitamente a decisão em grupo, sendo utilizado um procedimento de votação para agregar as opiniões individuais em uma opinião para o grupo. Os outros dois modelos não consideram tal situação e, assim, para contextos que envolvam a decisão por um grupo, deve-se chegar a consensos entre os envolvidos quantos aos parâmetros utilizados. Os dois últimos modelos propostos incluem o suporte ao processo de negociação. A maneira como o suporte à negociação ocorre também varia quanto a esses dois últimos modelos. Enquanto no modelo para compras públicas é proposta a realização de negociações automáticas, sem interferência humana na avaliação de propostas e geração de contrapropostas, no protocolo para o agente assistente de negociação, é proposta uma negociação contínua sendo suportada pelo agente de *software*, porém conduzida pelo humano.

No Capítulo 6 são apresentadas as conclusões referentes a este estudo, incluindo as sugestões de trabalhos futuros.

6 CONCLUSÕES

Diante de ambientes cada vez mais competitivos, o processo de seleção de fornecedores tem impacto direto nos resultados obtidos por uma organização e sua cadeia de suprimentos. Dada a complexidade do processo, que pode envolver a consideração de múltiplos critérios, por múltiplos decisores e processos de negociação, são necessárias ferramentas que apoiem os gestores das áreas. Neste sentido, nesta tese foram propostos modelos de apoio à tomada de decisão para três tipos de situações.

Assim, o objetivo geral proposto para esta pesquisa, que envolvia a proposta de modelos de apoio ao processo de seleção de fornecedores, foi atingido para os casos das três organizações. Os objetivos específicos também foram atendidos pois, foram identificados os fatores relacionados à seleção de fornecedores nos âmbitos público e privado; foram identificados os principais recursos que podem ser usados para este fim; foram analisados os panoramas das três organizações, destacando-se as peculiaridades existentes; foram propostos os modelos de apoio à decisão de acordo com as necessidades identificadas, realizando a comparação entre os três modelos propostos.

6.1 Contribuições quanto à seleção de fornecedores no setor de óleo e gás

O modelo proposto pode contribuir para que o processo de decisão quanto à seleção de fornecedores seja mais transparente e considere adequadamente os diversos critérios exigidos e decisores que precisam participar da escolha. Uma importante vantagem do método envolve a realização da fase individual, ou seja, onde cada decisor estabelece suas preferências, de maneira independente. Desta forma os decisores, representando os setores onde atuam, podem realizar sua análise sem interferência de outros decisores. Assim, garante-se uma abordagem bastante técnica, quanto à área de atuação do especialista que vai avaliar o potencial fornecedor. Além disso, ao considerar a hesitação do decisor, o método PROMETHEE II pode contribuir quanto aos critérios qualitativos que podem ser utilizados. No que se refere à aplicação do procedimento de votação por quartis, observa-se que o mesmo apresenta uma forma diferente de realizar o julgamento das alternativas. Ao considerar os quartis superior e inferior, o procedimento pode ajudar a eliminar alternativas inferiores rapidamente, tornando a análise das alternativas mais vantajosas facilitada.

6.2 Contribuições quanto ao modelo de apoio à decisão baseada em agentes de software para compras públicas

O modelo baseado em agentes de software para apoiar o processo de negociação e licitação, especificamente pregão eletrônico, é composto por uma arquitetura de multiagentes, procedimento e protocolo de negociação, que pode funcionar como o representante do comprador no processo de seleção, realizando a função do pregoeiro. Assim, pode-se delimitar a participação humana no processo, diminuindo-se as vulnerabilidades que podem levar à atos ilícitos. Considerando-se as razões que podem levar à corrupção, conforme Toukan (2017), o modelo proposto atua no processo de barganha, minimizando a possibilidade de: Limitação do número de concorrentes, fornecimento de informações privilegiadas e manipulação da avaliação das propostas. Além disso, a partir da utilização do modelo, podem ser gerados registros de todo o processo de negociação, incluindo propostas recebidas, contrapropostas geradas, utilidades de cada proposta recebida e critérios de aceitação. Tais informações podem ser utilizadas no processo de auditoria da licitação, realizada por Tribunais de Contas. Outra vantagem da utilização do modelo envolve a agilidade no processo de compras. Como o processo é realizado a partir de agentes de software, reduz-se a necessidade de parte das atividades burocráticas realizadas hoje, agilizando o processo de preparação e de troca de propostas entre comprador e fornecedores.

6.3 Contribuições quanto ao protocolo de agente assistente de negociação para seleção de transportadoras

O modelo de Agente Assistente de Negociação (AAN) para um grande varejista brasileiro, serve como assistente do negociador, fornecendo feedback das propostas que são trocadas, guiando a atuação do negociador e padronizando as operações do setor de transportes da empresa. O AAN atua como uma ferramenta de consulta do gestor de transportes onde, enquanto negocia com os fornecedores, as propostas são lançadas e avaliadas e, caso necessário, contrapropostas podem ser obtidas. Tal processo, por sua vez, ocorre considerando os resultados das múltiplas negociações em paralelo, ou seja, considerando informações que o gestor não teria capacidade, por si só, de processar.

Assim, podem ser obtidas uma série de vantagens importantes para a operação da empresa. Inicialmente garante-se agilidade no processo de negociação e, posteriormente seleção do transportador. A agilidade, por sua vez, é essencial em um ambiente onde é preciso solicitar um veículo para ser carregado e ele precisa chegar em um prazo pré-determinado, para

garantir um uso otimizado das docas e da área de expedição. Outra vantagem é a flexibilidade que pode ser obtida. Assim, caso um fornecedor não atenda ao pedido de veículo, pode-se, rapidamente, negociar com outros fornecedores em paralelo, maximizando-se a chance de se conseguir atender à demanda. Outra vantagem envolve a padronização do processo, assim, mesmo que mais de uma pessoa participe das negociações, a utilização do AAN gera um padrão na atuação da empresa. Existe, ainda, o aumento da transparência no processo de negociação e seleção, o que pode ser bastante útil para supervisão do setor. Ainda, a partir da utilização do AAN pode-se maximizar os resultados do setor, que gera forte impacto nos custos da empresa, pois, o negociador fica mais protegido de convencimento e persuasão por parte dos fornecedores. Desta forma, pode-se minimizar a subjetividade do processo de negociação. Por fim, destaca-se a geração de registros de cada processo de negociação. Tais registros podem ser analisados, de modo a se identificar o perfil dos transportadores e como melhor direcionar propostas aos mesmos.

Assim, em um ambiente cada vez mais tecnológico, fica clara a necessidade das organizações melhorarem ainda mais seus processos de relacionamento com fornecedores. Com ambientes cada vez mais interconectados, estratégias mais ágeis e eficientes de compras podem trazer ganhos significativos para as organizações, reduzindo-se, ainda, os problemas enfrentados no processo de seleção e negociação com fornecedores.

6.4 Limitações desta pesquisa

A partir dos modelos propostos, foram identificadas algumas limitações. Quanto ao primeiro modelo, voltado para seleção de fornecedores considerando múltiplos critérios em um contexto de um grupo de decisores, observa-se que existe uma limitação referente à utilização do método PROMETHEE II. Por utilizar comparações par a par para obter o valor de cada alternativa, é necessário que se trabalhe com um conjunto fixo de alternativas. Isto, pois, a inclusão ou exclusão de alternativas pode levar a algum tipo de alteração nos resultados da ordenação. Para tanto, caso sejam necessárias inclusões e exclusões de alternativas durante o processo, recomenda-se um método de critério único de síntese. Outra limitação pode ser observada quanto à utilização do procedimento de votação por quartis. O procedimento pode não ser adequado quando se analisar um número pequeno de alternativas. Assim, caso seja necessário um *ranking* com um maior número de fornecedores, são necessárias adaptações no procedimento ao se definir uma regra para ordenar as alternativas eliminadas nas etapas de filtragem e veto.

No modelo proposto para automatizar o processo de compras públicas, destacam-se outras limitações. Inicialmente, nota-se bastante complexidade para se definir os parâmetros a serem utilizados para avaliar propostas e gerar contrapropostas. Assim, é importante se propor um *framework* para orientar o decisor durante o processo de definição dos parâmetros, pois tais valores apresentam forte impacto no comportamento do processo de barganha. Outra importante limitação relaciona-se com a publicidade necessária para o processo de barganha. Devido a esta necessidade, o comprador deve divulgar para o público todo o histórico de barganha e, conseqüentemente, os *inputs* pessoais. Deste modo, os fornecedores podem estudar previamente os comportamentos possíveis do comprador, podendo explorar a negociação e aumentar os seus ganhos, em detrimento do comprador. Apesar de tal limitação ser minimizada, a medida que os parâmetros do comprador não sejam fixos para cada compra, no longo prazo, os fornecedores podem obter vantagens. O modelo proposto, ainda, não é capaz de eliminar a totalidade do risco de corrupção, principalmente quanto ao sigilo na definição dos parâmetros pessoais.

Por fim, quanto ao modelo para o agente assistente de negociação, destacam-se limitações semelhantes ao modelo anterior, incluindo a complexidade para definição dos parâmetros e possibilidade dos fornecedores extraírem o perfil de negociação do agente assistente de negociação. Para a segunda limitação, graças a não necessidade de transparência do processo de barganha, o problema é minimizado. Mas, no longo prazo, o fornecedor pode estudar o comportamento do comprador e adotar táticas para explorá-lo. Outra limitação do modelo é a não consideração de restrição de número mínimo de pedidos por transportador, que acaba sendo desempenhada pelo gestor.

6.5 Sugestões de trabalhos futuros

Diante do contexto apresentado nesta tese, observa-se que há inúmeras possibilidades de trabalhos futuros que podem ser desempenhados na área.

Quando ao estudo de caso no setor de óleo e gás, sugere-se melhorar o modelo, incluindo a capacidade de identificar e classificar os bens e serviços mais críticos exigidos pela empresa e possibilitando diferentes abordagens para diferentes classes de itens necessários. Também é proposta a inserção da problemática da classificação no problema, em que os resultados da análise incluiriam a classificação das alternativas que foram aprovadas e reprovadas, fornecendo um tipo de resultado diferente para os gestores. Há, ainda, a possibilidade de incorporação de lógica fuzzy nos processos de avaliação, de modo a melhor tratar a hesitação

dos decisores. Por fim, sugere-se, ainda, a proposta de desenvolvimento de um sistema de informação voltado para área, incorporando os princípios apresentados no modelo. Tal ação é importante dada a grande necessidade de agilidade e transparência no processo de seleção de fornecedores para este tipo de organização.

Quanto ao estudo de caso em compras públicas, é proposta a realização de estudo acerca dos impactos das variações dos parâmetros do modelo, isto de modo a se criar um guia para a definição dos parâmetros pelo comprador. Também é proposta a elaboração de modelos para outras modalidades de compra, incluindo aquelas envolvendo a compra de bens ou serviços de maior custo financeiro. A incorporação de procedimentos de aprendizagem, para que o sistema multiagente possa armazenar e analisar dados de negociações anteriores, também pode ser considerado, com objetivo de se melhorar os resultados para o comprador e se proteger de estratégias agressivas de fornecedores. Tal ação pode melhorar os processos e ajudar a prever o perfil de negociação de cada fornecedor de forma transparente. Também podem ser incorporados recursos de lógica *fuzzy* nos parâmetros de negociação, tornando a análise ainda mais sofisticada. No que diz respeito ao processo de elaboração de contrapropostas, é sugerido o estudo da possibilidade de combinar os diferentes tipos de táticas de concessão, levando a um processo mais adequado à realidade de uma determinada organização. Pode-se, ainda, realizar um estudo acerca do impacto que a implementação do modelo tem na legislação de contratos públicos e quais mudanças devem ser feitas para adequar a legislação ao modelo.

Para o modelo de seleção e negociação no varejo, sugere-se incorporar os resultados das avaliações de desempenho do transportador no processo de seleção, beneficiando-se aqueles transportadores com melhor taxa de atendimento e incentivando os demais a só submeterem propostas caso tenham a disponibilidade do veículo para carregamento. Nesse sentido, a pontuação de cada pode ser inserida no processo de barganha como uma questão não negociável, impactando diretamente no valor da oferta e valorizando aqueles que apresentam desempenho positivo. Existe também a necessidade de incentivar os transportadores confiáveis no seu serviço, por oposição aos mais oportunistas. Outra sugestão envolve a incorporação de um modelo de alocação de praças a transportadoras, de acordo com o histórico de fornecimento da mesma. Sugere-se, ainda, que sejam propostas medidas de modo a se garantir um número mínimo de pedidos a cada transportador, com o objetivo de não se interromper relações comerciais com as mesmas. Neste ponto, a problemática envolve definir quais praças devem ser atribuídas a estes fornecedores, dado o desempenho negativo da mesma em relação aos demais.

REFERÊNCIAS

- ACKOFF, R. L.; SASIENI, M. W. *Pesquisa operacional*. Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro: 1974.
- ALBANO, G. L.; CESI, B; IOZZI, A. Public procurement with unverifiable quality: The case for discriminatory competitive procedures. *Journal of Public Economics*, v. 145, p. 14-26, 2017.
- ALMEIDA, A. T.; MORAIS, D. C.; COSTA, A. P.; ALENCAR, L. H; DAHER, S. F. *Decisão em grupo e negociação: Métodos e aplicações*. Atlas: São Paulo, 2012.
- ALMEIDA, A. A; SANO, H. Função compras no setor público: desafios para o alcance da celeridade dos pregões eletrônicos. *Revista de administração pública*, v. 52, n. 1, p. 89-106, 2018.
- AHN, M. J.; BRETSCHEIDER, S. Politics of e-Government: e-Government and the political control of bureaucracy. *Public Administration Review*, May/June, 2011.
- AMID, A.; GHODSYPOUR, S. H.; O'BRIEN, C. A weighted additive fuzzy multiobjective model for the supplier selection problem under price breaks in a supply Chain. *International Journal of Production Economics*, v. 121, n. 2, p. 323–332, 2009.
- ANDERSEN, T. B. E-Government as an anti-corruption strategy. *Information Economics and Policy*, v. 21, p. 201–210, 2009.
- AKNINE, S. A multi-agent model for overlapping negotiation. *Group Decision and Negotiation*, v. 21, n. 6, p. 747-790, 2012.
- AROZAMENA, L.; WEINSCHELBAUM, F. The effect of corruption on bidding behavior in first-price auctions. *European Economic Review*, v. 53, p. 645–657, 2009.
- AWASTHI, A.; GOVINDAN, K.; GOLD, S. Multi-tier sustainable global supplier selection using a fuzzy AHP-VIKOR based approach. *International Journal of Production Economics*, v. 195, p. 106–117, 2018.
- AYHAN, B.; USTUNER, Y. Governance in public procurement: the reform of Turkey's public procurement system. *International Review of Administrative Sciences*, v. 81, n. 3, p. 640–662, 2015.
- BAARSLAG, T. *Exploring the strategy space of negotiating agents: a framework for bidding, learning and accepting in automated negotiation*. Switzerland: Springer, 2016.

- BAARSLAG, T.; HENDRIKX, M. J. C.; HINDRIKS, K. V.; JONKER, C. M. Learning about the opponent in automated bilateral negotiation: a comprehensive survey of opponent modeling techniques. *Autonomous Agent and Multi-Agent Systems*, v. 30, n. 5, p. 849-898, 2015.
- BAI, C.; SARKIS, J. Integrating sustainability into supplier selection with grey system and rough set methodologies. *International Journal of Production Economics*, v. 124, n. 1, p. 252–264, 2010.
- BARAHONA, J. C.; ELIZONDO, A. M. Introducing a disruptive service innovation: a national dilemma in e-procurement. *Management Decision*, v. 52, n. 9, p. 1782-1800, 2014.
- BARRON, F. H.; BARRETT, B. E. Decision Quality Using Ranked Attribute Weights. *Management Science*, v. 42, n. 11, p. 1515-1523, 1996.
- BASNET, C.; WEINTRAUB, Andres. A genetic algorithm for a bicriteria supplier selection problem. *International Transactions in Operational Research*, v. 16, p. 173-187, 2009.
- BASSO, L. J.; ROSS, T. W. “Bidding the project” vs. “bidding the envelope” in public sector infrastructure procurements. *Transport Policy*, v. 64, p. 61–75, 2018.
- BELLANTUONO, N.; ETTORRE, D.; KERSTEN, G. E.; PONTRANDOLFO, P. Multi-attribute Auction and Negotiation for e-Procurement of Logistics. *Group Decision and Negotiation*, v. 23, p. 421–441, 2014.
- BENYOUCEF, M. e-Negotiation Systems for e-Participation. In: INSUA, D. R.; FRENCH, S., (eds) e-Democracy: A Group Decision and Negotiation Perspective. London: Springer, p. 185-200, 2010.
- BICHLER, M.; KERSTEN, G.; STRECKER, S. Towards a Structured Design of Electronic Negotiations. *Group Decision and Negotiation*, v. 12, p. 311–335, 2003.
- BOHN, S. R. Corruption in Latin America: Understanding the perception–exposure gap. *Journal of Politics in Latin America*, vol. 3, p. 67–95, 2012
- BRANS, J. P.; MACHARIS, C.; KUNSCH, P. L.; CHEVALIER, A.; SCHWANINGER, M. Combining multicriteria decision aid and system dynamics for the control of socio-economic processes. *European Journal of Operational Research*, v. 109, n. 2, p. 428-441, 1998.
- BRANS, J. P.; MARESCHAL, B. *Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys*. Springer: New York, 2005.

- BRANS, J. P.; VINCKE, P. H. A preference ranking organization method, the PROMETHEE method for MCDM. *Management. Science*, v. 31, p. 647-656, 1985.
- BRANS, J. P.; VINCKE, P.; MARESCHAL, B. How to select and how to rank projects: The Promethee method. *European Journal of Operational Research*, v. 24, n. 2, p. 228-238, 1986.
- BYRNE, P. J.; HEAVEY, C.; BLAKE, P.; LISTON, P. A simulation-based supply partner selection decision support tool for service provision in Dell. *Computers & Industrial Engineering*, v. 64, n. 4, p. 1033–1044, 2013.
- CAMPOS, F. A. O.; PEREIRA, R. A. C. Corrupção e ineficiência no Brasil: Uma análise de equilíbrio geral. *Estudos Econômicos*, v. 46, n. 2, p. 373-408, 2016.
- CARTER, C. R.; KAUFMANN, L.; BEALL, S.; CARTER, P. L.; HENDRICK, T. E.; PETERSEN, K. J. Reverse auctions - grounded theory from the buyer and supplier perspective. *Transportation Research Part E*, v. 40, p. 229-254, 2004.
- CHAI, J.; LIU, J. N. K; NGAI, E. W. T. Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature. *Expert Systems with Applications*, v. 40, n. 10, p. 3872–3885, 2013.
- CHAI, J.; NGAI, E. W. T. Multi-perspective strategic supplier selection in uncertain environments. *International Journal of Production Economics*, v. 166, p. 215-225, 2015.
- CHAN, F.; CHAN, H. An AHP model for selection of suppliers in the fast changing fashion market. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 51, n. 9, pp.1195-1207, 2010.
- CHANG, H. H.; WONG, K. H. Adoption of e-procurement and participation of e-marketplace on firm performance: Trust as a moderator. *Information & Management*, v. 47, p. 262–270, 2010.
- CHEN, H.; CHOU, S.; LUU, Q.; YU, T. A Fuzzy MCDM Approach for Green Supplier Selection from the Economic and Environmental Aspects. *Mathematical Problems in Engineering*, ID 8097386, 2016.
- CHEN, Y.; WANG, T.; WU, C. Strategic decisions using the fuzzy PROMETHEE for IS outsourcing. *Expert systems with applications*, v. 38, n. 10, p.13216-13222, 2011.
- CHOU, S.; CHANG, Y. A decision support system for supplier selection based on a strategy-aligned fuzzy SMART approach. *Expert Systems with Applications*, v. 34, p. 2241–2253, 2008.

CONSTANTINI, S.; GALPERIS, G.; PROVETTI, A.; TSINTZA, P. A Heuristic Approach to Proposal-Based Negotiation: with Applications in Fashion Supply Chain Management. *Mathematical Problems in Engineering*, ID 896312, 2013.

COSTA, A. A.; ARANTES, A.; TAVARES, L. V. Evidence of the impacts of public e-procurement: The Portuguese experience. *Journal of Purchasing and Supply Management*, v. 19, n. 4, p. 238–246, 2013.

DAI, Q.; KAUFFMAN, R. J. To be or not to B2B: Evaluating managerial choices for e-procurement channel adoption. *Information Technology Management*, v. 7, p. 109–130, 2006.

D'AGOSTINO, G.; DUNNE, J. P.; PIERONI, L. Government spending, corruption and economic growth. *World Development*, v. 84, p. 190–205, 2016.

DASTIDAR, K. G.; MUKHERJEE, D. Corruption in delegated public procurement auctions. *European Journal of Political Economy*, v. 35, p. 122–127, 2014.

DATTA, P. P.; CHRISTOPHER, M.; ALLEN, P. Agent-based modelling of complex production/distribution systems to improve resilience. *International Journal of Logistics Research and Application*, v. 10, p. 187-203, 2007.

DIAZ, J. M. A taxonomy of corruption in EU public procurement. *European Procurement & Public Private Partnership Law Review*, v. 12, n. 4, p. 383-395, 2017.

DOBOS, I.; VOROSMARTHY, G. Green supplier selection and evaluation using DEA-type composite indicators. *International Journal of Production Economics*, v. 157, p. 273–278, 2014.

DOWLATSHAHI, S.; KARIMI-NASAB, M.; BAHROLOLUM, H. A group decision-making approach for supplier selection in configuration design: A case study. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 81, p. 1139–1154, 2015.

DRAGINIC, J.; VRANESEVIC, M. AHP-Based Group Decision Making Approach to Supplier Selection of Irrigation Equipment. *Water Resources*, v. 41, n. 6, pp. 782–791, 2014.

EDWARDS, W.; BARRON, F. H. SMARTS and SMARTER: Improved simple methods for multiattribute utility measurement. *Organizational Behavior and Human Decision Process*, v. 60, n. 3, p. 306-325, 1994.

EKICI, A. An improved model for supplier selection under capacity constraint and multiple criteria. *International Journal of Production Economics*, v. 141, n. 2, p. 574–581, 2013.

ELBAHNASAWY, N. G. E-Government, internet adoption, and corruption: An empirical investigation. *World Development*, v. 57, p. 114–126, 2014.

ESTACHE, A.; IIMI, A. Quality or Price? Evidence from ODA-Financed Public Procurement. *Public Finance Review*, v. 40, n. 4, p. 435-469, 2012.

FARATIN, P.; SIERRA, C.; JENNINGS, N. R. Negotiation decision functions for autonomous agents. *Robotics and Autonomous Systems*, v. 24, n. 3, p. 159-182, 1998.

FARIA, E. R.; FERREIRA, M.; SANTOS, L.; SILVEIRA, S. Fatores determinantes na variação dos preços dos produtos contratados por pregão eletrônico. *Revista de Administração Pública*, v. 44, n. 6, p. 1405-28, 2010.

FAVARDIN, P.; LEPELLEY, D.; SERAIS, J. Borda rule, Copeland method and strategic manipulation. *Review of Economic Design*, v. 7, n. 2, p. 213-228, 2002.

FERWERDA, J.; DELEANU, I.; UNGER, B. Corruption in public procurement: Finding the right indicators. *European Journal on Criminal Policy and Research*, v. 23, p. 245–267, 2017.

FORGHANI, A.; SADJADI, S. J.; MOGHADAM, B. F. A supplier selection model in pharmaceutical supply chain using PCA, Z-TOPSIS and MILP: A case study. *PLoS ONE*, v. 13, n. 8, p. 1-17, 2018.

GHADIMI, P.; TOOSI, F. G.; HEAVEY, C. A multi-agent systems approach for sustainable supplier selection and order allocation in a partnership supply chain. *European Journal of Operational Research*, v. 269, p. 286–301, 2018.

GONÇALO, T. E.; ALENCAR, L. H. A supplier selection model based on classifying its strategic impact for a company's business results. *Pesquisa Operacional*, v. 34, n. 2, p. 1-23, 2014.

GONÇALO, T. E.; MORAIS, D. Modelo multicritério de decisão em grupo para seleção de fornecedores em uma empresa petrolífera brasileira. In: *Anais do XVII Latin-Iberian-American Conference on Operations Research (CLAIO)*, Monterrey, 2014.

GONÇALO, T. E.; MORAIS, D. C. Agent-Based Negotiation Protocol for Selecting Transportation Providers in a Retail Company, In: *IEEE SMC 2015 International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, Kowloon, 2015.

- GONÇALO, T. E.; MORAIS, D. C. Supplier Selection model for a Brazilian oil company based on a multicriteria group decision approach. *South African Journal of Business Management*, 2018a. 21 p. No prelo.
- GONÇALO, T. E.; MORAIS, D. C. Agent-based negotiation model for public procurement in Brazil. *Working paper*, 2018b.
- GONÇALO, T. E.; SILVA FILHO, J. L.; MORAIS, D. C. Negotiation protocol for haulier selection in a Brazilian retail company. *Working paper*, 2018.
- GOVINDAN, K.; SHANKAR, M.; KANNAN, D. Supplier selection based on corporate social responsibility practices. *International Journal of Production Economics*, v. 200, p. 353–379, 2018.
- GOREN, H. G. A decision framework for sustainable supplier selection and order allocation with lost sales. *Journal of Cleaner Production*, v. 183, p. 1156-1169, 2018.
- GRANDIA, J. Finding the missing link: examining the mediating role of sustainable public procurement behaviour. *Journal of Cleaner Production*, v. 124, p. 183-190, 2016.
- GRETSCHKO, V.; WAMBACH, A. Procurement under public scrutiny: auctions *versus* negotiations. *RAND Journal of Economics*, v. 47, n. 4, p. 914–934, 2016.
- GUPTA, H.; BARUA, M. K. Supplier selection among SMEs on the basis of their green innovation ability using BWM and fuzzy TOPSIS. *Journal of Cleaner Production*, v. 152, p. 242-258, 2017.
- HANAK, T. Electronic Reverse Auctions in Public Sector Construction Procurement: Case Study of Czech Buyers and Suppliers. *TEM Journal*, v. 7, n. 1, p. 41-52, 2018.
- HATAMI-MARBINI, A.; TAVANA, M. An extension of the ELECTRE I method for group decision-making under a fuzzy environment. *Omega*, v. 39, n. 4, p. 373-386, 2011.
- HO, W.; XU, X.; DEY, P. K. Multi-criteria decision-making approaches for supplier evaluation and selection: a literature review. *European Journal of Operations Research*, v. 202, p. 16-24, 2010.
- HOEKMAN, B. Reducing Home Bias in Public Procurement: Trade Agreements and Good Governance. *Global Governance*, v. 24, p. 249–265, 2018.
- HOLSAPPLE, C. W. DSS Architecture and Types, In: BURSTEIN, F.; HOLSAPPLE, C. W., (eds) *Handbook on Decision Support Systems 1: Basic themes*, Londres, Springer, 2008.

- HU, H.; XIONG, H.; YOU, Y.; YAN, W. A Mixed Integer Programming Model for Supplier Selection and Order Allocation Problem with Fuzzy Multiobjective. *Scientific Programming*, ID 9346781, 2016.
- HUANG, C. C.; LIANG, W. Y.; LAI, Y. H.; LIN, Y. C. The agent-based negotiation process for B2C e-commerce. *Expert Systems with Application*, v. 37, n. 1; p. 348-359, 2010.
- HUANG, H.; KAUFFMAN, R. J.; XU, H.; ZHAO, L. A hybrid mechanism for heterogeneous e-procurement involving a combinatorial auction and bargaining. *Electronic Commerce Research and Applications*: v. 12, p. 181–194, 2013.
- ILIE-ZUDOR, E.; MONOSTÓRI, L. Agent-based framework for pre-contractual evaluation of participants in project-delivery supply-chains. *Assembly Automation*, v. 29, n. 2, p. 137-153, 2009.
- IGARASHI, M.; DE BOER, L.; MICHELSEN, O. Investigating the anatomy of supplier selection in green public procurement. *Journal of Cleaner Production*, v. 108, p. 442-450, 2015.
- ISHIZAKA, A.; PEARMAN, C.; NEMERY, P. AHPSort: an AHP-based method for sorting problems. *International Journal of Production Research*, v. 50, n. 17, p. 4767-4784, 2012.
- JENNINGS, N. R., et al., Automated Negotiations: Prospects, Methods and Challenges. *Group Decision and Negotiation*, v. 10, n. 2, p. 199–215, 2001.
- KAHRAMAN, C.; CEBECI, U.; ULUKAN, Z. Multi-criteria supplier selection using Fuzzy AHP. *Logistics Information Management*, v. 16, n. 6, p. 382-394, 2003.
- KAR, A. K. Revisiting the supplier selection problem: An integrated approach for group decision support. *Expert Systems with Application*, v. 41, n. 6, p. 2762-2771, 2014.
- KAR, A. K. A hybrid group decision support system for supplier selection using analytic hierarchy process, fuzzy set theory and neural network. *Journal of Computational Science*, v. 6, p. 23-33, 2015.
- KEFER, P., MILANOVIC, D. D., MISITA, M & ZUNJIC, A. Fuzzy Multicriteria ABC Supplier Classification in Global Supply Chain. *Mathematical Problems in Engineering*, ID 9139483, 2016.
- KERSTEN, G.; LAI, H. Negotiation Support and E-negotiation Systems. In: BURSTEIN, F.; HOLSAPPLE, C. W., (eds) *Handbook on Decision Support Systems 1: Basic themes*, Londres, Springer, p. 469-510, 2008.

- KERSTEN, G.; LAI, H. Electronic Negotiations: Foundations, Systems, and Processes". In KILGOUR, D. M.; EDEN, C., (eds) *Handbook of Group Decision and Negotiation*, Londres, Springer, p. 361-392, 2010
- KIM, H. S.; CHO, J. H. Supply Chain formation using agent negotiation. *Decision Support Systems*, v. 49, n. 1, p. 77-90, 2010.
- KIM, M.; SURESH, N. C.; KOCABASOGLU-HILLMER, C. A contextual analysis of the impact of strategic sourcing and E-procurement on performance. *Journal of Business & Industrial Marketing*, v. 30, n. 1, p. 1–16, 2015.
- KOESSLER, F.; LAMBERT-MOGILIANSKY, A. Committing to transparency to resist corruption. *Journal of Development Economics*, v. 100, p. 117–126, 2013.
- KOG, F.; YAMAN, H. A multi-agent systems-based contractor pre-qualification model. Engineering. *Construction and Architectural Management*, v. 23, n. 6, p. 709-726, 2016.
- KONO, D. Y.; RICKARD, S. J. Buying national: Democracy, public procurement, and international trade. *International Interactions*, v. 40, p. 657–682, 2014.
- KRISHNAN, S.; TEO, T.; LIM, V. Examining the relationships among e-government maturity, corruption, economic prosperity and environmental degradation: A cross-country analysis. *Information & Management*, v. 50, p. 638–649, 2013.
- KU, C.; CHANG, C.; HO, H. Global supplier selection using fuzzy analytic hierarchy process and fuzzy goal programming. *Quality & Quantity*, v. 44, n. 4, p. 623-640, 2010.
- LEE, C. Development and evaluation of the many-to-many supplier negotiation strategy. *Computers & Industrial Engineering*, v. 70, p. 90-97, 2014.
- LEE, C. K. M.; LAU, H. C. W.; HO, G. T. S.; HO, W. Design and development of agent-based procurement system to enhance business intelligence. *Expert Systems with Application*, v. 36, n. 1, p. 877-844, 2009.
- LEE, M.; LIO, M. The impact of information and communication technology on public governance and corruption in China. *Information Development*, v. 32, n. 2, p. 127–141, 2016.
- LEE, C. C.; YANG, C. A neural networks approach for forecasting the supplier's bid prices in supplier selection negotiation process. *Expert Systems with Applications*, v. 36, p. 2961–2970, 2009.

- LI, F.; LI, L.; JIN, C.; WANG, R.; WANG, H.; YANG, L. A 3PL supplier selection model based on fuzzy sets. *Computers & Operations Research*, v. 39, n. 8, p. 1879-1888, 2012.
- LI, J.; SUN, M.; HAN, D.; WU, X.; YANG, B.; MAO, X.; ZHOU, Q. Semantic multi-agent system to assist business integration: An application on supplier selection for shipbuilding yards. *Computers in Industry*, v. 96, p. 10-26, 2018.
- LIU, Q.; SUN, S. X.; WANG, H.; ZHAO, J. A multi-agent based system for e-procurement exception management. *Knowledge-based Systems*, v. 24, n. 1, p. 49-57, 2011.
- LIU, D.; ZHOU, D.; TAO, X. A Method of Components and Parts Suppliers Selection for SMMEs Based on Uncertainly Voting AHP Group Decision Making *In 1st International Symposium on Pervasive Computing and Applications*, p.17-22, 2006.
- LO, H.; LIOU, J. J.; WANG, H.; TSAI, Y. An integrated model for solving problems in green supplier selection and order allocation. *Journal of Cleaner Production*, v. 190, p. 339-352, 2018.
- LOMUSCIO, A. R.; WOOLDRIDGE, M.; JENNINGS, N. R. A Classification Scheme for Negotiation in Electronic Commerce. *Group Decision and Negotiation*, v. 12, p. 31–56, 2003.
- LOPES, F.; COELHO, H. Preface. In: LOPES, F.; COELHO, H., (eds) *Negotiation and Argumentation in Multi-Agent Systems*. Oak Park, Bentham Science, p. 1-5, 2014.
- LUTHRA, S.; GOVINDAN, K.; KANNAN, D.; MANGLA, S. K.; GARG, C. P. An integrated framework for sustainable supplier selection and evaluation in supply chains. *Journal of Cleaner Production*, v. 140, p. 1686-1698, 2017
- MCCARTY, A.; HAY, S. *Advanced Negotiation Techniques*. Nova York: Apress, p. 1-19, 2015.
- MEDINI, K.; RABÉNASOLO, B. Analysis of the performance of supply chains configurations using multi-agent systems. *International Journal of Logistics Research and Application*, v. 17, p. 441-458, 2014.
- MES, M.; VAN DER HEIJDEN, M.; SCHUUR, P. Interaction between intelligent agent strategies for real-time transportation planning. *Central European Journal of Operations Research*, v. 21, n. 2, p. 337–358, 2013.

- MIROSLAV, M.; MILOS, M.; VELIMIR, S.; BOZO, D.; DORDE, L. Semantic technologies on the mission: Preventing corruption in public procurement. *Computers in Industry*, v. 65, n. 5, p. 878–890, 2014.
- MIZOGUCHI, T.; VAN QUYEN, N. Corruption in public procurement market. *Pacific Economic Review*, v. 19, n. 5, p. 577–591, 2014.
- MOHAMMED, A.; SETCHI, R.; FILIP, M.; HARRIS, I.; LI, X. An integrated methodology for a sustainable two-stage supplier selection and order allocation problem. *Journal of Cleaner Production*, v. 192, p. 99-114, 2018.
- MOHEBBI, S.; LI, X. Designing intelligent agents to support long-term partnership in two echelon e-Supply Networks. *Expert Systems with Application*, v. 39, n. 18, p. 13501–13508, 2012.
- MORETTI, L.; VALBONESI, P. Firms' Qualifications and Subcontracting in Public Procurement: An Empirical Investigation. *The Journal of Law, Economics, and Organization*, v. 31, n. 3, p. 568-598, 2015.
- NEUPANE, A.; SOAR, J.; VAIDYA, K.; YONG, J. Willingness to adopt e-procurement to reduce corruption: Results of the PLS Path modeling. *Transforming Government: People, Process and Policy*, v. 8, n. 4, p. 500-520, 2014.
- NEUPANE, A.; SOAR, J.; VAIDYA, K. The potential of e-procurement technology for reducing corruption. *International Journal of Information Technology and Management*, v. 11, n. 4, p. 273-287, 2012.
- ONUR, I.; OZCAN, R.; TAS, O. Public Procurement Auctions and Competition in Turkey. *Review of Industrial Organization*, v. 40, p. 207–223, 2012.
- ORDOOBADI, S. M. Development of a supplier selection model using fuzzy logic. *Supply Chain Management: An International Journal*, v. 14, n. 4, p. 314–327, 2009
- OSMAN, H.; DEMIRLI, K. A bilinear goal programming model and a modified Benders decomposition algorithm for supply chain reconfiguration and supplier selection. *International Journal of Production Economics*, v. 124, p. 97-105, 2010.
- PANAYIOTOU, N. A.; GAYALIS, S. P.; TATSIPOULOS, I. P. An e-procurement system for governmental purchasing. *International Journal of Production Economics*, v. 90, p. 79–102, 2004.

- PAPAKONSTANTINOOU, A.; BOGETOFT, P. Multi-dimensional procurement auction under uncertain and asymmetric information. *European Journal of Operational Research*, v. 258, n. 3, p. 1–10, 2016.
- PIDDUCK, A. B. Issues in supplier partner selection. *Journal of Enterprise Information Management*, v. 19, n. 3, p. 262-276, 2006.
- PITCHIPOO, P.; VENKUMAR, P.; RAJAKARUNAKARAN, S. Fuzzy hybrid decision model for supplier evaluation and selection. *Journal of Industrial Engineering International*, v. 1, p. 9-23, 2013.
- POPESCU, A.; ONOFREI, M.; KELLEY, C. An overview of European good practices in public procurement. *Eastern journal of european studies*, v. 7, n. 1, p. 81-91, 2016.
- RAGONE, A.; DI NOIA, T.; DI SCIASIO, E., DONINI, F.; MIRIZZI, R. Multiattribute Bilateral Negotiation in a Logic-Based E-Marketplace. In: LOPES, F.; COELHO, H., (eds) *Negotiation and Argumentation in Multi-Agent Systems*. Oak Park: Bentham Science, p. 308-344, 2014.
- RAINVILLE, A. Standards in green public procurement: A framework to enhance Innovation. *Journal of Cleaner Production*, v. 167, p. 1029-1037, 2016.
- RAMANATHAN, R. Supplier selection problem: integrating DEA with the approaches of total cost of ownership and AHP. *Supply Chain Management*, v. 12, n. 4, p. 258–261, 2007.
- RAO, C.; ZHAO, Y.; MA, S. Procurement decision making mechanism of divisible goods based on multi-attribute auction. *Electronic Commerce Research and Applications*, v. 11, p. 397–406, 2012.
- RAZMI, J.; SONGHORI, M. J.; KHAKBAZ, M. H. An integrated fuzzy group decision making/fuzzy linear programming (FGDMLP) framework for supplier evaluation and order allocation. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 43, p. 590-607, 2009.
- REN, F.; ZHANG, M. A single-issue negotiation model for agents bargaining in dynamic electronic markets. *Decision Support Systems*, v. 60, p. 55-67, 2014.
- RENNA, P. Negotiation policies and coalition tools in e-marketplace environment. *Computers & Industrial Engineering*, v. 59, p. 619–629, 2010.

- RENNA, P.; ARGONETO, P. Production planning and automated negotiation for SMEs: An agent-based e-procurement application. *International Journal of Production Economics*, v. 127, p. 73-84, 2010.
- RIBEIRO, P. F.; VIZONÁ, A.; CASSOTA, P. L. Brasil: Un país encompás de espera. *Revista de Ciencia Política*, v. 36, n. 1, p. 51-74, 2016.
- RODRIGUEZ, M. A.; VECCHIETTI, A. Logical and Generalized Disjunctive Programming for Supplier and Contract Selection under Provision Uncertainty. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, v. 48, n. 11, p. 5506-5521, 2009.
- ROTCHANAKITUMNUAI, S. Assessment of e-procurement auction with a balanced scorecard. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, v. 43, n. 1, p. 39-53, 2013.
- RUIJER, E. H.; MARTINIUS, E. Researching the democratic impact of open government data: A systematic literature review. *Information Polity*, v. 22, p. 233-250, 2017.
- RULE, C. *Online Dispute Resolution for Business*. San Francisco: Jossey-Bass, 2002.
- SAEN, R. F. A new mathematical approach for suppliers selection: accounting for non-homogeneity is important. *Applied Mathematics and Computation*, v. 185, p. 84-95, 2007.
- SAEN, R. F. Developing a new data envelopment analysis methodology for supplier selection in the presence of both undesirable outputs and imprecise data. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 51, p. 1243-1250, 2010.
- SANAYEI, A.; MOUSAVI, S. F.; YAZDANKHAH, A. Group decision making process for supplier selection with VIKOR under fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, v. 37, p. 24-30, 2010.
- SARKIS, J.; DHAVALA, D. G. Supplier selection for sustainable operations: A triple-bottom-line approach using a Bayesian framework. *International Journal of Production Economics*, v. 166, p. 177-191, 2015.
- SCHOOP, M.; JERTILA, A.; LIST, T. Negoisst: a negotiation support system for electronic business-to-business negotiations in e-commerce. *Data & Knowledge Engineering*, v. 47, p. 371-401, 2003.
- SCHOOP, M. Support of complex electronic negotiations. In: KILGOUR, D. M.; EDEN, C., (eds) *Handbook of Group Decision and Negotiation*. Londres: Springer, p. 409-425, 2010.

- SCHRAMM, F.; MORAIS, D. C. Decision support model for selecting and evaluating suppliers in the construction industry. *Pesquisa Operacional*, v. 32, p. 643-662, 2012.
- SCHRAMM, F.; MORAIS, D. C. A bilateral and multi-issue negotiation framework to support a supply chain of construction industry. *Pesquisa Operacional*, v. 33, n. 3, p. 491-512, 2013.
- SCOTT, J.; HO, W.; DEY, W.; PRASANTA, P. K.; TALLURI, S. A decision support system for supplier selection and order allocation in stochastic, multi-stakeholder and multi-criteria environments. *International Journal of Production Economics*, v. 166, p. 226-237, 2015.
- SEVKLI, M.; KOH, S. C.; ZAIM, S.; DERMIBAG, M.; TATOGLU, E. Hybrid analytical hierarchy process model for supplier selection. *Industrial Management & Data Systems*, V. 108, n. 1, p. 122-142, 2008.
- SHOJAIEMEHR, B.; RAFSANJANI, M. A fuzzy system approach to multilateral automated negotiation in B2C e-commerce. *Neural Computing and Applications*, v. 25, p. 367-377, 2014.
- SICHMAN, J. S.; COELHO, H. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems. In: LOPES, F.; COELHO, H., (eds) *Negotiation and Argumentation in Multi-Agent Systems*. Oak Park: Bentham Science, p. 3-30, 2014.
- SILVA FILHO, J. L.; MORAIS, D. C. A bilateral negotiation model for supply chain. *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, Anchorage, 2011.
- SILVA FILHO, J. L.; MORAIS, D. C. Group decision model based on ordered weighted distance to aid decisions on logistics. *International Journal of Uncertainty and Fuzziness Knowledge-Based Systems*, v. 26, n. 2, p. 233-254, 2017.
- SHYUR, H.; SHIH, H. Designing a multi-issues negotiation support system based on prospect theory. *Information Sciences*, v. 322, p. 161-173, 2016.
- SYCARA, K.; DAI, T. Agent Reasoning in Negotiation. In: KILGOUR, D. M.; EDEN, C., (eds) *Handbook of Group Decision and Negotiation*. Londres: Springer, p. 437-453, 2010.
- SUN, S. X.; ZHAO, J.; WANG, H. An agent-based approach for exception handling in e-procurement management. *Expert Systems with Applications*, v.39, p. 1174-1182, 2012.
- TANG, L.; WU, J.; YU, L.; BAO, Q. Carbon allowance auction design of China's emissions trading scheme: A multi-agent-based approach. *Energy Policy*, v. 102, p. 30-40, 2017.
- TATRAI, T. Ethical public procurement. *ERA Forum*, v. 14, n. 1, p. 59-68, 2013.

- TEICH, J. E.; WALLENIOUS, H.; WALLENIOUS, J.; ZAITSEV, A. A multi-attribute e-auction mechanism for procurement: Theoretical foundations. *European Journal of Operational Research*, v. 175, p. 90–100, 2006.
- TESTA, F.; ANNUNZIATA, E.; IRALDO, F.; FREY, M. Drawbacks and opportunities of green public procurement: an effective tool for sustainable production. *Journal of Cleaner Production*, v. 112, p. 1893-1900, 2016.
- TOKTAS-PALUT, P.; BAYLAV, E.; TEOMAN, S.; ALTUNBEY, M. The impact of barriers and benefits of e-procurement on its adoption decision: An empirical analysis. *International Journal of Production Economics*, v. 158, p. 77–90, 2014.
- TOUKAN, A. Corruption in public procurement and social welfare. *The Journal of Developing Areas*, v. 51, n. 2, p. 315-327, 2017.
- URTIGA, M. M.; MORAIS, D. C. Pre-negotiation framework to promote cooperative negotiations in water resource conflicts through value creation approach. *EURO Journal on Decision Processes*: v. 3, n. 3, p. 339–356, 2015.
- USTUN, O.; DEMIRTAS, E. A. An integrated multi-objective decision-making process for multi-period lot-sizing with supplier selection. *Omega*, v. 36, p. 509–521, 2008.
- UTTAM, K.; ROOS, C. L. L. Competitive dialogue procedure for sustainable public procurement. *Journal of Cleaner Production*, v. 86, p. 403-416, 2015.
- UYARRA, E.; EDLER, J.; GARCIA-ESTEVEZ, J.; GEORGHIOU, L.; YEOW, J. Barriers to innovation through public procurement: A supplier perspective. *Technovation*, v. 34, p. 631–645, 2014.
- VAHDANI, B.; JABBARI, A.; ROSHANAIEI, V.; MOSTAFA, Z. Extension of the ELECTRE method for decision-making problems with interval weights and data. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v.50, n. 5, p. 793-800, 2010.
- VAIDYA, K.; CAMPBELL, J. Multidisciplinary approach to defining public e-procurement and evaluating its impact on procurement efficiency. *Information Systems Frontier*, v. 18, n. 2, p. 333–348, 2016.
- VALLE-CRUZ, D.; SANDOVAL-ALMAZAN, R.; GIL-GARCIA, R. Citizens' perceptions of the impact of information technology use on transparency, efficiency and corruption in local governments. *Information Polity*, v. 21, p. 321–334, 2016.

VINCKE, P. *Multicriteria decision aid*. Nova York: Wiley, 1992.

WALKER, H.; BRAMMER, S. The relationship between sustainable procurement and e-procurement in the public sector. *International Journal of Production Economics*, v. 140, p. 256–268, 2012.

WANG, D.; LIU, X.; LIU, L. Bid evaluation behavior in online procurement auctions involving technical and business experts. *Electronic Commerce Research and Applications*, v. 12, p. 328–336, 2013.

WOOLDRIDGE, M.; JENNINGS, N. R. Intelligent agents: theory and practice. *Knowledge Engineering Review*, v. 10, n. 2, p. 115-152, 1995.

WU, C.; HSIEH, C.; CHANG, K. A Hybrid Multiple Criteria Decision-Making Model for Supplier Selection. *Mathematical Problems in Engineering*, ID 324283, 2013.

WU, D. D.; ZHANG, Y.; WU, D.; OLSON, D. Fuzzy multi-objective programming for supplier selection and risk modeling: A possibility approach. *European Journal of Operational Research*, v. 200, n. 3, p. 774–787, 2010.

XIU, G.; CHEN, X. The Third-Party Logistics Supplier Selection and Evaluation. *Journal of Software*, v. 7, n. 8, p. 1783-1790, 2012.

YU, C.; WONG, T. N. An agent-based negotiation model for supplier selection of multiple products with synergy effect. *Expert Systems with Application*, v. 42, n. 1, p. 223-237, 2015.

ZEYDAN, M.; ÇOLPAN, C.; ÇOBANOĞLU, C. A combined methodology for supplier selection and performance evaluation. *Expert systems with applications*, v. 38, n. 3, p. 2741-2751, 2011.

ZHENG, R.; DAI, T.; SYCARA, K.; CHAKRABORTY, N. Automated Multilateral Negotiation on Multiple Issues with Private Information. *INFORMS Journal on Computing*, v. 28, n. 4, p. 612-628, 2016.