

Maurício Spinardi

Pré-seleção de fornecedores no contexto de negócios e Indústria 4.0 utilizando MCDA

Sorocaba, SP

24 de Junho de 2019

Maurício Spinardi

Pré-seleção de fornecedores no contexto de negócios e Indústria 4.0 utilizando MCDA

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PPGCC-So) da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação. Linha de pesquisa: Computação Científica e Inteligência Computacional.

Universidade Federal de São Carlos – UFSCar

Centro de Ciências em Gestão e Tecnologia – CCGT

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação – PPGCC-So

Orientador: Prof.^a Dr.^a Katti Faceli

Sorocaba, SP

24 de Junho de 2019

Spinardi, Maurício

Pré-seleção de fornecedores no contexto de negócios e Indústria 4.0
utilizando MCDA / Maurício Spinardi. -- 2019.
77 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus
Sorocaba, Sorocaba

Orientador: Katti Faceli

Banca examinadora: Henrique Ewbank de Miranda Vieira, João Eduardo
Azevedo Ramos da Silva, Sahudy Montenegro González

Bibliografia

1. Automação industrial. 2. Computadores na indústria. 3. Marketplace
digital. I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

Bibliotecário(a) Responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano – CRB/8 6979



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências em Gestão e Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Maurício Spinardi, realizada em 25/04/2019:

Profa. Dra. Katti Faceli
UFSCar

Prof. Dr. Henrique Ewbank de Miranda Vieira
FACENS

Profa. Dra. Sandy Montenegro Gonzalez
UFSCar

Prof. Dr. João Eduardo Azevedo Ramos da Silva
UFSCar

Agradecimentos

Agradeço,

primeiramente ao Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de São Carlos - campus Sorocaba, por permitir e estimular o meu crescimento intelectual e contribuição à Ciência,

à profa. Dra. Katti Faceli, pela orientação, transparência e respeito durante toda a duração do Programa,

ao prof. Dr. João Eduardo Azevedo Ramos da Silva, pelo tempo, pela paciência sem fim, pelo suporte e pelo contínuo estímulo aos estudos,

ao prof. Dr. Henrique Ewbank de Miranda Vieira e profa. Dra. Sahudy Montenegro González, por aceitarem participar, avaliar e contribuir com as próprias e ricas experiências,

a todos os professores, que durante toda a minha formação (incluindo a que precede o período de PPGCCS) foram infinitas fontes de conhecimento (e que sempre vou admirar),

à SETIS Automação e Sistemas Ltda por permitir e estimular meus estudos (e a todos os amigos e mestres que ali também tenho)

à Ana Luisa, pelo carinho, presença e paciência desde que entrou em minha vida,

aos amigos do Player 4, únicos culpados por tudo (e aqueles que jamais vou poder agradecer tanto quanto deveria),

e à minha família, por me mostrarem a direção certa, na escuridão e na luz.

*“When everything seems to be going against you, remember that the airplane takes off
against the wind, not with it.
(FORD, Henry)*

Resumo

Com a tendência de modernização, automação e troca de dados da Indústria 4.0, cresce o número de novos atores no meio corporativo e a necessidade por ferramentas que agilizem os processos industriais. Plataformas computacionais, como *e-marketplaces*, procuram atender essa demanda, fornecendo recursos para facilitar a aproximação e o relacionamento de clientes e fornecedores. Entretanto, *e-marketplaces* business-to-business ainda sofrem com diversas limitações, como a alta especificidade natural do problema de seleção de fornecedores. Considerando esse problema e contexto, este trabalho propõe uma nova abordagem para seleção de fornecedores em *e-marketplaces*. Nessa abordagem, o problema é dividido em duas etapas: pré-seleção, realizada pelo *e-marketplace*, e decisão final, realizada pelo cliente. Funcionando como processo de filtragem, o objetivo da pré-seleção é o de construir uma lista reduzida e pré-processada de alternativas a ser empregada na segunda etapa, a decisão final, de forma a simplificar e agilizar a análise do cliente. Para verificar a utilidade e viabilidade da pré-seleção, foi proposta uma metodologia, estruturada em quatro passos principais: (1) definição de uma técnica de análise de decisão multicritério, (2) definição de critérios de pré-seleção, (3) validação e definição dos respectivos pesos para os critérios de pré-seleção e (4) definição de uma proposta de descarte de fornecedores. Destacam-se como resultados os benefícios de agilidade e eficiência no processo de seleção e melhorias na manutenibilidade dos *e-marketplaces*.

Palavras-chaves: Automação industrial. Cadeia de suprimentos. Computadores na indústria. *Marketplace* digital.

Abstract

With the current trend of modernisation, automation and data exchange, also known as Industry 4.0, the number of new actors in the corporate environment has grown, along with the need for tools to streamline industrial processes. Computing platforms, such as e-marketplaces, seek to respond to this demand by providing resources to facilitate the initial connection and relationship between clients and suppliers. However, business-to-business e-marketplaces still have a number of limitations, such as the high specificity inherent in the supplier selection problem. Considering this problem and context, this study proposes a new approach to supplier selection in e-marketplaces. In this approach, the problem is divided into two stages: pre-selection, carried out by the e-marketplace, and final decision, carried out by the client. Functioning as a filtering process, the aim of pre-selection is to construct a short, pre-processed list of alternatives for the second step – the final decision – to simplify and streamline the client’s analysis. To verify the utility and feasibility of pre-selection, a methodology structured around four main steps was proposed: (1) defining a multi-criteria decision analysis technique, (2) defining pre-selection criteria, (3) validating and defining the respective weights for the pre-selection criteria and (4) defining a proposal for rejecting suppliers. Consequently, this approach streamlines the efficiency of the selection process and improves the maintainability of e-marketplaces.

Key-words: Industrial automation. Supply chain. Computers in industry. Digital marketplace.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Estrutura do texto	23
Figura 2 – Conceito básico e estrutura de dados de um motor MCDA	29
Figura 3 – Visão geral da abordagem de pré-seleção	39
Figura 4 – Passos para a implementação da abordagem de pré-seleção	40
Figura 5 – Escala gráfica	56
Figura 6 – Escala numérica	57
Figura 7 – Distribuição do Grupo de Controle por tempo de experiência	57
Figura 8 – Distribuição da Coleta Principal por tempo de experiência	59
Figura 9 – Avaliação de importância dos cinco primeiros critérios de pré-seleção	60
Figura 10 – Avaliação de importância dos cinco últimos critérios de pré-seleção	60
Figura 11 – Questionário (pág. 1)	75
Figura 12 – Questionário (pág. 2)	76
Figura 13 – Questionário (pág. 3)	77

Lista de tabelas

Tabela 1 – Escala Fundamental	31
Tabela 2 – Exemplo de matriz de julgamentos	32
Tabela 3 – Índice Randômico	33
Tabela 4 – Escala de importância na perspectiva do cliente	34
Tabela 5 – Escala de importância na perspectiva do fornecedor	34
Tabela 6 – Amostra de estudos e interseções encontradas	37
Tabela 7 – Critérios de pré-seleção e frequências de menção	49
Tabela 8 – Subjetividade do critério Qualidade	50
Tabela 9 – Subjetividade do critério Entrega	50
Tabela 10 – Subjetividade do critério Serviço	51
Tabela 11 – Subjetividade do critério Tecnologias	51
Tabela 12 – Subjetividade do critério Perfil	52
Tabela 13 – Subjetividade do critério Performance	53
Tabela 14 – Mapa de menções dos critérios de pré-seleção	53
Tabela 15 – Pareceres e sugestões de JN e DC sobre as questões de perfilamento	54
Tabela 16 – Síntese de características das questões de perfilamento	55
Tabela 17 – Síntese das observações junto ao Grupo de Controle	57
Tabela 18 – Pesos dos critérios de pré-seleção	61
Tabela 19 – Matriz de julgamentos (Grupo de Controle)	62
Tabela 20 – Matriz de julgamentos (Coleta Principal)	62
Tabela 21 – Mapeamento de critérios no primeiro cenário de teste	63
Tabela 22 – Mapeamento de critérios no segundo cenário de teste	63
Tabela 23 – Valores de entrada por critério no primeiro cenário de teste	64
Tabela 24 – Valores de entrada por critério no segundo cenário de teste	64
Tabela 25 – Classificação AHP no primeiro cenário de teste	65
Tabela 26 – Classificação AHP no segundo cenário de teste	65
Tabela 27 – Classificação psicométrica de fornecedores	66

Lista de abreviaturas e siglas

AHP	Analytic Hierarchy Process
B2B	Business-to-Business
B2C	Business-to-Customer
C2C	Customer-to-Customer
CPS	Cyber-Physical Systems
IoT	Internet of Things
JIT	Just-In-Time
MCDA	Multi Criteria Decision Analysis
MSM	Multi-attribute Selection Model
SSP	Supplier Selection Problem

Sumário

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	Objetivos	22
1.2	Estrutura do texto	22
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	25
2.1	Indústria 4.0	26
2.2	E-marketplaces	28
2.3	Análise de Decisão Multicritério	29
2.3.1	O Processo de Análise Hierárquica	30
2.4	Crítérios de Seleção: Qualificadores e Ganhadores de Pedidos	33
2.5	SSP em e-marketplaces da Indústria 4.0	35
3	PROPOSTA E METODOLOGIA PARA VALIDAÇÃO	39
3.1	(A) Definição da técnica MCDA	41
3.2	(B) Definição dos critérios de pré-seleção	42
3.3	(C) Validação dos critérios de pré-seleção	42
3.3.1	(C.1) Elaboração preliminar do instrumento de pesquisa	42
3.3.2	(C.2) Validação do instrumento de pesquisa	43
3.3.3	(C.3) Grupo de Controle	43
3.3.4	(C.4) Reavaliação do instrumento de pesquisa	44
3.3.5	(C.5) Coleta Principal	44
3.4	(D) Definição de uma proposta de descarte	45
3.5	(E) Prova de conceito	45
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	49
4.1	Definição dos critérios de pré-seleção	49
4.2	Validação dos critérios de pré-seleção	54
4.3	Prova de conceito	62
5	CONCLUSÕES	67
5.1	Contribuições	67
5.2	Trabalhos futuros	68
	Referências	71
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO	75

1 Introdução

Técnicas de decisão para o problema de seleção de fornecedores (do inglês, *Supplier Selection Problem* - SSP) são especialmente interessantes nas áreas de gestão e estratégia empresarial (KAR, 2014). Nessas áreas, os processos de compras e a avaliação cuidadosa de potenciais parceiros têm vital importância (COSTA; REQUEJO; RODRIGUES, 2015). A correta definição de critérios e regras de decisão pode acarretar em alianças comerciais importantes e deriva diretamente das necessidades e prioridades de cada cliente. Tendo esses fundamentos bem estabelecidos, o cliente pode avaliar suas alternativas e determinar melhor qual o fornecedor mais indicado para uma determinada demanda (DULMIN; MININNO, 2003).

Com a modernização do relacionamento *Business-to-Business* (B2B), organizações empresariais têm passado a adotar um perfil mais conectado e colaborativo, focado no rastreamento de informações em tempo real e tomadas de decisão embasadas por plataformas computacionais. Essa movimentação afeta toda a cadeia de suprimentos e decorre dos contínuos avanços nos estudos de Internet das Coisas (do inglês, *Internet of Things* - IoT) e sistemas ciberfísicos (do inglês, *Cyber-Physical Systems* - CPS), que impulsionam a constante troca de dados e automação de processos industriais.

Nesse contexto, *e-marketplaces* procuram facilitar a aproximação e o relacionamento de clientes e fornecedores, funcionando como plataforma compartilhada de compra, venda e manutenção de negócios. Diferentemente das tradicionais lojas online, em que um único ator comercializa produtos ou serviços, em *e-marketplaces* vários atores dividem o mesmo espaço, seja no papel de cliente, seja no de fornecedor. Considerando que a capacidade de gerenciar e tomar decisões de forma ágil trata-se de uma clara vantagem competitiva, *e-marketplaces* se posicionam como recurso de forte representatividade na indústria (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

Entretanto, uma análise mais cuidadosa dos *e-marketplaces* existentes mostra que importantes processos de automação ainda não são adequadamente contemplados, como aquisição, engenharia, manufatura, entrega, avaliação de risco e monitoramento (CISNEROS-CABRERA et al., 2017). Mais ainda, um forte limitante é a alta carga de especificidade dessas plataformas, já que são fortemente enviesadas pelas necessidades e prioridades dos seus usuários. Essa carga de especificidade é natural para SSP e, quanto maior a integração entre o cliente e o fornecedor, mais específicos são os critérios de decisão, tornando difícil a manutenção de uma solução multiusuário. Esse é um importante fator pelo qual *e-marketplaces* B2B ainda não atingiram todo o seu potencial (WHITE et al., 2007).

Nas abordagens tradicionais para o problema da seleção de fornecedores, o cliente possui uma lista previamente conhecida de alternativas, além de critérios de seleção bem definidos. O papel de um *e-marketplace*, isto posto, é apenas o de analisar os dados e sugerir qual o melhor pareamento entre as partes. Tipicamente operacionalizadas através de técnicas de análise de decisão multicritério (do inglês, *Multi Criteria Decision Analysis* - MCDA), tais automações tendem a ser super-ajustadas pelo contexto do cliente, suas dimensões e subdimensões de interesse. Entretanto, quando a lista de alternativas não é previamente conhecida pelo cliente ou seus critérios não estão bem definidos, todos os fornecedores atuando para atender uma determinada demanda configuram potenciais parceiros, aumentando o número de alternativas e, por consequência, a dificuldade da análise.

Para atenuar essa dificuldade e explorar uma oportunidade de redefinir o papel do *e-marketplace* na Indústria 4.0, este trabalho propõe a divisão de SPP em duas etapas: pré-seleção e decisão final. Na primeira etapa, os critérios relevantes são menos específicos e, portanto, comuns para diferentes clientes. Funcionando como processo de filtragem, o objetivo da pré-seleção é o de construir uma lista reduzida e pré-processada de alternativas, a partir de um conjunto de fornecedores associados à um *e-marketplace*. Essa lista é então analisada pelo cliente na segunda etapa - decisão final - onde suas necessidades e prioridades tem papel determinante para o resultado. Nessa proposta, a etapa de pré-seleção é inteiramente de responsabilidade do *e-marketplace*, enquanto a decisão final, apenas do cliente.

1.1 Objetivos

O objetivo deste trabalho é o de apresentar e avaliar a viabilidade de uma solução para SSP quando o cliente não possui uma lista previamente conhecida de alternativas (fornecedores) e/ou necessidades e prioridades bem definidas. Mais especificamente, propõe-se uma etapa de pré-seleção de fornecedores para *e-marketplaces*, de tal forma que essas plataformas compartilhadas possam atender melhor múltiplos usuários, sem a responsabilidade direta de sugerir uma decisão final (normalmente específica para um cliente), tornando mais viável o gerenciamento do crescente número de parceiros comerciais, no contexto de automação e troca de dados da Indústria 4.0.

1.2 Estrutura do texto

Este documento é organizado em cinco capítulos principais, englobando desde introdução e fundamentação teórica, até levantamento de dados, testes práticos e discussões, conforme Figura 1:

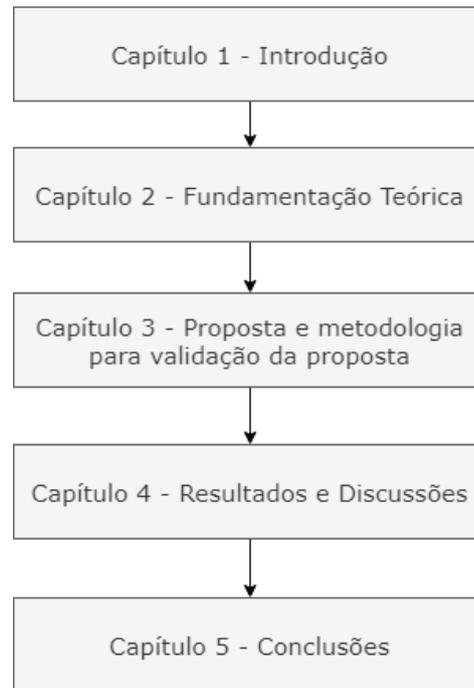


Figura 1: Estrutura do texto

O Capítulo 1 introduz o contexto do trabalho, objetivos e estrutura do texto. O Capítulo 2 se refere à revisão da literatura e apresentação dos fundamentos teóricos, tratando Indústria 4.0, um breve histórico de *e-marketplaces* no contexto de negócios, o que são as técnicas de decisão multicritério, classificadores para critérios de seleção e, por fim, brevemente como esses construtos se relacionam. O Capítulo 3 detalha a proposta de trabalho e apresenta a metodologia para validação dessa proposta: atividades previstas, amostra de estudos para investigação de critérios de pré-seleção, levantamento de dados e testes práticos. O Capítulo 4 trata da execução e detalhamento dos passos propostos pela metodologia apresentada no capítulo anterior, trazendo resultados e discussões. Por último, no Capítulo 5 são apresentadas as conclusões do trabalho, destacando as principais contribuições, recomendações e limitações identificadas, além de sugestões de trabalhos futuros.

2 Fundamentação Teórica

Este capítulo apresenta os principais conceitos e fundamentos presentes no decorrer deste documento. A Seção 2.1 contextualiza Indústria 4.0, a Seção 2.2 traz informações sobre *e-marketplaces*, a Seção 2.3 apresenta o conceito de análise de decisão multicritério e a Seção 2.4, critérios de seleção. Por fim, a Seção 2.5 trata brevemente do relacionamento dos construtos anteriores entre si e com este trabalho. Tal fundamentação teórica é resultado de um processo de revisão bibliográfica embasado em quatro técnicas principais: *networking*, busca manual, busca por palavras-chave e *snowballing*.

Por se tratarem de tópicos multidisciplinares e atuais, diversos dos conceitos apresentados - como Indústria 4.0 e *e-marketplaces* - não são estranhos ao ambiente acadêmico. Considerando isso, *networking*¹ pode ser vista como a primeira técnica utilizada por este trabalho para investigação do estado-da-arte, onde a troca de informações com outros pesquisadores permitiu o levantamento de diversas referências. Da técnica de *networking* também decorre a busca manual, envolvendo pesquisas em programas relevantes para as áreas em questão, como, por exemplo, o programa *Horizon 2020*, da Comissão Europeia.

Da bagagem adquirida com *networking* e busca manual, foi possível determinar o conjunto de expressões e palavras-chave necessário para a técnica de busca por palavra-chave, majoritariamente executada nas bases eletrônicas: *ScienceDirect*, *Google Scholar*, *Emerald Insight* e *ResearchGate*. Desse conjunto, os principais termos - *Digital marketplaces*, *E-marketplaces*, *Electronic marketplaces* (EM), *Industrie 4.0*, *Pre-selection of suppliers*, *Supplier pre-selection*, *Supplier selection problem* (SSP), e *Supplier selection* - foram combinados de múltiplas formas com os termos secundários:

- *Analytic Hierarchy Process* (AHP)
- *Decision support*
- *Decision support systems*
- *Multi-criteria decision aid* (MCDA)
- *Multi-criteria decision analysis* (MCDA)
- *Multi-criteria decision making* (MCDM)
- *Multiple criteria analysis*

¹ Pode aqui ser entendida como a técnica de se construir e usufruir de uma rede de contatos profissional para troca de informações e potencialização de oportunidades através de relacionamentos.

- *Selection criteria*
- *Supply chain*

Por último, emergindo de forma natural, foi aplicada a técnica de *snowballing*, tanto na variante *forward snowballing* quanto na variante *backward snowballing*. *Backward snowballing* trata-se da investigação da lista de referências de uma publicação relevante, enquanto *forward snowballing* trata-se da busca por citações dessa publicação em outros materiais potencialmente relevantes (WOHLIN et al., 2012). Para todas as técnicas - de *networking* a *snowballing* - foram favorecidos estudos publicados a partir do início do século XXI (ou período aproximado).

2.1 Indústria 4.0

A Alemanha possui uma das indústrias de manufatura mais competitivas do mundo, muito por conta da sua capacidade de gerenciar complexos processos industriais, com tarefas executadas por diferentes parceiros, distantes entre si (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013). Não à toa, portanto, é associado à Alemanha o cunho da expressão Indústria 4.0, pois foi o primeiro país a estudar especificamente a modernização do relacionamento entre as diferentes partes da cadeia de suprimentos (HOFMANN; RÜSCH, 2017). Como a conhecemos, a indústria de manufatura já passou por três revoluções bem definidas: a primeira, no final do século 18, com a introdução de equipamentos mecânicos na automação das linhas de produção, utilizando-se da água e do vapor; a segunda, no início do século 20, com a introdução da produção em massa alimentada pela energia elétrica; e a terceira com a introdução da tecnologia da informação no aumento exponencial da automação dos processos industriais, permitindo que máquinas façam a substituição não só do trabalho braçal, mas de parte do pensamento humano. Com os avanços em IoT e CPS, entretanto, a indústria passa a ter ainda mais recursos, se conectando à Internet, aproximando parceiros e atualizando processos.

A Alemanha, entretanto, não foi a única a notar que IoT e CPS podem figurar uma vantagem competitiva importante. Do ponto de vista governamental, Estados Unidos, França, Inglaterra, Coreia do Sul, China, Japão, Singapura e a União Europeia também lançaram programas de incentivo a pesquisas para a viabilização da quarta revolução industrial, com objetivos claros traçados para as primeiras décadas do século XXI. Essas forças, em conjunto, tornaram este tópico um dos mais discutidos nos eventos da área (LIAO et al., 2017).

Enquanto pioneiro na integração avançada de processos industriais, o governo alemão publicou uma coleção de pensamentos estratégicos que figura entre os principais documentos de formalização da iniciativa Indústria 4.0 em todo o mundo (KAGERMANN;

WAHLSTER; HELBIG, 2013). As recomendações ali contidas resumem os conceitos e propostas da iniciativa, apontando claramente oito áreas prioritárias de ação:

- Integração inter-comercial, com a criação de uma arquitetura de referência para Indústria 4.0;
- Criação de modelos de planejamento e exploração de processos industriais;
- Melhoramento da infraestrutura de comunicação;
- Segurança (tanto de pessoas e ambientes quanto de informações e dados sensíveis);
- Organização e governança empresarial, visando tirar melhor proveito do conhecimento de negócio dos profissionais envolvidos;
- Contínuo desenvolvimento profissional;
- Regulamentação, visando proteger dados corporativos, prover responsabilidade clara às partes envolvidas e coibir atividades ilícitas; e
- Eficiência no uso de recursos de produção, minimizando o impacto de gastos inconsequentes de matéria-prima.

Para viabilizar a Indústria 4.0, serão necessárias tecnologias e soluções organizacionais adaptadas para as necessidades não só das grandes empresas, mas das companhias de médio e pequeno porte, de onde decorre a necessidade de extrair e sistematizar mais do conhecimento do profissional sobre o negócio, aumentando a competitividade (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013). Esse aspecto é importante porque determina que os esforços de inovação não podem ser focados apenas na superação de desafios tecnológicos. O domínio da inovação deve ser ampliado de forma consistente para incluir o conhecimento e as habilidades do profissional, que desempenha papel fundamental para o sucesso da cadeia de suprimentos. Em posse das ferramentas adequadas, é provável que a vida do profissional desse segmento mude consideravelmente, repercutindo na flexibilidade, no tempo de trabalho, saúde, demografia e privacidade das pessoas. Essa é uma característica com potencial para diminuir a distância entre a grande e a pequena empresa, criando novas oportunidades de negócio e relações comerciais (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

De maneira geral, é também importante notar que há opiniões divergentes sobre o conceito de Indústria 4.0 (HOFMANN; RÜSCH, 2017). Alguns especialistas argumentam que a cadeia de suprimentos é demasiadamente complexa e envolve muitas partes para ser gerenciada de forma colaborativa, com integração de ponta-a-ponta. Mais do que isso, enquanto Revolução Industrial, a Indústria 4.0 não apresenta tecnologias tão ruptivas como

suas predecessoras. Nesse sentido, o movimento pode ter maior efeito, por exemplo, em integrações pontuais de alguns processos, como o que já ocorre com a indústria automotiva. Nesse segmento, fornecedores, gestão logística e clientes já se relacionam de forma bastante eficiente e é improvável que, com a notável maturidade, ocorram investimentos em mudanças frente a ganhos marginais de benefícios.

2.2 E-marketplaces

Business-to-business marketplaces, no universo eletrônico, já existem como plataforma de compra e venda para diferentes tipos de produtos, atendendo a diferentes demandas e mercados há décadas. O desenvolvimento das tecnologias necessárias para esse tipo de serviço digital - como a Internet - teve forte impacto no início do século XXI. Mais de dois mil serviços desse tipo poderiam ser facilmente identificados nesse período, mas poucos permaneceriam ativos por anos a fio (WHITE et al., 2007) (LASETER; LONG; CAPERS, 2001).

Características e particularidades de mercados muito verticais e a desconfiança em um novo conceito de serviço digital figuraram como os principais motivos para o baixo número de transações e retorno de caixa dos *e-marketplaces* do início do século XXI, fazendo com que falhassem ao atrair usuários, sejam fornecedores ou clientes.

Várias foram as definições dadas aos *e-marketplaces* ao longo do tempo, mas há um consenso de que se tratam, de maneira geral, de sistemas digitais que conectam múltiplos parceiros comerciais - fornecedores e clientes - com o propósito de que possam negociar e colaborar, melhorando a integração entre si (HOWARD; VIDGEN; POWELL, 2006). Considerando isso, estão em clara consonância com o movimento conhecido por Indústria 4.0, e podem ser considerados um recurso importante para a aproximação de diferentes atores da cadeia de suprimentos.

Entretanto, destacam-se também as barreiras para a adoção massiva de *e-marketplaces*, como a recorrente inabilidade desses sistemas em balancear as necessidades e prioridades de clientes na associação com potenciais fornecedores, além da complexidade e natureza social de um sistema digital (WHITE et al., 2007). Fortemente viesados pelas particularidades dos seus usuários, *e-marketplaces* dificilmente conseguem ser muito eficientes ao tentar replicar o papel do cliente no processo de seleção de parceiros, uma vez que, quanto maior a integração entre cliente e fornecedor, menor a probabilidade da plataforma se adequar a múltiplos usuários diferentes. Ainda assim, em um contexto de modernização contínua e necessária, conforme cresce a competitividade comercial e o número de fornecedores na indústria, cresce também a obrigatoriedade de ferramentas computacionais que suportem a nova realidade, não só para as grandes empresas, mas também para companhias de médio e pequeno porte.

Da natureza social de um sistema digital como os *e-marketplaces* - não só no contexto B2B - decorrem diversas classificações possíveis. O viés dessas ferramentas pode variar entre horizontal, vertical ou global, *business-to-business*, *business-to-customer* (B2C) ou *customer-to-customer* (C2C), baseado em produtos, serviços ou projetos (e até mesmo uma combinação, resultando em plataforma híbrida). *E-marketplaces* de produtos (B2C e C2C), por exemplo, ganharam notoriedade internacional com implementações bem sucedidas, como AliExpress e Amazon. Redefinir o papel do *e-marketplace* B2B existente hoje, espelhando esses exemplos, trata-se justamente de aproveitar uma oportunidade de tornar mais ágeis e confiáveis os processos de aproximação de parceiros, e melhorar a manutenibilidade das plataformas compartilhadas, noções importantes no contexto de Indústria 4.0

2.3 Análise de Decisão Multicritério

Crítérios podem ser definidos como um meio de julgamento, fatores pelos quais é possível, em palavras simples, comparar dois ou mais elementos. No contexto de um motor ou ferramenta de análise multicritério (assumindo diferentes perspectivas e cursos de ação como possíveis soluções para um problema), esses meios de julgamento são combinados, com o objetivo de encontrar, da forma mais robusta possível, a solução mais desejável em um conjunto de alternativas. A partir disso, é possível definir a expressão MCDA como recurso para descrever uma coleção de abordagens formais que buscam levar em conta, explicitamente, múltiplos critérios, para ajudar pessoas ou grupos a explorar decisões importantes (BELTON; STEWART, 2002).

A execução de uma análise do tipo multicritério pode ser, a grosso modo, dividida em duas partes: (I) na definição dos dados de entrada (ou critérios de seleção) e sua estrutura correspondente; (II) no processamento desses dados e visualização dos resultados. A Figura 2 ilustra o conceito básico e estrutura de dados de um motor MCDA.

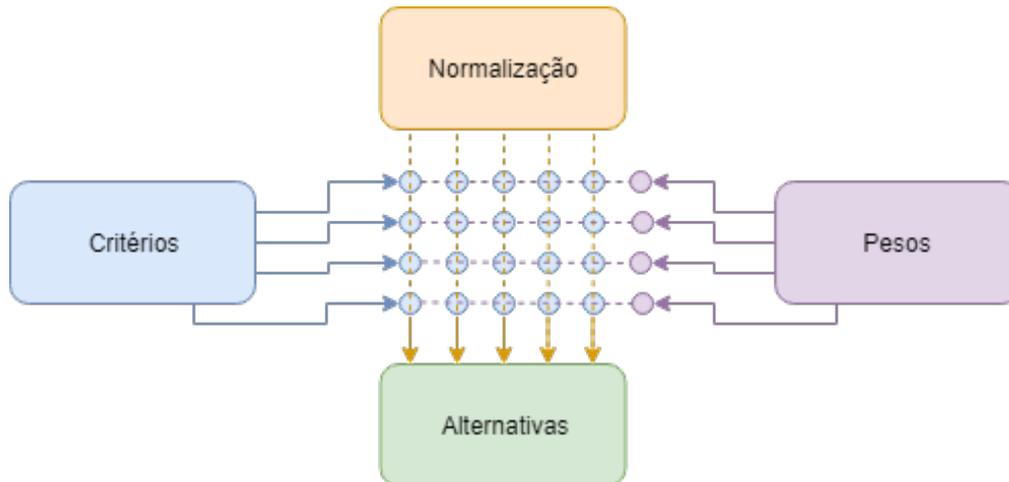


Figura 2: Conceito básico e estrutura de dados de um motor MCDA

Fonte: Adaptado de (MÜLLER; RASKOB, 2017)

A forma mais simples de MCDA resume-se a uma matriz (de valores e somas ponderadas) onde, considerando um determinado problema, as colunas representam o conjunto de soluções possíveis (as alternativas) e as linhas os critérios levados em consideração no processo de decisão. Além disso, nem todos os critérios são igualmente importantes e, portanto, são balanceados (normalizados) por um elemento que, para fácil compreensão, será aqui denominado apenas de peso do critério.

Um exemplo pode ser obtido da seguinte situação-problema: comprar um aparelho televisor. Nessa situação-problema, as alternativas podem ser formadas pelos fabricantes do produto (como Sony, Philips e LG) e os critérios relevantes podem ser: **Preço** (\$2000, \$1200 e \$1600), **Tamanho de tela** (42", 32" e 40") e **Frequência de atualização de imagem** (240Hz, 60Hz e 120Hz). Para cada cliente, a importância (peso) dos critérios pode variar e, dessa natureza, decorre a carga de especificidade associada às análises multicritério.

Conforme cresce o número de critérios na matriz de análise, mais complexo tende a ser o entendimento e organização dos valores correspondentes. Portanto, não é incomum que os critérios para um determinado problema sejam distribuídos em grupos, de acordo com suas características (ou o que representam). No exemplo anterior, o critério **Frequência de atualização de imagem** poderia ser visto como um aspecto de **Qualidade** do produto. Nesse caso, **Qualidade** seria uma dimensão (um grupo), representado pelas suas subdimensões (**Frequência de atualização de imagem**).

Como são muitos e muito diferentes entre si, ora quantitativos (como **Preço**), ora qualitativos (como **Perfil**), normalmente não é possível comparar critérios sem uma etapa de pré-processamento. Para que a comparação seja factível, é mandatório que todos os dados sejam representados numericamente e normalizados. Em última instância, diferentes abordagens matemáticas são aplicáveis em cenários multicritérios, de diferentes formas.

Estudos comparativos mostram que não existem técnicas de decisão multicritério que possam ser apontadas como superiores umas às outras, em qualquer situação (FIGUEIRA; GRECO; EHRGOTT, 2005). Entretanto, para verificar e validar a proposta deste trabalho foi utilizado o Processo de Análise Hierárquica (do inglês, *Analytic Hierarchy Process* - AHP), flexível por não se limitar aos dados de entrada e capaz de lidar tanto com aspectos físicos, como sociais.

2.3.1 O Processo de Análise Hierárquica

O Processo de Análise Hierárquica é comumente utilizado para o tratamento de comparações, sejam elas qualitativas, quantitativas ou híbridas. Tais comparações, em termos práticos, podem derivar de medições reais ou de uma Escala Fundamental - vide Tabela 1 - estabelecida de forma a refletir a razão de preferência entre dois critérios (SAATY, 1987).

Tabela 1: Escala Fundamental

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	Dois critérios contribuem igualmente para a decisão
3	Moderada importância	Experiência e julgamento favorecem levemente um critério em relação à outro
5	Importância grande ou essencial	Experiência e julgamento favorecem fortemente um critério em relação à outro
7	Importância muito grande	Um critério é muito fortemente favorecido em relação à outro; sua dominância é demonstrada na prática
9	Importância absoluta	Um critério é evidentemente mais importante do que outro (com o mais alto grau de certeza)
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre valores adjacentes	
Recíprocos	Se a importância entre i e j é igual a n , então entre j e i é igual a $1/n$	
Racionais	Razões resultantes da escala	

Fonte: Adaptado de (SAATY, 1987)

Fundamentado em julgamentos paritários (ou seja, dois-a-dois), AHP requer a priorização dos elementos que estiverem sendo comparados, por sua relativa importância. Esse processo gera uma matriz de julgamentos, preenchida pelas razões de relatividade resultantes. Essa matriz, se de ordem n , requer $n * (n - 1)/2$ julgamentos, dado que é

recíproca na transposta e que em sua diagonal todas as comparações são, obviamente, unitárias (isto é, um critério é comparativamente tão importante quanto a si próprio).

Supondo o seguinte exemplo como recurso para entendimento e fixação da técnica AHP: um vestibulando com boas notas precisa decidir a próxima instituição de ensino a qual irá se filiar (SAATY, 1987). Suas alternativas são diversas e seus critérios, baseados nas seguintes preferências pessoais:

- Quanto mais distante a instituição for, mais atrativa ela será;
- A reputação da instituição é ligeiramente mais importante na decisão do que os aspectos acadêmicos (as características das aulas, ementas, etc.);
- A ambientação também será ligeiramente mais importante que tanto a reputação quanto os aspectos acadêmicos da instituição.
- A ambientação da instituição é muitas vezes mais importante que a localização.

Considerando a premissa desse exemplo, o preenchimento da matriz de julgamentos tipicamente deriva do seguinte questionamento: ao considerar dois critérios - i no eixo vertical da matriz e j no eixo horizontal - qual melhor satisfaz o vestibulando em termos de relativa importância? Ou seja, qual dos critérios em comparação melhor atende o vestibulando, considerando suas preferências? Para alcançar uma razão comparativa, existe a mencionada Escala Fundamental. Dela é possível derivar uma relação a_{ij} que responde ao questionamento apresentado (ou a_{ji} , considerando a natureza de reciprocidade da matriz) (SAATY, 1987).

Na matriz exemplo dada pela Tabela 2, a primeira comparação não trivial considera a relação entre **Ambiente** e **Localização**. É possível notar que, nesse exemplo, **Ambiente** é muito mais influente do que **Localização** (7 vezes mais) no processo de decisão. Como a comparação entre **Ambiente** e **Localização** é recíproca, a razão inversa é atribuída na posição correspondente (1/7).

Tabela 2: Exemplo de matriz de julgamentos

	Localização	Ambiente	Reputação	Academia
Localização	1	1/7	1/5	1/5
Ambiente	7	1	2	3
Reputação	5	1/2	1	1
Academia	5	1/3	1	1

Fonte: (SAATY, 1987)

Um importante aspecto também a ser considerado no Processo de Análise Hierárquica é a consistência dos julgamentos. Isto é, devem ser evitadas contradições na

análise dos critérios, muitas vezes naturais do ser humano. Para tanto, existe a Razão de Consistência RC que, por definição, não deve exceder a 10% (SAATY, 1987). RC pode ser obtida da Equação 2.1, onde IC representa o Índice de Consistência da matriz (medida de consistência proposta na definição da técnica AHP) e IR o Índice Randômico, equivalente ao IC mais apropriado para diferentes ordens da matriz de julgamentos:

$$RC = IC/IR \quad (2.1)$$

IC , por sua vez, pode ser obtido da Equação 2.2, onde λ_{max} representa o maior autovalor da matriz de julgamentos e n a ordem da matriz:

$$IC = (\lambda_{max} - n)/(n - 1) \quad (2.2)$$

Os valores predeterminados para o Índice Randômico, derivados de amostragem, por sua vez, podem ser conferidos na Tabela 3.

Tabela 3: Índice Randômico

Ordem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Fonte: (SAATY, 1987)

2.4 Critérios de Seleção: Qualificadores e Ganhadores de Pedidos

Fatores de competitividade são determinantes para a formulação de uma estratégia de produção e, conseqüentemente, determinantes para os conceitos decorrentes dessa máxima da indústria. Sem a produção não existe mercado, não existem parceiros, demanda, concorrência, cultura e estratégia (PASCALE; ATHOS, 1982) (VOSS, 1992) (CORRÊA, 1993) (HILL, 1993) (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002). Tais fatores de competitividade são, na ótica do cliente, os critérios que decidem se uma parceria com determinado fornecedor tem (ou não) potencial de sucesso. Para os fornecedores, são os objetivos de desempenho a alcançar. A decisão de atender a grupos de consumidores muito diferentes pode implicar em melhorar significativamente mais de um dos objetivos de desempenho, evidência da especificidade que pode atingir o relacionamento entre clientes e fornecedores (e que tende a definir as automações do contexto de SSP).

É imprescindível que critérios - qualificadores, ganhadores de pedidos ou outros - sejam bem definidos, já que compõem fatores de competitividade a serem considerados para a formulação de uma estratégia de produção (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002). Assim sendo:

- Critérios qualificadores: são critérios em que um fornecedor (serviço ou produto produzido) deve atingir um nível mínimo de desempenho para ser considerado relevante pelos clientes (consumidores ou parceiros). Abaixo desse nível, o fornecedor está provavelmente fora da faixa de concorrência. Muito acima, não necessariamente terá um benefício competitivo relevante.
- Critérios ganhadores de pedidos: são os critérios que diretamente e de maneira significativa influenciam a concretização de um negócio. Somente relevantes, entretanto, quando um fornecedor (serviço ou produto produzido) atinge desempenho mínimo nos critérios qualificadores.
- Outros critérios ou critérios menos importantes: não influenciam de forma significativa e servem como um diferenciador do fornecedor (serviço ou produto produzido). São complementos quando o desempenho já é considerável para os critérios qualificadores e ganhadores de pedidos.

Para cada um desses conjuntos de critérios pode ser atribuída uma nota, de forma a tornar possível a referida análise de desempenho do fornecedor. Diversos autores convergem na adoção de uma escala de nove pontos, apresentada nas tabelas 4 e 5 (CORRÊA, 1993) (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002), nas perspectivas do cliente e do fornecedor. Dessas mesmas tabelas é inferida a fronteira de aceitabilidade dos eventuais critérios de seleção, sejam eles qualificadores, ganhadores de pedidos ou outros.

Tabela 4: Escala de importância na perspectiva do cliente

Nota	Descrição (em relação à concorrência)	Categoria
1	Fornece vantagem crucial	Ganhador de pedido
2	Fornece vantagem importante	Ganhador de pedido
3	Fornece vantagem útil	Ganhador de pedido
4	Necessita estar acima de bons padrões industriais	Qualificador
5	Necessita estar de acordo com padrões industriais médios	Qualificador
6	Necessita estar pouca distância atrás do resto da indústria	Qualificador
7	Geralmente não importante, mas pode vir a ser	Menos importante
8	Muito raramente considerado	Menos importante
9	Nunca considerado	Menos importante

Fonte: Adaptado de (CORRÊA, 1993) e (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002)

Tabela 5: Escala de importância na perspectiva do fornecedor

Nota	Descrição (em relação à concorrência)	Categoria
1	Consideravelmente melhor	Melhor do que a concorrência
2	Claramente melhor	Melhor do que a concorrência
3	Marginalmente melhor	Melhor do que a concorrência
4	Algumas vezes marginalmente melhor	Similar à concorrência
5	Aproximadamente igual à maior parte	Similar à concorrência
6	Ligeiramente pior do que a média da maior parte	Similar à concorrência
7	Algumas vezes marginalmente pior	Pior do que a concorrência
8	Claramente pior	Pior do que a concorrência
9	Consistentemente pior	Pior do que a concorrência

Fonte: Adaptado de (CORRÊA, 1993) e (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002)

Nota-se uma clara correspondência entre o intervalo de nove pontos utilizado para a análise de desempenho do fornecedor e o que define a Escala Fundamental (Seção 2.3). Tal correspondência é interessante porque permite que a inferência de como um critério influi no desempenho de um fornecedor seja simplificada.

2.5 SSP em e-marketplaces da Indústria 4.0

Com a movimentação dos componentes da cadeia de suprimentos em direção à era da Indústria 4.0, diversos esforços de automação digital tomam forma, na tentativa de que o conhecimento tácito de especialistas de domínio seja traduzido em soluções computacionais eficientes e confiáveis (HO; XU; DEY, 2010). As características desse problema, entretanto, impõem desafios.

Diferentes níveis de integração entre clientes e fornecedores fazem com que a carga de especificidade das abordagens propostas para atacar SSP tenha a tendência de ser alta. Tais níveis de integração são determinados pelo balanço entre os interesses e necessidades dos clientes durante a avaliação de potenciais fornecedores. Podem ser mencionados ao menos cinco diferentes níveis de integração e seus critérios de referência: (nível 1) Preço e Quantidade, (nível 2) Confiabilidade, Flexibilidade e Tempo de espera, (nível 3) Modo de produção, Capacidade de produção e Produção sob demanda, (nível 4) Cultura de trabalho e Governança empresarial e (nível 5) Estratégia de negócios (MASELLA; RANGONE, 1995) (MERLI, 1991) (GHODSYPOUR; O'BRIEN, 1998). Quanto maior a importância dada aos níveis maiores (sendo 5 o maior nível), maior tende a ser a especificidade da automação.

Dentre suas muitas frentes, um dos objetivos da quarta revolução industrial é, justamente, o de diminuir a distância entre os componentes da cadeia de suprimentos, aumentando a integração entre clientes e fornecedores (KAGERMANN; WAHLSTER;

HELBIG, 2013). Por outro lado, a modernização dos processos e digitalização da indústria acarretam no aumento de fornecedores no mercado, dados os facilitadores tecnológicos que ajudam a viabilizar um negócio. Nesse cenário, *e-marketplaces* podem servir como recurso para agilizar processos. São sistemas digitais com o objetivo de conectar múltiplos parceiros comerciais, para que possam negociar e colaborar entre si (HOWARD; VIDGEN; POWELL, 2006). Em clara consonância com o contexto de Indústria 4.0, *e-marketplaces* são uma necessidade e, ao mesmo tempo, empecilho, visto que carecem de processos que atendam todas as demandas do perfil da indústria digital, como já discutido no Capítulo 1 (CISNEROS-CABRERA et al., 2017).

Evidente desafio de integração, o problema da seleção de fornecedores, nas abordagens mais tradicionais, é definido por (I) uma lista previamente conhecida de alternativas e (II) necessidades e prioridades bem definidas pelo cliente. (I) é então submetido à análise por um motor MCDA, comumente enviesado por (II). Quando (I) e (II) não são contemplados, SSP se torna um problema considerado de difícil automação computacional. Para a abordagem de pré-seleção, entretanto, a ausência de (I), (II) ou ambos, abre uma janela de oportunidade. Funcionando como processo de filtragem, o objetivo da pré-seleção é o de sugerir uma lista reduzida e pré-processada de alternativas à etapa de decisão final, a partir de um conjunto formado pela base de fornecedores de um *e-marketplace*. Justamente o não comprometimento em sugerir uma decisão em si, super-ajustada para as necessidades e prioridades de um cliente específico, é o que permite maior “relaxamento” e generalização nas análises conduzidas em etapa de pré-seleção. Isso implica que a margem de erro e inconsistência das análises multicritério pode ser comparativamente maior - quando considerada a decisão final - uma vez que os próprios critérios de seleção são menos precisos.

Diversos autores divergem quanto aos critérios de seleção mais bem estabelecidos através da cadeia de suprimentos e, dada a natureza do problema de seleção de fornecedores, tais divergências são apenas naturais. (MACHADO; PINHEIRO; PACHECO, 2014). Dimensões e subdimensões de interesse tendem a variar de cliente para cliente, particularmente conforme cresce o objetivo de integração entre parceiros. Entretanto, altos níveis de integração no relacionamento cliente-fornecedor implicam também em múltiplas interseções nos critérios considerados relevantes por diferentes clientes, uma vez que, para atingir um alto nível de integração, o relacionamento cliente-fornecedor precisa contemplar todos os níveis de integração menores, partindo do mais baixo. Em revisão bibliográfica, fica evidente a natureza subjetiva dos critérios de seleção de diferentes estudos sobre SSP e MCDA e não é difícil reconhecer tais interseções. A Tabela 6 sumariza exemplos de estudos com ocorrências claras de critérios nessas condições.

Tabela 6: Amostra de estudos e interseções encontradas

Autor(es) e ano de publicação	CrITÉrios de seleÇão
(GHODSYPUR; O'BRIEN, 1998)	Preço, Qualidade, Quantidade, Entrega, Performance e Serviço
(MURALIDHARAN; ANANTHARAMAN; DESHMUKH, 2002)	Preço, Qualidade, Quantidade, Entrega, Performance, Serviço, Perfil e Tecnologias
(BARLA, 2003)	Preço, Qualidade, Quantidade, Entrega, Perfil, Localização e Tecnologias
(SHYUR; SHIH, 2006)	Preço, Qualidade, Entrega, Performance, Serviço e Tecnologias
(XIA; WU, 2007)	Preço, Qualidade, Quantidade, Formas de pagamento e garantias contratuais, Entrega, Performance e Tecnologias
(NG, 2008)	Preço, Qualidade, Quantidade, Entrega e Localização
(CHAMODRAKAS; BATIS; MARTAKOS, 2010)	Preço, Qualidade e Entrega
(BüYüKÖZKAN; ÇİFÇİ, 2011)	Preço, Qualidade, Performance, Serviço e Tecnologias
(TEKTAS; AYTEKIN, 2011)	Preço, Qualidade, Quantidade, Formas de pagamento e garantias contratuais, Entrega, Performance, Serviço, Perfil, Localização e Tecnologias
(SAGAR; SINGH, 2012)	Preço, Qualidade, Quantidade, Formas de pagamento e garantias contratuais, Entrega, Performance, Serviço, Perfil, Localização e Tecnologias
(PAL; GUPTA; GARG, 2013)	Preço, Qualidade, Quantidade, Formas de pagamento e garantias contratuais, Entrega, Perfil, Localização e Tecnologias
(SCOTT et al., 2015)	Preço, Qualidade e Quantidade
(BANAEIAN et al., 2015)	Preço, Qualidade, Quantidade, Entrega, Serviço, Perfil, Localização e Tecnologias
(CENGİZ et al., 2017)	Preço, Qualidade, Quantidade, Formas de pagamento e garantias contratuais, Entrega, Serviço, Perfil, Localização e Tecnologias
(RAMLAN et al., 2016)	Preço, Qualidade, Quantidade, Entrega, Performance, Serviço, Perfil e Localização
(NGUYEN, 2016)	Preço, Qualidade, Serviço, Perfil e Localização
(MUKHERJEE, 2016)	Preço, Qualidade, Quantidade, Entrega, Performance, Serviço, Perfil e Tecnologias

É perceptível que os critérios que tipicamente definem os níveis de integração mais baixos estão sempre presentes, destacando-se Preço, Qualidade e Quantidade. Entretanto, Qualidade é um critério definido ora por Métodos de inspeção, Estratégias de produção, Percentual de rejeição, Confiabilidade e Desempenho, ora por Desempenho, Conhecimento técnico e Processos de controle. Há consenso de que Qualidade se trata de um critério importante, mas não há consenso sobre como defini-lo. Mais ainda, Confiabilidade e Desempenho poderiam ser características que definem o Perfil do fornecedor, outro critério em potencial. Devido à esse inerente fator de subjetividade, o processo de análise tende a ser, no mínimo, impreciso.

3 Proposta e metodologia para validação

Esse capítulo apresenta a proposta deste trabalho, em detalhes. Especificamente, os passos necessários para entendimento e implementação da abordagem de pré-seleção, levando em consideração *e-marketplaces* no contexto de Indústria 4.0. Em seguida, são introduzidas as diferentes etapas previstas para validação da proposta. A Seção 3.1 define a técnica MCDA utilizada na operacionalização da abordagem, a Seção 3.2 trata da definição dos critérios de pré-seleção, a Seção 3.3 aborda o instrumento de pesquisa, a Seção 3.4 formaliza uma proposta de descarte de fornecedores e a Seção 3.5, os testes necessários para verificar a utilidade e viabilidade da abordagem. A execução das atividades previstas nessas seções, bem como os resultados obtidos e as correspondentes discussões podem ser observados no Capítulo 4.

Investigar a abordagem de pré-seleção trata-se, na verdade, de verificar a viabilidade de se acrescentar uma etapa ao processo de decisão. Esta etapa não existe de forma independente e não se compromete tão fortemente com a decisão final, processando dados mesmo que o cliente não tenha uma lista previamente conhecida de alternativas e/ou necessidades e prioridades bem definidas. As figuras 3 e 4 apresentam as principais características e passos para implementação dessa abordagem.

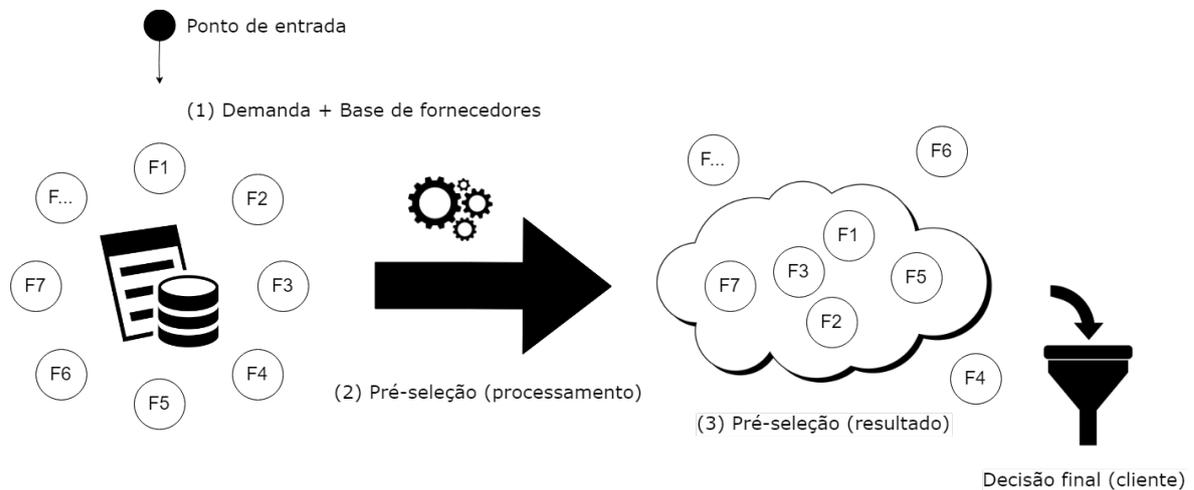


Figura 3: Visão geral da abordagem de pré-seleção

Na Figura 3, notam-se os pré-requisitos da abordagem de pré-seleção em (1), isto é, a demanda do cliente e uma base de fornecedores de um *e-marketplace*, simbolizados por F1, F2, etc. Tal base é submetida ao processo de pré-seleção em (2), onde são levados em consideração critérios comuns aos múltiplos usuários (clientes) da plataforma e seus respectivos pesos. Em (3), são apresentados os fornecedores mais indicados (resultado da pré-seleção) para o processo de decisão final, a ser realizado pelo cliente, levando em consideração suas especificidades.

O diagrama apresentado pela Figura 4, por sua vez, ilustra os passos para implementação da abordagem em si, que são a definição de uma técnica MCDA e critérios de pré-seleção, atribuição de pesos para os critérios e definição da faixa de descarte que determina o subconjunto de fornecedores a ser avaliado pelo cliente em processo de decisão final.

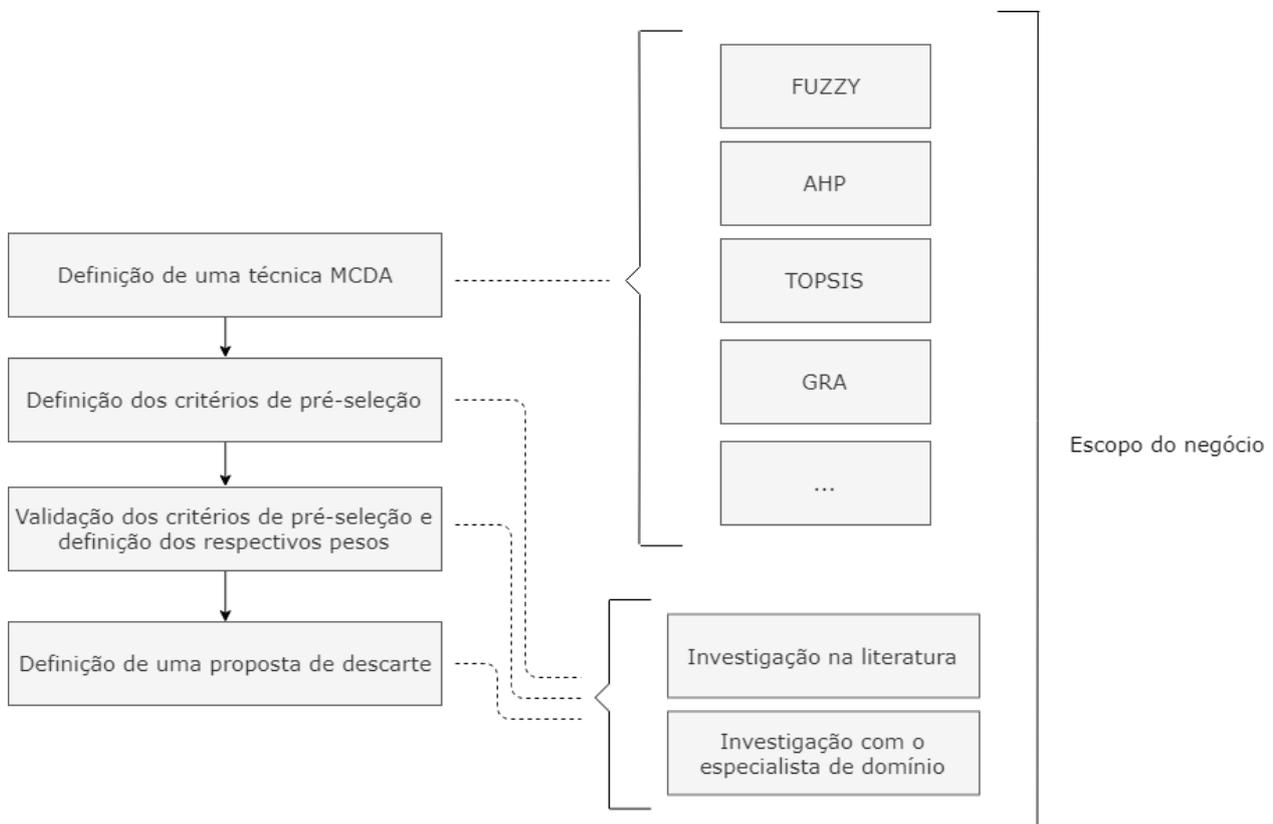


Figura 4: Passos para a implementação da abordagem de pré-seleção

O primeiro passo da abordagem de pré-seleção, ou seja, a definição de uma técnica MCDA, determina como os dados serão processados. O segundo passo, a definição de critérios, define a abrangência da abordagem e deve ser obtido de estudos sobre as necessidades e prioridades de múltiplos clientes, levando em consideração seus interesses comuns. O terceiro passo permite a validação do segundo junto ao especialista de domínio e, simultaneamente, é onde são definidos os pesos dos critérios escolhidos. O quarto e

último passo define uma forma de descarte de fornecedores, objetivo final da pré-seleção.

Em cada um dos passos sugeridos para implementação da abordagem de pré-seleção, existe uma gama de possibilidades de técnicas e critérios, cuja determinação essencialmente depende do escopo do negócio. Isto é, a definição da técnica MCDA, os critérios de pré-seleção e seus respectivos pesos dependem do público-alvo do e-marketplace. A forma de descarte também pode variar, de acordo com a que se mostrar mais eficiente e bem aceita pelos usuários. Dessa forma, nota-se que a abordagem de pré-seleção diverge em relação à abordagem tradicional tendo suas especificidades determinadas pela abrangência do e-marketplace, ao invés das necessidades e prioridades específicas do cliente final. Para investigar a viabilidade da abordagem proposta, nas próximas seções são discutidos os passos sugeridos para implementação da pré-seleção e apresentados os cenários de teste selecionados para comparar resultados obtidos com essa abordagem e a abordagem tradicional.

3.1 (A) Definição da técnica MCDA

Este trabalho utiliza o Processo de Análise Hierárquica (AHP) (Seção 2.3.1) como técnica MCDA para a operacionalização da abordagem de pré-seleção. Primeiro, porque se trata de uma técnica clássica que não se limita ao contexto do problema ou dados de entrada (HO; XU; DEY, 2010). Segundo, porque sua aplicação é simplificada.

AHP é comumente utilizado para o tratamento de comparações (sejam elas qualitativas, quantitativas ou híbridas). Fundamentada em julgamentos paritários (ou seja, dois-a-dois), essa técnica permite a classificação de alternativas com base nos interesses e necessidades de determinados critérios, considerando seu valor de importância. Supondo que esse valor seja obtido dentro do mesmo intervalo de pontos que define a Escala Fundamental, então os referidos julgamentos paritários podem ser, na verdade, obtidos da Equação 3.1, onde c_1 e c_2 representam critérios, a e b seus respectivos pesos e $a \geq b$:

$$JP(c_1, c_2) = a - b + 1 \quad (3.1)$$

Nota-se que o resultado da Equação 3.1 garantidamente se limita à um valor presente na Escala Fundamental. Por exemplo: supondo $a = 9$ e $b = 9$, dois critérios com o mesmo valor de importância, a Equação 3.1 os classificaria corretamente como de igual importância pela Escala Fundamental, já que $9_{c_1} - 9_{c_2} + 1 = 1$. Supondo $a = 9$ e $b = 4$, critérios com importâncias diferentes, a Equação 3.1 classificaria corretamente c_1 como de “importância grande ou essencial” sobre c_2 , já que $9_{c_1} - 4_{c_2} + 1 = 6$. É importante frisar que a Equação 3.1 é uma consequência da definição da técnica AHP sobre como inferir as relações de importância entre dois elementos avaliados em uma escala de nove pontos.

3.2 (B) Definição dos critérios de pré-seleção

Um dos principais desafios da pré-seleção é a identificação de interseções entre as necessidades e prioridades de diferentes clientes, potencialmente em diversas áreas de negócio. Na literatura - não diferentemente da indústria - diversos estudos sobre problemas do tipo MCDA abrangem critérios muitas vezes similares (ou que definem uma mesma característica da alternativa em análise). Isso se deve muito à comparação de critérios não representáveis imediatamente em números (SAATY, 1987). Isto é, muitos critérios são definidos e comparados de forma subjetiva.

Por essa razão, para investigar a abordagem de pré-seleção, foi necessária a definição de uma amostra de estudos, de onde poderiam ser investigadas interseções de interesse e critérios de pré-seleção, mais abrangentes e adequados a plataformas compartilhadas. Para a definição dessa amostra, foi importante selecionar estudos que referenciassem os construtos apresentados no Capítulo 2 (em específico SSP e MCDA). Dezesete diferentes estudos puderam ser extraídos dessa Fundamentação Teórica, uma vez que contemplam os construtos especificados, tratando diferentes cenários de seleção pela abordagem tradicional e referenciando diferentes técnicas MCDA, como Fuzzy GRA (BANAEIAN et al., 2015), MSM (BARLA, 2003), Fuzzy ANP (BüYüKÖZKAN; ÇİFÇİ, 2011), TCO, TOPSIS e MAUT (PAL; GUPTA; GARG, 2013) e AHP (GHODSYPOUR; O'BRIEN, 1998) (MURALIDHARAN; ANANTHARAMAN; DESHMUKH, 2002) (RAMLAN et al., 2016) (TEKTAS; AYTEKIN, 2011) (XIA; WU, 2007). Tais características possibilitaram que esse conjunto compusesse uma amostra adequada para a investigação proposta e que dela derivassem os critérios de pré-seleção utilizados para verificar a utilidade e viabilidade da abordagem.

3.3 (C) Validação dos critérios de pré-seleção

Para validar o conjunto de critérios definido em (B), dado o caráter investigativo e subjetivo deste trabalho, foi necessário definir um instrumento de pesquisa para coleta de dados e posterior prova de conceito. Optou-se pelo uso do questionário porque é um instrumento padronizável, que sempre produz dados (ROSSI; WRIGHT; ANDERSON, 2013). Os passos estipulados para a definição do instrumento de pesquisa foram a elaboração preliminar do questionário, validação, ensaio de coleta e reavaliação, sucedidos pela Coleta Principal. Esses passos são descritos em maiores detalhes nas próximas subseções.

3.3.1 (C.1) Elaboração preliminar do instrumento de pesquisa

Considerando o contexto deste trabalho e as informações a serem inferidas da coleta de dados, isto é, a validação e avaliação de importância dos critérios de pré-seleção, o

instrumento de pesquisa precisou abranger:

- A caracterização e o histórico do participante: para garantir que a amostra coletada fosse representativa, o perfil dos participantes precisou ser minimamente mapeado, de tal forma que os dados pudessem ser verificados e filtrados, conforme necessidade;
- Os critérios definidos para a investigação da abordagem.

Esses dois objetivos do instrumento de pesquisa deram forma às seções que o compõem. A primeira seção (ou seja, a caracterização e histórico do participante) permitiu que a coleta de dados fosse conduzida anonimamente e garantiu que os dados obtidos pudessem ser validados posteriormente à coleta. A segunda seção (ou seja, validação e definição dos pesos dos critérios) permitiu verificar se a interpretação dada à amostra de estudos definida em (B) era válida e quais as importâncias (pesos) de cada critério.

3.3.2 (C.2) Validação do instrumento de pesquisa

Invariavelmente, existindo a necessidade de obtenção de dados em grande volume, o questionário surge como instrumento adequado de pesquisa (ROSSI; WRIGHT; ANDERSON, 2013). Entretanto, devem ser consideradas as possíveis desvantagens da adoção do questionário, especialmente pela padronização da coleta. Mesmo quando um questionário é meticulosamente construído para atender os objetivos de pesquisa, a acurácia e completude dos dados não é garantida. Isso ocorre porque os participantes são parte do processo e podem interpretar erroneamente as questões propostas - ou simplesmente se recusar a responder (ROSSI; WRIGHT; ANDERSON, 2013). Dessa forma, para mitigar os possíveis efeitos colaterais do uso do questionário como instrumento de pesquisa, é importante que a elaboração e padronização do instrumento sejam submetidas à avaliação. Isso aumenta a probabilidade de aderência com o público-alvo e, por consequência, maior qualidade dos dados obtidos.

Entre as técnicas que permitem a validação de um instrumento de pesquisa está a avaliação por especialista de domínio. Para o caso particular da abordagem de pré-seleção de fornecedores, é requerido sigilo comercial - característica da competitividade do mercado e da indústria global, de forma a garantir ao especialista que fará a avaliação uma possível vantagem competitiva. Dessa forma, os escolhidos para esse papel comumente têm suas identidades preservadas. Mais ainda, precisam ser profissionais com considerável experiência de mercado, requisito que os capacita para o processo de avaliação.

3.3.3 (C.3) Grupo de Controle

Para o maior aproveitamento dos dados, o processo de coleta de dados principal foi precedido por um ensaio, aqui denominado Grupo de Controle. Nesta etapa, o

instrumento de pesquisa foi distribuído a um grupo reduzido de participantes, sob a condição de que opinassem a respeito do próprio instrumento e questionassem em caso de dúvidas. Considerando esse número reduzido de participantes, foi importante selecionar pessoas de forma a compor um conjunto ideal. O favorecimento de participantes experientes trouxe qualidade à avaliação e aos dados obtidos, garantindo que fossem o mais úteis e representativos quanto possível. Etapa totalmente assistida (para garantir que os participantes gerassem dados aproveitáveis e que estivessem de acordo com a pesquisa), o Grupo de Controle teve por objetivo geral justamente avaliar a qualidade e clareza do instrumento de pesquisa, mas também permitiu experimentações com diferentes formas de veiculação.

Desta etapa, seguiu-se a reavaliação do instrumento de pesquisa, último passo antes da coleta de dados principal, a partir de quando não foram feitos novos ajustes, para evitar a inconsistência interna dos dados (ou seja, para garantir, dentro do possível, a homogeneidade das coletas).

3.3.4 (C.4) Reavaliação do instrumento de pesquisa

Última etapa antes da coleta de dados principal, a reavaliação do instrumento de pesquisa, posterior ao ensaio do Grupo de Controle, trouxe o benefício da experiência prática de coleta e todo o conhecimento associado a esse exercício. Nesta etapa, foi possível projetar a forma mais adequada de veiculação para o próximo passo de coleta, a apresentação das questões propostas (para evitar ambiguidade, por exemplo) e extensão do instrumento de pesquisa. Mais do que o próprio instrumento em si, também foi possível observar as primeiras características dos dados obtidos, para verificar se refletiam as expectativas da pesquisa.

3.3.5 (C.5) Coleta Principal

A coleta de dados é o objetivo final do instrumento de pesquisa. É o momento em que o público-alvo participa ativamente da investigação, na medida permitida pelo pesquisador. O objetivo final da coleta de dados é o de obter as informações necessárias para prova de conceito, de forma representativa, em ambiente real. Ou seja, no contexto deste trabalho, é a de mapear o conhecimento tácito dos chamados especialistas de domínio - no papel de respondentes do questionário - para validar os critérios identificados em (B) e definir seus respectivos pesos.

Diferentemente do que ocorre na avaliação do instrumento de pesquisa, onde os especialistas avaliadores têm maior experiência de mercado e vasto conhecimento e domínio sobre a área, na coleta de dados principal, não há garantias de que os participantes sejam profissionais com extenso histórico (no contexto deste trabalho, com mais de cinco anos

de experiência). Isso é importante pois também caracteriza a realidade e é um aspecto que deve ser considerado nas análises dos dados.

Em última instância, a Coleta Principal permite, simultaneamente, validar a representatividade dos critérios de pré-seleção e identificar o peso dado a eles pela figura do especialista de domínio. Isto é, se um critério tem uma importância maior do que zero, então é representativo, ainda que a sua intensidade de importância possa variar. Tal intensidade é o que, justamente, determina o peso do critério.

3.4 (D) Definição de uma proposta de descarte

Escalas psicométricas estão entre as ferramentas mais utilizadas em pesquisas comerciais e de mercado, sendo, inclusive, recorrentes formas de se mapear desempenho para seleção de fornecedores (DAWES, 2008) (LEE; LEE; JEONG, 2003). Portanto, determinou-se que o descarte de fornecedores seria investigado com base em uma escala psicométrica de cinco pontos. Especificamente, o fornecedor pior classificado em cada caso de teste determinou o piso e o melhor classificado determinou o teto da escala, definida pelos pontos:

- (1) Muito indicado;
- (2) Indicado;
- (3) Nem indicado nem contra-indicado;
- (4) Contra-indicado; ← *faixa de descarte*
- (5) Deve ser evitado. ← *faixa de descarte*

Quando realizada uma análise de decisão multicritério, cada alternativa recebe uma pontuação, que pode ser utilizada para sua referida classificação psicométrica. Supondo fornecedores F1, F2 e F3, com as respectivas pontuações 0.112317, 0.0997447 e 0.0831580, suas classificações psicométricas poderiam ser obtidas verificando-se a distância entre os pontos da escala, dada por $(F1 - F3)/5 = 0.0058318$. Sabendo o valor da distância entre os pontos e que o ponto (1) é determinado pela pontuação de F1 e o ponto (5) é determinado pela pontuação de F3, então F2 pode ser classificado em (3), ponto da escala que, nesse exemplo, abrange o intervalo entre 0.1006534 e 0.0948216.

3.5 (E) Prova de conceito

Dois cenários tradicionais de seleção de fornecedores foram escolhidos para compor testes de validação e avaliação da abordagem de pré-seleção. Ambos foram extraídos da

mesma amostra de estudos que deu origem a lista de critérios de pré-seleção, definida em (B). Dessa forma, havia a expectativa de que, se executada uma pré-seleção nesses cenários tradicionais, os fornecedores piores classificados poderiam ser descartados sem impacto nos resultados originais. A escolha desses cenários de teste é interessante porque permite uma prova de conceito circular. Ou seja, um problema conhecido e estudado pela comunidade científica é submetido a uma nova abordagem e os resultados podem ser comparados com os dados originais.

No primeiro cenário, baseado em (XIA; WU, 2007), a técnica MCDA utilizada é a mesma definida neste trabalho (AHP). Quatro fornecedores compõem a lista de alternativas, sendo conhecidos simplesmente por um número de identificação, de F1 a F4. Apesar do número bastante reduzido de fornecedores, as particularidades do cenário tornam o teste importante: o problema investigado leva em consideração que o volume de pedidos pode impactar no fornecedor melhor classificado, uma vez que todos trabalham com descontos cumulativos de preço, variando conforme o referido volume. Isto é, há uma particularidade clara que varia de cliente para cliente e que pode impactar no resultado da classificação.

No segundo cenário, baseado em (BARLA, 2003), a técnica utilizada no processo de decisão é o modelo matemático de seleção multiatributo (do inglês, *Multi-attribute Selection Model* - MSM). Dez são os fornecedores que compõem a lista de alternativas, sendo conhecidos simplesmente por um número de identificação, de F1 a F10. Diferentemente do que ocorre com primeiro caso de teste, o número de fornecedores cresce e a técnica de decisão utilizada difere da deste trabalho, dois aspectos importantes a serem levados em consideração.

Para operacionalizar os testes de pré-seleção e verificar o comportamento de um motor tradicional de análise de decisão multicritério com essa abordagem, foi selecionada a ferramenta MCDA Toolkit. O MCDA Toolkit é completamente escrito em Java e, portanto, requer um interpretador Java - Java Runtime Environment (JRE). Assim, é basicamente independente de plataforma e pode ser utilizado em qualquer computador pessoal ou hardware com um sistema operacional que suporte Java 8 (ou versão superior). A aplicação é desenvolvida para não requerer grande poder de processamento ou grandes quantias de memória, no intuito de servir como *plug-in* (ou recurso complementar) para outras automações computacionais. Do ponto de vista acadêmico, o uso do MCDA Toolkit é livre, como explicitamente aponta a licença em sua página oficial¹, mantida pelo Instituto de Tecnologia de Karlsruhe. As versões utilizadas para os testes reportados neste trabalho variam, devido à evolução e manutenção constante da ferramenta. Podem ser mencionadas ao menos três versões: MCDA-v6.1-build(6426), MCDA-v7.0-build(7626) e MCDA-v7.1-build(7755) (esta última, disponibilizada em Novembro de 2018).

¹ <https://portal.iket.kit.edu/projects/MCDA/>

Na variante autosuficiente (tradução livre do inglês, *standalone*), o MCDA Toolkit é provido com uma interface gráfica para utilização amigável e não requer instalação, sendo totalmente portátil. Mantido pelos pesquisadores Tim Müller e Wolfgang Raskob, do Instituto de Tecnologia de Karlsruhe, o MCDA Toolkit disponibiliza AHP como seu único método de análise de alta complexidade. Outras aplicações de decisão de uso geral poderiam compor os testes práticos deste trabalho, como o V.I.S.A Decisions, opção bastante robusta. Infelizmente, a aplicação da SIMUL8 Corporation não possui licença acadêmica e sua variante educacional é comercializada com restrições.

4 Resultados e Discussões

Neste capítulo discutem-se a execução das atividades e processos previstos pela metodologia para validação da proposta deste trabalho, além das informações colhidas e resultados obtidos. A Seção 4.1 trata de apresentar os critérios de pré-seleção identificados na literatura e a Seção 4.2 discute a elaboração e validação do instrumento de pesquisa, processo de coleta e dados obtidos. Por último, a Seção 4.3 apresenta detalhes, dados e discussões sobre os testes que verificam a utilidade e viabilidade da abordagem de pré-seleção.

4.1 Definição dos critérios de pré-seleção

Da revisão bibliográfica, dezessete estudos (de contextos variados) compõem a amostra utilizada por este trabalho, considerando os construtos apresentados no Capítulo 2 (em específico SSP e MCDA). Sumarizada pela Tabela 6, essa amostra reforça a especificidade do problema da seleção de fornecedores e o histórico de técnicas MCDA aplicadas em diferentes segmentos de negócio. Os critérios identificados como mais frequentes foram considerados candidatos a compor um conjunto de critérios de pré-seleção, necessários para validação da abordagem e apresentados na Tabela 7.

Tabela 7: Critérios de pré-seleção e frequências de menção

%	Critérios	Descrição
100	Preço	Preço final
100	Qualidade	Qualidade do produto (serviço ou fornecedor, caso produto não se aplique). Trata-se da acordância com o pedido, excelência frente à concorrência
82	Entrega	Garantia de processamento, pontualidade e velocidade
76	Quantidade	Capacidade de produção e entrega
64	Serviço	Atendimento pré e pós-compra e facilidade de comunicação
64	Tecnologias	Recursos de produção, inovação, manutenção e entrega de pedidos
58	Perfil	Histórico de atuação, presença no mercado e reputação
52	Localização	Posição e proximidade geográfica
52	Performance	Capacidade de reação, taxa de conclusão e eficiência
29	Formas de pagamento e garantias contratuais	Características envolvendo pagamentos e garantias

Dessa tabela de critérios, Preço, Quantidade, Formas de pagamento e garantias contratuais e Localização podem ser considerados critérios objetivos (e de baixo nível de integração). Entretanto, para os demais, não é necessariamente imediata a

correspondência entre critério e descrição. Dessa forma, as tabelas de 8 a 11 permitem observar o processo de agrupamento que os definiu.

Tabela 8: Subjetividade do critério Qualidade

Autor(es) e ano de publicação	Descrição original
(SHYUR; SHIH, 2006) (NG, 2008) (BüYüKÖZKAN; ÇİFÇİ, 2011) (SAGAR; SINGH, 2012) (PAL; GUPTA; GARG, 2013) (SCOTT et al., 2015) (CENGİZ et al., 2017) (MUKHERJEE, 2016)	Qualidade
(GHODSYPOUR; O'BRIEN, 1998)	Defeitos e capacidade de produção
(MURALIDHARAN; ANANTHARAMAN; DESHMUKH, 2002)	Métodos de inspeção, percentual de rejeitos, práticas Just-In-Time (JIT), confiabilidade e acurácia
(BARLA, 2003)	Certificações, desempenho e práticas de controle
(XIA; WU, 2007)	Defeitos e confiabilidade
(CHAMODRAKAS; BATIS; MARTAKOS, 2010)	Percentual de rejeitos e medidas de reação à problemas
(TEKTAS; AYTEKIN, 2011)	Certificações, práticas de controle, capacidade de produção, programas de melhorias, planejamento e reação à reclamações
(BANAEIAN et al., 2015)	Acordância, práticas de controle, garantias, pesquisa e desenvolvimento
(RAMLAN et al., 2016)	Documentação, defeitos e aprovação em auditorias
(NGUYEN, 2016)	Práticas de controle, planejamento e certificações

Optou-se por nortear o agrupamento de critérios a partir das definições originais. Entretanto, são consideradas variações de interpretação e a aderência dessas definições a mais de uma interseção possível. *Qualidade*, por exemplo, é por vezes definida como *Defeitos e Capacidade de produção* (GHODSYPOUR; O'BRIEN, 1998). Porém, *Capacidade de produção* pode também definir *Quantidade*. Uma vez que dois segmentos ou nichos da cadeia de suprimentos podem interpretar um critério de forma muito discrepante, pesos e análises podem não corresponder os interesses de todos os clientes.

Tabela 9: Subjetividade do critério Entrega

Autor(es) e ano de publicação	Descrição original
(GHODSYPOUR; O'BRIEN, 1998) (SHYUR; SHIH, 2006) (XIA; WU, 2007) (BANAELIAN et al., 2015)	Entrega a tempo
(NG, 2008) (SAGAR; SINGH, 2012) (PAL; GUPTA; GARG, 2013) (MUKHERJEE, 2016)	Entrega
(MURALIDHARAN; ANANTHARAMAN; DESHMUKH, 2002)	Prazo de entrega, confiabilidade (cumprimento dos cronogramas de entrega), custos de transporte e flexibilidade no cronograma de entrega
(BARLA, 2003)	Prazo de entrega e respeito às quantidades dos pedidos
(CHAMODRAKAS; BATIS; MARTAKOS, 2010)	Prazo de entrega e respeito às quantidades dos pedidos
(TEKTAS; AYTEKIN, 2011)	Prazo de entrega, entrega a tempo, respeito às quantidades e padrões de empacotamento e documentação
(CENGIZ et al., 2017)	Velocidade, tipos e prazo de entrega
(RAMLAN et al., 2016)	Taxas de sucesso, confiabilidade e prazos de entrega

Nota-se que, para o caso do critério **Entrega**, há uma maior convergência dos estudos da amostra no sentido de defini-lo em torno do respeito e cumprimento dos prazos propostos. Entretanto, metade dos estudos que referenciam esse critério sequer o definem de forma mais específica do que somente pelo nome.

Tabela 10: Subjetividade do critério Serviço

Autor(es) e ano de publicação	Descrição original
(GHODSYPOUR; O'BRIEN, 1998)	Facilidade de comunicação
(MURALIDHARAN; ANANTHARAMAN; DESHMUKH, 2002)	Pós-venda e disponibilidade de peças de reposição
(SHYUR; SHIH, 2006)	Qualidade de atendimento (relacionamento)
(BüYüKÖZKAN; ÇİFÇİ, 2011)	Qualidade do serviço
(TEKTAS; AYTEKIN, 2011)	Facilidade de comunicação e compartilhamento de informações
(SAGAR; SINGH, 2012)	Sistemas de comunicação, relacionamentos de longo prazo e confiança
(BANAELIAN et al., 2015)	Sistemas de comunicação (atitude, flexibilidade de processos)
(CENGIZ et al., 2017)	Relacionamentos anteriores, relações de amizade ou parentesco e pós-venda
(RAMLAN et al., 2016)	Acompanhamento
(NGUYEN, 2016)	Pré e pós-venda
(MUKHERJEE, 2016)	Profissionalismo no atendimento

Existe uma aderência das definições dadas ao critério **Serviço** com o critério **Qualidade**. Entretanto, para **Serviço** existe a especificidade das definições estarem se referindo não ao produto ou serviço vendido pelo fornecedor, mas ao atendimento. Outro aspecto bastante explícito definindo esse critério, na amostra, são os sistemas e canais de comunicação que conectam fornecedor e cliente.

Tabela 11: Subjetividade do critério Tecnologias

Autor(es) e ano de publicação	Descrição original
(BARLA, 2003) (XIA; WU, 2007) (BüYüKÖZKAN; ÇİFÇİ, 2011) (CENGİZ et al., 2017)	Tecnologia ou Nível tecnológico e Certificações
(MURALIDHARAN; ANANTHARAMAN; DESHMUKH, 2002)	Infraestrutura de Pesquisa & Desenvolvimento, maquinário e infraestrutura de produção
(SHYUR; SHIH, 2006)	Infraestrutura de produção
(TEKTAS; AYTEKIN, 2011)	Capacidade de inovação e programas de melhorias
(SAGAR; SINGH, 2012)	Infraestrutura de produção e capacidade de empacotamento
(PAL; GUPTA; GARG, 2013)	Infraestrutura de produção e capacidade de empacotamento
(BANAEIAN et al., 2015)	Ferramentas de controle operacional
(MUKHERJEE, 2016)	Infraestrutura de produção e tecnologia

Nota-se uma grande convergência da amostra de estudos no sentido de definir **Tecnologias**, de forma explícita, como um critério referente à infraestrutura de produção e/ou pesquisa. Entretanto, a própria definição pode ser considerada subjetiva, uma vez que não são explicitados os aspectos que determinam uma boa infraestrutura, que pode variar para cada segmento de negócio (ou do ponto de vista de cada cliente).

Tabela 12: Subjetividade do critério Perfil

Autor(es) e ano de publicação	Descrição original
(MURALIDHARAN; ANANTHARAMAN; DESHMUKH, 2002)	Condição financeira (liquidez, políticas de crédito), honestidade, atitudes de melhoria, cooperação e tempo de resposta
(BARLA, 2003)	Confiabilidade (anos de atuação, referências de outros consumidores e longevidade dos relacionamentos) e Estabilidade financeira
(BüYüKÖZKAN; ÇİFÇİ, 2011)	Desempenho financeiro, responsabilidade social e ambiental
(TEKTAS; AYTEKIN, 2011)	Reputação no mercado, posição na indústria, condição financeira e longevidade dos relacionamentos
(SAGAR; SINGH, 2012)	Relacionamentos de longo prazo, condição financeira e histórico de desempenho
(PAL; GUPTA; GARG, 2013)	Histórico de desempenho, condição financeira, reputação e posição na indústria, registro de relações trabalhistas e número de negócios fechados
(BANAEIAN et al., 2015)	Estabilidade financeira e de capital, experiência nos negócios e posição em relação à competidores
(CENGİZ et al., 2017)	Desempenho passado e finanças
(RAMLAN et al., 2016)	Condição financeira e reputação na indústria
(NGUYEN, 2016)	Reputação no mercado, desempenho financeiro, capacidade técnica e histórico de desempenho
(MUKHERJEE, 2016)	Perfil

Para o critério **Perfil**, é possível notar que os estudos da amostra convergem no sentido de defini-lo como referente à reputação do fornecedor e, mais ainda, estabilidade ou condição financeira desse fornecedor. Ambos são aspectos que tendem a transmitir

segurança ao cliente e estão intimamente relacionados ao sucesso e posição do fornecedor na indústria ou mercado.

Tabela 13: Subjetividade do critério Performance

Autor(es) e ano de publicação	Descrição original
(GHODSYPOUR; O'BRIEN, 1998)	Capacidade de resposta à mudanças e flexibilidade de processos
(MURALIDHARAN; ANANTHARAMAN; DESHMUKH, 2002)	Capacidade técnica de resolução de problemas, tempo de resposta e flexibilidade de processos
(SHYUR; SHIH, 2006)	Capacidade de resposta às necessidades do cliente
(XIA; WU, 2007)	Tempo de resposta (reparos) e confiabilidade
(BüYüKÖZKAN; ÇİFÇİ, 2011)	Tempo, preço, qualidade e flexibilidade de processos
(TEKTAS; AYTEKIN, 2011)	Tempo de resposta às reclamações do cliente e conformidade com o volume de pedidos
(SAGAR; SINGH, 2012)	Capacidade de resposta
(RAMLAN et al., 2016)	Resposta rápida e acompanhamento
(MUKHERJEE, 2016)	Capacidade de resposta

Para o critério **Performance**, não há consenso. De maneira geral, são notáveis as referências para “capacidade e tempo de resposta”, mas as definições variam.

A Tabela 14 mapeia a distribuição das menções de cada critério de pré-seleção entre os estudos da amostra.

Tabela 14: Mapa de menções dos critérios de pré-seleção

Autor(es)	Preço	Qualidade	Entrega	Quantidade	Serviço	Tecnologias	Perfil	Localização	Performance	Formas de pagamento e garantias contratuais
Ghodsypour <i>et al.</i> (1998)	X	X	X	X	X				X	
Muralidharan <i>et al.</i> (2002)	X	X	X	X	X	X	X		X	
Barla (2003)	X	X	X	X		X	X	X		
Shyur <i>et al.</i> (2006)	X	X	X		X	X			X	
Xia <i>et al.</i> (2007)	X	X	X	X		X			X	X
Ng (2008)	X	X	X	X				X		
Chamodrakas <i>et al.</i> (2010)	X	X	X							
Büyüközkan <i>et al.</i> (2011)	X	X			X	X			X	
Tektas <i>et al.</i> (2011)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sagar <i>et al.</i> (2012)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pal <i>et al.</i> (2013)	X	X	X	X		X	X	X		X
Scott <i>et al.</i> (2015)	X	X		X						
Banaeian <i>et al.</i> (2015)	X	X	X	X	X	X	X	X		
Cengiz <i>et al.</i> (2016)	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Ramlan <i>et al.</i> (2016)	X	X	X	X	X		X	X	X	
Nguyen <i>et al.</i> (2016)	X	X			X		X	X		
Mukherjee <i>et al.</i> (2016)	X	X	X	X	X	X	X		X	
Percentual de frequência	100%	100%	82%	76%	64%	64%	58%	52%	52%	29%

É evidente a presença dos critérios que tipicamente definem os níveis de integração mais baixos. **Preço**, **Qualidade** e **Quantidade**, por exemplo, tem os maiores valores percentuais de frequência da amostra. Isso é esperado, uma vez que conforme cresce o nível de integração, cresce a especificidade do relacionamento entre cliente e fornecedor e diminuem-se, portanto, os critérios comuns. Entretanto, para validar a interpretação dada à amostra de estudos e poder concluir que esse conjunto é, de fato, representativo, foi definido um instrumento de pesquisa e duas fases de coleta de dados junto ao especialista de domínio, cujos detalhes seguem nas próximas seções.

4.2 Validação dos critérios de pré-seleção

Para validar o conjunto de critérios apresentado na Tabela 7 e definir seus pesos, foi elaborado um questionário. A versão final deste questionário pode ser conferida no Apêndice A. Nesta seção, são apresentadas as observações e discussões referentes à elaboração preliminar, validação por especialista de domínio, ensaio de coleta e reavaliação desse questionário, além dos dados obtidos.

Com o intuito de garantir a qualidade do instrumento de pesquisa e de elaboração da coleta, dois especialistas (JN e DC), experientes com o processo de seleção de fornecedores, foram convidados a avaliar o material elaborado. Ambos atuam a mais de cinco anos no mercado.

Cada seção do questionário foi precedida por breve introdução de contextualização, visando minimizar a necessidade de interferência externa durante o processo de coleta. No caso da primeira de duas seções totais - perfil - essa contextualização introduz quatro questões, cobrindo tópicos essenciais (aplicabilidade do questionário, tempo de experiência do participante, área de atuação e atribuições relacionadas à SSP). A Tabela 15 sumariza os pareceres e sugestões de JN e DC para essas questões.

Tabela 15: Pareceres e sugestões de JN e DC sobre as questões de perfilamento

Questões originais	Pareceres e sugestões
Questão 1: <i>Descreva sua experiência mais recente com seleção de fornecedores (por ex. Gerente de compras, Auxiliar administrativo, etc.)</i>	<i>Informe seu último cargo relacionado à seleção de fornecedores (por ex. Gerente de compras, Auxiliar administrativo, etc.)</i>
Questão 2: <i>Indique qual seu tempo de experiência com seleção de fornecedores</i>	Não foram feitos apontamentos.
Questão 3: <i>Em qual ramo da indústria (ou academia) você atuou com seleção de fornecedores, mais recentemente?</i>	<i>Qual foi o último ramo da indústria que você atuou com seleção de fornecedores?</i>
Questão 4: <i>Quais suas atividades - suas atribuições como profissional - relacionadas à seleção de fornecedores e parceiros? Cite até três atividades (por ex. elaborar cotações, avaliar fornecedores, conferir entregas, efetuar pagamentos, emitir notas fiscais, etc.)</i>	<i>Quais são as suas atividades/atribuições relacionadas à seleção de fornecedores e parceiros? Cite até três atividades (por ex. obter cotações, avaliar fornecedores, conferir entregas, efetuar pagamentos, emitir notas fiscais, etc.)</i>

Pela avaliação de JN e DC, apenas um erro, de fato, foi identificado na elaboração preliminar do questionário. Na **Questão 4**, JN corrigiu o uso incorreto de “*elaborar cotações*” por “*obter cotações*”, mencionando que a elaboração é uma atividade do fornecedor e não do selecionador de fornecedores. Para a **Questão 3**, a sugestão foi mesclada com a proposta original¹ e, para a **Questão 1**, a sugestão foi descartada por ser considerada muito restritiva. A Tabela 16 sumariza as características finais dessas questões.

¹ Questão objetiva com 26 alternativas extraídas do SIDRA: banco de tabelas estatísticas (indicador PIM-PF/BR de abril/março de 2018) e 2 alternativas (Academia, Outro) acrescentadas manualmente.

Tabela 16: Síntese de características das questões de perfilamento

Questões e características	
1	Questão discursiva. Sugere-se que o cargo do especialista seja informado (ou uma breve descrição da experiência, caso o cargo não seja suficientemente descritivo).
2	Questão objetiva. Três alternativas excludentes (apenas uma deve ser selecionada).
3	Questão objetiva. Vinte e oito alternativas, não necessariamente excludentes (entretanto, sugere-se que apenas uma seja selecionada).
4	Questão discursiva. Sugere-se brevidade.

No que diz respeito à questão elaborada para a definição dos pesos (importância) do conjunto de critérios de pré-seleção, JN e DC não identificaram erros. Tal questão foi formulada com o intuito de permitir que os participantes pudessem informar, do seu ponto de vista pessoal, o peso de um critério a partir de um intervalo de nove pontos - proporcional à Escala Fundamental. Para tanto, foi elaborada uma matriz 10×10 , com as colunas representando o intervalo de pesos e as linhas representando os critérios. Uma coluna foi reservada para que o participante pudesse indicar, se assim desejasse, que um determinado critério não era considerado importante de nenhuma forma. Em AHP, o intervalo (1 - 9) é utilizado para obter julgamentos paritários comparativos entre os elementos em análise. Na questão proposta, permite a medição individual de importância de um critério (9 é o valor que indica maior importância e 1, menor). É também importante mencionar que tal questão foi elaborada de forma a permitir que o participante pudesse informar critérios ausentes da matriz.

Para a primeira versão do questionário, os números do intervalo que compõem a escala foram mascarados por uma representação gráfica (Figura 5). Da esquerda para a direita constam o símbolo ✖ de critério não importante (coluna fora do intervalo de 1 a 9), o símbolo - (e suas variações de tamanho) representando as importâncias de 1 a 4, o símbolo 0 representando a importância neutra (ou seja, 5), e o símbolo + representando as importâncias de 6 a 9.

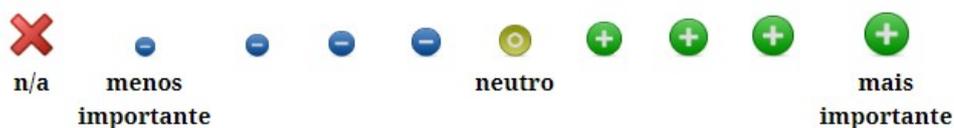


Figura 5: Escala gráfica

Ainda referente à validação do instrumento de pesquisa, foi também conduzido um ensaio de coleta de dados, com um grupo reduzido de 17 participantes, aqui chamado de Grupo de Controle. Tal Grupo de Controle participou do ensaio de coleta remotamente, por meio de questionário eletrônico. Da composição desse grupo, três participantes não representam especialistas de domínio. O objetivo deles nesta primeira fase, junto aos 14

demais, foi de opinar sobre a qualidade e clareza do instrumento². Todos foram instruídos à questionar e apresentar dúvidas, se assim considerassem necessário ou interessante.

Ao longo de um período de 90 dias, esse ensaio de coleta expôs um problema importante de veiculação: baixa taxa de adesão ao formato digital. Mais ainda, ficou clara a insatisfação (e confusão) dos respondentes com a escala utilizada pela matriz de critérios. Repetidamente considerada “confusa”, foi um aspecto do instrumento de pesquisa com clara necessidade de retrabalho. A Tabela 17 sumariza as observações desse período.

Tabela 17: Síntese das observações junto ao Grupo de Controle

Síntese	Descrição
Baixa adesão	Baixa taxa de adesão ao formato digital
Representação gráfica	A representação gráfica utilizada pela Questão 5 foi apontada como “confusa” em diferentes variantes do formato digital (computadores, tablets, celulares)
Questão 5	O enunciado originalmente proposto para a Questão 5 foi repetidamente apontado como <i>insuficiente</i> ou “confuso”

Diante das observações da Tabela 17, o primeiro aspecto do questionário a passar por reavaliação foi a representação gráfica adotada para as colunas da matriz de critérios (**Questão 5**). Uma versão numérica simplificada (Figura 6) substituiu a versão gráfica original (Figura 5).



Figura 6: Escala numérica

Houve um pequeno favorecimento de especialistas com mais tempo de experiência na composição do Grupo de Controle. Esse favorecimento levou em consideração a probabilidade de que essa experiência adicional pudesse se converter em um mais detalhado retorno sobre a qualidade do instrumento de coleta e possíveis melhorias. A Figura 7 mostra a distribuição por tempo de experiência dos participantes do Grupo de Controle.

Houve também o favorecimento de uma grande heterogeneidade nos ramos de atuação dos participantes. Para os 14 participantes, no total, mais de 10 ramos de atuação diferentes foram registrados: Academia, Serviços, Produtos alimentícios, Produtos de madeira, Celulose, papel e produtos de papel, Produtos de borracha e de material plástico, Metalurgia, Informática, produtos eletrônicos e ópticos, Veículos automotores, reboques e carrocerias e Outros.

² Todos os dados obtidos com os 3 participantes que não representam especialistas de domínio foram descartados.

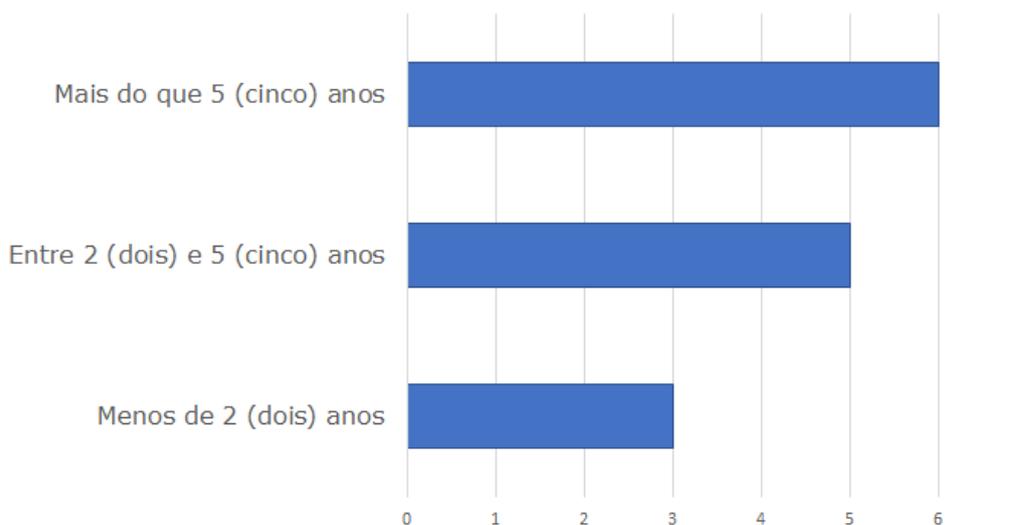


Figura 7: Distribuição do Grupo de Controle por tempo de experiência

Por fim, da totalidade do Grupo de Controle, apenas quatro participantes sugeriram critérios além do conjunto utilizado para compor o questionário: **Idoneidade** (fiscal e processual, “*ou seja, se o fornecedor não possui dívidas consideráveis com o fisco ou processos trabalhistas*”), **Portfólio**, **Competência acadêmica** e **Saúde financeira**. Dois desses critérios reforçam diretamente a subjetividade associada à SSP: **Idoneidade** e **Saúde financeira**, pela ótica deste trabalho, poderiam compor **Perfil**.

Resultado direto das observações junto ao Grupo de Controle e da reavaliação do instrumento de pesquisa, a principal fase de coleta de dados deste trabalho, por sua vez, foi conduzida em formato físico, com 68 discentes de cursos de pós-graduação *lato sensu* da Universidade Federal de São Carlos - Campus Sorocaba, nas áreas de Economia, Engenharia Florestal e Computação. Todos os convidados para esta fase são atuantes no mercado e com experiência em seleção de fornecedores. O uso do questionário eletrônico para coleta à distância foi descartado devido à baixa taxa de adesão observada na fase anterior.

Questões incompletas ou não respondidas caracterizaram o descarte imediato dos questionários correspondentes. Observações e comentários adicionais, registrados nas folhas do instrumento de coleta, também foram ignorados. Somente respostas completas e totalmente legíveis foram computadas. Tendo isso em mente, a filtragem dos dados obtidos gerou o descarte de 28 dos 68 questionários, no total.

Divergindo bastante do Grupo de Controle, essa fase de coleta é composta por participantes com menos tempo de experiência. Isso tende a influenciar a análise dos critérios, uma vez que as prioridades e necessidades desses profissionais oscilam mais. A Figura 8 mostra a distribuição por tempo de experiência dos participantes dessa fase.

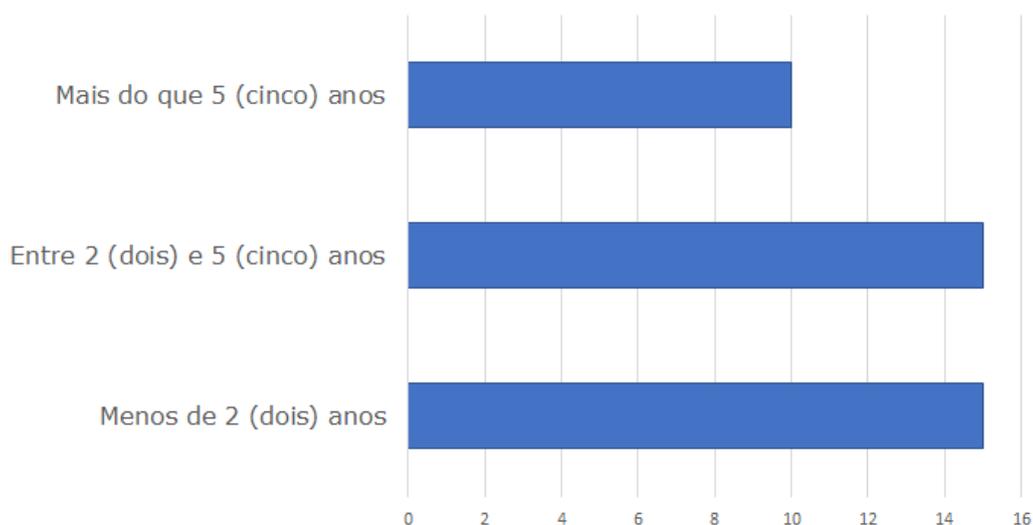


Figura 8: Distribuição da Coleta Principal por tempo de experiência

É também importante frisar que a distribuição dos ramos de atuação, identificados na segunda fase de coleta, não foi tão heterogênea quanto à do Grupo de Controle. Considerando os elementos que caracterizam a abordagem de pré-seleção, essa é uma observação importante, pois poderia restringir a abrangência de uma automação desenvolvida tomando esses dados por base. Nesta fase de coleta, foi nítida a concentração de participantes com experiência apenas nas áreas de Serviços (14 participantes) e Informática, produtos eletrônicos e ópticos (20 participantes).

Para a Coleta Principal, apenas três participantes apontaram critérios adicionais: Soluções de melhoria e redução de custo, Aplicabilidade, Aderência, Indicações e Tempo de mercado. Desses itens, mais uma vez, Tempo de mercado e Indicações poderiam ser interpretados como Perfil, Soluções de melhoria e redução de custo como Tecnologias (inovação) e Aderência e Aplicabilidade como Qualidade (acordância).

Como os ramos de atuação dos participantes da Coleta Principal se distribuíram de forma significativamente diferente do Grupo de Controle, os dados obtidos com cada grupo de participantes foram analisados separadamente, para ser possível verificar o impacto dessa diferença nos resultados dos testes. As figuras 9 e 10 contém os valores de importância dos critérios de pré-seleção obtidos nas duas fases de coleta. Para cada critério, a coluna à esquerda representa os dados obtidos junto ao Grupo de Controle. A coluna à direita, na Coleta Principal.

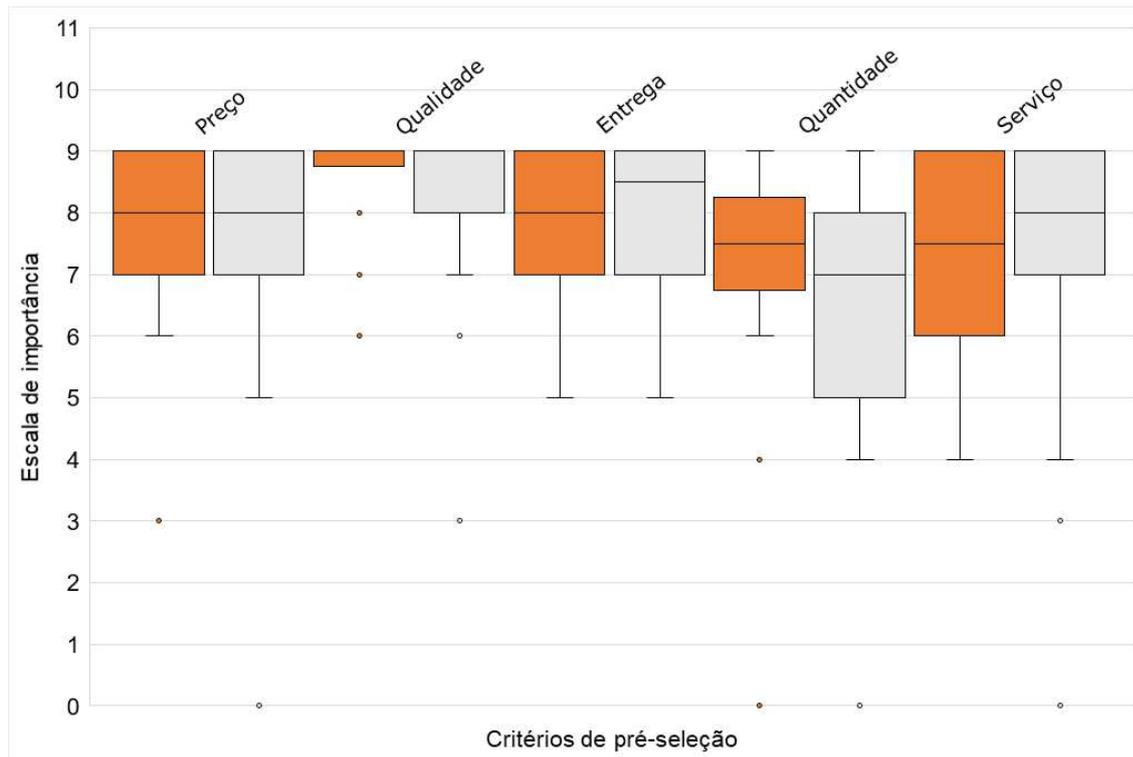


Figura 9: Avaliação de importância dos cinco primeiros critérios de pré-seleção

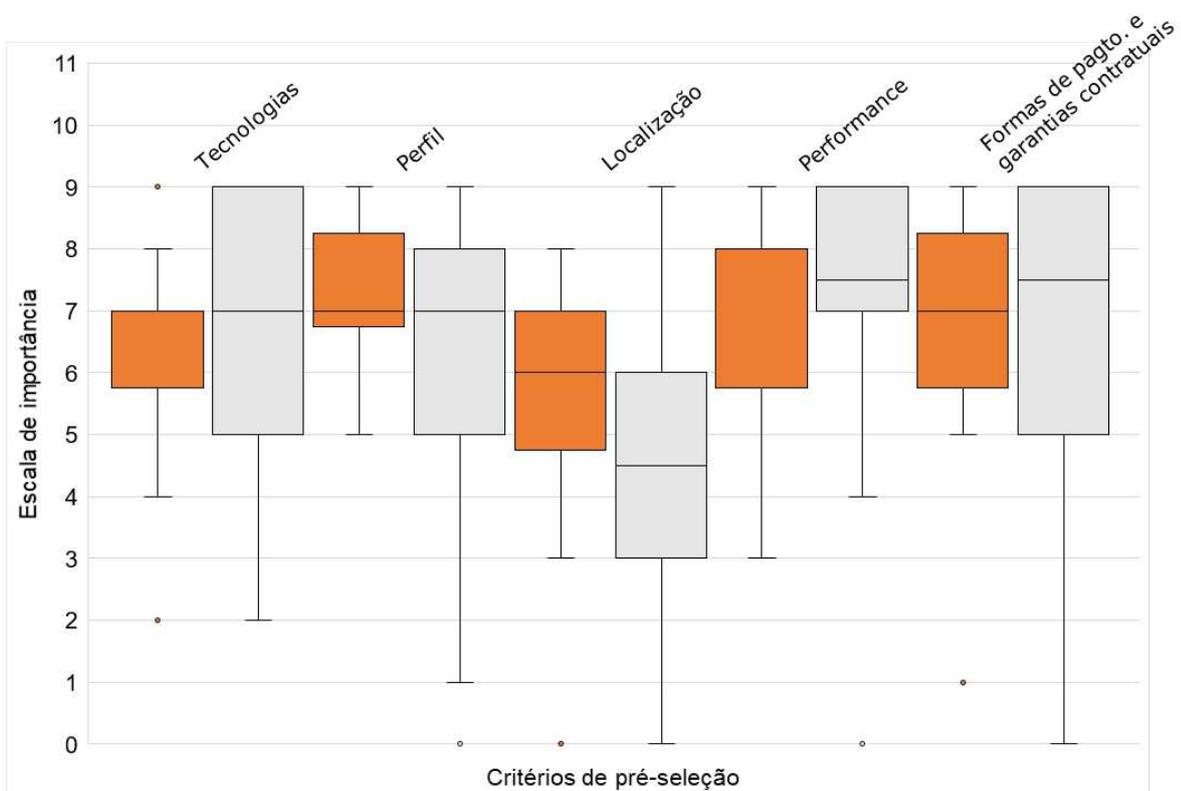


Figura 10: Avaliação de importância dos cinco últimos critérios de pré-seleção

Desses dados, é possível notar uma forte concentração em torno de valores altos (acima de 6 pontos em uma escala definida pelo intervalo de 1 a 9 pontos), indicando que ambos os grupos de participantes consideraram esses critérios, de fato, importantes. Preço e Qualidade, não surpreendentemente, tem os pesos maiores, em consonância com seus percentuais de frequência, sumarizados na Tabela 7. Já Localização, critério com a menor mediana de importância em ambos os casos, sugere que a distância geográfica já não é tão relevante na indústria moderna.

A Tabela 18 sumariza os pesos dos critérios para Grupo de Controle e coleta principal. As medianas dos valores de importância de cada critério foram adotadas como pesos. Em casos de medianas com valores racionais, o próximo valor inteiro foi utilizado.

Tabela 18: Pesos dos critérios de pré-seleção

Critério	Pesos	
	Coleta principal	Grupo de Controle
Preço	8	8
Qualidade do produto	9	9
Quantidade	7	8
Formas de pagamento e garantias contratuais	8	7
Entrega	9	8
Performance	8	8
Serviço	8	8
Perfil	7	7
Localização	5	6
Tecnologias	7	7

As mesmas observações feitas às figuras 7 e 8 se aplicam aos pesos na Tabela 18. Isto é, o conjunto de critérios de pré-seleção investigado neste trabalho é considerado importante e, portanto, é comprovadamente representativo. Dessa forma, tais dados foram utilizados para verificar a utilidade e viabilidade da abordagem de pré-seleção e atingir uma prova de conceito. Para isso, foram calculados os julgamentos paritários previstos pela técnica AHP, computadas classificações de pré-seleção de fornecedores em diferentes cenários de teste e verificada uma forma de descarte para aqueles com piores resultados, cujos detalhes são apresentados na próxima seção.

4.3 Prova de conceito

Para efetivamente ser possível classificar uma lista de fornecedores de acordo com os critérios de pré-seleção e pesos obtidos em fase de coleta de dados, foi necessário calcular os julgamentos paritários desses respectivos critérios, requisito AHP. Considerando a escala de importância definida para o instrumento de pesquisa, o julgamento paritário entre dois critérios de pré-seleção pôde ser obtido pela Equação 3.1, com base na Escala Fundamental. As tabelas 19 e 20 representam as matrizes resultantes desse processo.

Tabela 19: Matriz de julgamentos (Grupo de Controle)

c_n Critério n	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	c_7	c_8	c_9	c_{10}
c_1 Preço	1	1/2	1	1	1	2	2	3	1	2
c_2 Qualidade	2	1	2	2	2	3	3	4	2	3
c_3 Entrega	1	1/2	1	1	1	2	2	3	1	2
c_4 Quantidade	1	1/2	1	1	1	2	2	3	1	2
c_5 Serviço	1	1/2	1	1	1	2	2	3	1	2
c_6 Tecnologias	1/2	1/3	1/2	1/2	1/2	1	1	2	1/2	1
c_7 Perfil	1/2	1/3	1/2	1/2	1/2	1	1	2	1/2	1
c_8 Localização	1/3	1/4	1/3	1/3	1/3	1/2	1/2	1	1/3	1/2
c_9 Performance	1	1/2	1	1	1	2	2	3	1	2
c_{10} Formas de pagamento e garantias contratuais	1/2	1/3	1/2	1/2	1/2	1	1	2	1/2	1

Tabela 20: Matriz de julgamentos (Coleta Principal)

c_n Critério n	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	c_7	c_8	c_9	c_{10}
c_1 Preço	1	1/2	1/2	2	1	2	2	4	1	1
c_2 Qualidade	2	1	1	3	2	3	3	5	2	2
c_3 Entrega	1/2	1	1	3	2	3	3	5	2	2
c_4 Quantidade	1/2	1/3	1/3	1	1/2	1	1	3	1/2	1/2
c_5 Serviço	1	1/2	1/2	2	1	2	2	4	1	1
c_6 Tecnologias	1/2	1/3	1/3	1	1/2	1	1	3	1/2	1/2
c_7 Perfil	1/2	1/3	1/3	1	1/2	1	1	3	1/2	1/2
c_8 Localização	1/4	1/5	1/5	1/3	1/4	1/3	1/3	1	1/4	1/4
c_9 Performance	1	1/2	1/2	2	1	2	2	4	1	1
c_{10} Formas de pagamento e garantias contratuais	1	1/2	1/2	2	1	2	2	4	1	1

Nota-se que ambas as matrizes são bastante consistentes, tendo Razões de Consistência bem abaixo dos 10% (respectivamente 0.3% e 0.6%). Tais Razões de Consistência são dadas pela Equação 2.1. Mais ainda, apesar das diferenças pontuais entre os dados do Grupo de Controle e da Coleta Principal, não há grandes discrepâncias a serem mencionadas (os julgamentos paritários de ambas as matrizes não diferem em mais do que três pontos na Escala Fundamental).

No primeiro cenário de teste, a técnica MCDA originalmente utilizada também é AHP e a lista de alternativas é composta por apenas quatro fornecedores. Os critérios de seleção da abordagem tradicional para esse caso de teste são apresentados na Tabela 21, já correlacionados aos de pré-seleção apresentados neste trabalho.

Tabela 21: Mapeamento de critérios no primeiro cenário de teste

Critério de origem	Critério de pré-seleção
Preço	Preço
Defeitos	Qualidade
Confiabilidade	Qualidade
Capacidade de fornecimento	Quantidade
Período de garantias	Formas de pagamento e garantias contratuais
Entrega a tempo	Entrega
Tempo de resposta (reparos)	Performance
Nível tecnológico	Tecnologias

É possível notar que apenas seis dos dez critérios de pré-seleção identificados neste trabalho podem ser correlacionados aos critérios originais do primeiro cenário de teste. Essa limitação indica uma especificidade desse cenário, típica da abordagem tradicional de seleção de fornecedores.

Já no segundo cenário de teste, a técnica utilizada no processo de decisão é o modelo matemático MSM e dez são os fornecedores que compõem a lista de alternativas. Os critérios de seleção da abordagem tradicional para esse caso de teste são apresentados na Tabela 22, já correlacionados aos de pré-seleção apresentados neste trabalho.

Tabela 22: Mapeamento de critérios no segundo cenário de teste

Critério de origem	Critério de pré-seleção
Preço das vendas	Preço
Desempenho	Qualidade
Práticas de controle	Qualidade
Capacidade de produção mensal	Quantidade
Prazo de entrega	Entrega
Respeito às quantidades dos pedidos	Entrega
Anos de atuação	Perfil
Referências de outros consumidores	Perfil
Longevidade dos relacionamentos	Perfil
Estabilidade financeira	Perfil
Proximidade geográfica	Localização
Nível tecnológico	Tecnologias

Apesar do maior número de fornecedores e maior número de critérios originais, também são apenas seis os critérios de pré-seleção correlacionáveis no segundo cenário de

teste. Logo, destaca-se a diferença de técnicas MCDA: MSM e AHP.

Os critérios originais mencionados pelas tabelas 21 e 22 foram respeitados e mantidos na execução dos testes, para evitar a introdução de ruídos nos resultados. Portanto, os valores de entrada para cada critério e fornecedor foram extraídos diretamente dos dados divulgados em (XIA; WU, 2007) e (BARLA, 2003), sumarizados nas tabelas 23 e 24. Isto é, critérios originais, interpretados neste trabalho como aspectos de Qualidade, receberam o mesmo peso e julgamento paritário que Qualidade, mas não tiveram seus valores mesclados (caso de Defeitos e Confiabilidade, por exemplo). Isso também se deve ao interesse em se comparar o desempenho da análise MCDA de pré-seleção com a análise das condições tradicionais de seleção.

Tabela 23: Valores de entrada por critério no primeiro cenário de teste

Critérios originais	Fornecedores			
	1	2	3	4
Preço	55	40	45	50
Defeitos	0.04	0.01	0.02	0.06
Confiabilidade	80	95	90	70
Capacidade de fornecimento	400	700	600	500
Período de garantias	4	3	3	4
Entrega a tempo	0.85	0.95	0.98	0.90
Tempo de resposta (reparos)	2	1	1	3
Nível tecnológico	2	1	1	3

Tabela 24: Valores de entrada por critério no segundo cenário de teste

Critérios originais	Fornecedores									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Preço das vendas	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Desempenho	92	92	81	90	98	97	89	88	92	97
Práticas de controle	87	89	73	83	81	52	86	82	85	87
Capacidade de produção mensal	40	100	40	20	60	40	33	33	66	47
Prazo de entrega	63	0	28	7	21	35	70	42	42	70
Respeito às quantidades dos pedidos	65	20	60	100	24	47	21	100	100	44
Anos de atuação	53	100	70	33	30	3	47	83	50	53
Referências de outros consumidores	50	50	80	50	100	50	50	50	50	50
Longevidade dos relacionamentos	80	100	50	35	45	5	10	25	10	25
Estabilidade financeira	80	100	80	60	100	80	60	60	60	80
Proximidade geográfica	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Nível tecnológico	70	40	70	70	100	100	70	70	100	40

De posse desse conjunto de dados - critérios, pesos, julgamentos paritários, alternativas e valores de entrada - foi possível alimentar a ferramenta MCDA Toolkit para obter a classificação de pré-seleção dos fornecedores em ambos cenários de teste. As tabelas 25 e 26 trazem essa classificação e a pontuação de cada fornecedor, entre parênteses.

No primeiro cenário de teste, o volume de pedidos influencia o fornecedor mais indicado, uma vez que todos oferecem descontos cumulativos de preço, variando conforme

Tabela 25: Classificação AHP no primeiro cenário de teste

Classificação	Original	Grupo de Controle	Coleta principal
1º	F2	F2 (0.274781)	F2 (0.268172)
2º	F3	F3 (0.260965)	F3 (0.258432)
3º	F4	F1 (0.235187)	F1 (0.239749)
4º	F1	F4 (0.229068)	F4 (0.233647)

Tabela 26: Classificação AHP no segundo cenário de teste

Classificação	Original	Grupo de Controle	Coleta principal
1º	F1	F1 (0.112317)	F1 (0.115715)
2º	F3	F9 (0.108647)	F9 (0.110052)
3º	F6	F2 (0.107910)	F8 (0.108475)
4º	F9	F8 (0.103872)	F10 (0.105706)
5º	F2	F10 (0.103450)	F3 (0.0982450)
6º	F8	F5 (0.0997447)	F2 (0.0961886)
7º	F10	F3 (0.0981270)	F7 (0.0957275)
8º	F5	F7 (0.0933883)	F5 (0.0944080)
9º	F4	F4 (0.0893863)	F4 (0.0918021)
10º	F7	F6 (0.0831580)	F6 (0.0836802)

o referido volume. Entretanto, nota-se pelo resultado da classificação de pré-seleção que o impacto dessa especificidade não foi significativo.

No caso do segundo cenário de teste, por sua vez, o número maior de fornecedores e a diferença na técnica utilizada no processo de decisão tiveram um impacto claramente maior nos resultados. As diferenças nas classificações se devem à simplificação do conjunto de critérios (e conseqüente reavaliação de importância por parte dos especialistas de domínio). Entretanto, para que fique verificada a utilidade e viabilidade da abordagem de pré-seleção, é preciso que elas convirjam no sentido de permitir o descarte dos fornecedores pior classificados sem afetar significativamente a etapa de decisão final. Por isso, no segundo cenário de teste, são dignas de menção as classificações da alternativa 6. Bem classificada no estudo original, essa alternativa é consistentemente a pior classificada pela abordagem de pré-seleção.

Também é importante destacar que a classificação dos fornecedores do segundo cenário de teste difere para Grupo de Controle e Coleta Principal. Essa diferença está diretamente relacionada ao perfil dos participantes das diferentes etapas de coleta. Entretanto, esse primeiro resultado não é o objetivo maior da pré-seleção, sendo necessário apenas para permitir a classificação psicométrica desses fornecedores, que determina o descarte dos piores classificados.

Para verificar a referida faixa de descarte de ambos os cenários de teste, os fornecedores de cada cenário foram agrupados em uma escala psicométrica de cinco

pontos, cujo teto e piso são dados pelas pontuações do melhor e pior classificados, respectivamente. Isso significa, por exemplo, que para o segundo cenário de teste (e dados do Grupo de Controle), o teto foi determinado por F1, com pontuação 0.112317 e o piso por F6, com pontuação 0.0831580. A distância entre os pontos da escala foi obtida pela divisão por cinco da diferença entre esses fornecedores:

$(0.112317 - 0.0831580)/5 = 0.0058318$. Assim, F1 e F4, com pontuação entre 0.0889897 e 0.0831580 foram classificados como (5) Devem ser evitados, entrando na faixa de descarte. A Tabela 27 mostra a classificação psicométrica de todos os fornecedores, em cada cenário de teste.

Tabela 27: Classificação psicométrica de fornecedores

	Pontos	Grupo de Controle	Coleta principal
1º cenário	(1) Muito indicado	F2	F2
	(2) Indicado	F3	F3
	(3) Nem indicado...	-	-
	(4) Contra-indicado	-	-
	(5) Deve ser evitado	F1; F4	F1; F4
2º cenário	(1) Muito indicado	F1; F9; F2	F1; F9
	(2) Indicado	F8; F10	F8; F10
	(3) Nem indicado...	F5; F3	F3;
	(4) Contra-indicado	F7; F4	F2; F7; F5; F4
	(5) Deve ser evitado	F6	F6

Tomando por base a classificação psicométrica dos fornecedores de ambos cenário de teste, aproximadamente 1/2 e 1/3 das alternativas poderiam ser descartadas de forma segura antes da decisão final. Dessa forma, dois benefícios da abordagem de pré-seleção se destacam: o cliente precisaria processar um número reduzido de alternativas e, dentre elas, estariam apenas as de maior importância. Também é interessante mencionar que a diferença de perfil dos participantes do Grupo de Controle e Coleta Principal tiveram, de fato, impacto nos resultados. Isto é, sendo a Coleta Principal caracterizada, majoritariamente, por participantes de dois ramos específicos de atuação, os pesos dados aos critérios de pré-seleção por esse grupo resultaram em uma sugestão de descarte maior no segundo caso de teste.

5 Conclusões

Este trabalho teve como objetivo propor uma nova abordagem para SSP, especificamente voltada para e-marketplaces, em um contexto influenciado pelas tendências de automação e troca de dados da Indústria 4.0. Para tanto, foi proposta a divisão formal do problema em duas etapas: pré-seleção, a ser realizada pelo e-marketplace, e decisão final, a ser realizada pelo cliente. Além da etapa de pré-seleção em si, foi proposta uma metodologia para implementação da abordagem, definida em quatro passos principais: definição de uma técnica MCDA, definição de critérios de pré-seleção, validação e definição dos respectivos pesos para os critérios de pré-seleção e descarte de fornecedores. Como resultado, foi comprovada a utilidade e viabilidade tanto da abordagem quanto da metodologia para sua implementação.

Dado que seleção de fornecedores é um tema recorrente da literatura, diversas ferramentas e técnicas voltadas para esse problema já foram estudadas. Portanto, uma técnica MCDA tradicional foi utilizada como forma de operacionalização da abordagem de pré-seleção que, no caso, tratou-se do Processo de Análise Hierárquica. Também foi conduzida uma investigação por interseções de interesse entre diferentes parceiros comerciais e segmentos de negócio, o que permitiu a definição de um conjunto de critérios adequado para pré-seleção.

Para validar a faixa de interesses comuns identificada neste trabalho - e, por consequência, o referido conjunto de critérios de pré-seleção - foi conduzido um levantamento de dados junto à especialistas de domínio. Esse mapeamento do conhecimento tácito dos especialistas permitiu verificar a importância de cada critério do conjunto, provando-os representativos e atuais, enquanto que, simultaneamente, puderam ser inferidos seus pesos.

Por último, foram executados testes de pré-seleção em cenários tradicionais previamente analisados, para que fosse possível verificar se o descarte de uma faixa de fornecedores teria impacto na decisão final do cliente. Mostrou-se, então, que a pré-seleção pode resultar em um conjunto reduzido de alternativas para decisão final, preservando a maioria dos fornecedores mais indicados.

5.1 Contribuições

As principais contribuições científicas deste trabalho são:

- A proposição de uma nova abordagem para o problema da seleção de fornecedores em *e-marketplaces*, no contexto de negócios e Indústria 4.0;

- A proposição de uma metodologia para implementação da abordagem de pré-seleção;
- O mapeamento do conhecimento tácito do especialista de domínio;
- A proposição de uma forma de descarte de fornecedores e consequente simplificação da decisão final do cliente, com base em classificação por escala psicométrica e dinâmica de cinco pontos.

O desenvolvimento deste documento de dissertação e de um manuscrito científico, submetido para revisão pelo International Journal of Production Research, também são pontos importantes, uma vez que se tratam de compartilhar o conhecimento adquirido com a comunidade científica.

5.2 Trabalhos futuros

Frente às limitações e novidades deste trabalho, podem ser listados alguns possíveis estudos para se prosseguir a análise da abordagem de pré-seleção e, em última instância, de alternativas para os problemas enfrentados pelas plataformas computacionais compartilhadas, no contexto de negócios. Nesse sentido, estima-se ser necessário:

- Investigar a faixa ideal de descarte de alternativas para a abordagem de pré-seleção;
- Investigar se há técnicas MCDA mais indicadas para a operacionalização da abordagem, e se as características dos participantes da etapa de levantamento de dados são, de fato, suficientemente representativas para uma implementação (ainda que em caráter de teste);
- Investigar comparativamente os benefícios da abordagem em contraposição aos custos de estudo, processamento e adequação das plataformas computacionais existentes;
- Verificar o número ideal de participantes para levantamento de dados (se há um número ideal ou mínimo e se variam de automação para automação);
- Investigar os limites de abrangência da abordagem proposta (número de segmentos de negócio diferentes, características dos segmentos de negócio);
- Investigar o número ideal de critérios de pré-seleção;
- Verificar os resultados práticos da pré-seleção com:
 - a adequação de uma plataforma computacional em produção;
 - a aplicação de experimentos de duas fases (com e sem pré-seleção) em ambiente corporativo.

Tais estimativas podem ser listadas dadas as possibilidades de extensão da proposta e das análises aqui descritas, assim como devido às limitações e ameaças à validade apontadas no decorrer do texto.

Referências

- BANAEIAN, N. et al. Criteria definition and approaches in green supplier selection – A case study for raw material and packaging of food industry. *Production & Manufacturing Research*, v. 3, p. 149–168, 2015. Nenhuma citação no texto.
- BARLA, S. B. A case study of supplier selection for lean supply by using a mathematical model. *Logistics Information Management*, v. 16, p. 451–459, 2003. Nenhuma citação no texto.
- BELTON, V.; STEWART, T. *Multiple Criteria Decision Analysis: an integrated approach*. [S.l.]: Dordrecht, 2002. Nenhuma citação no texto.
- BüYÜKÖZKAN, G.; ÇİFÇİ, G. A novel fuzzy multi-criteria decision framework for sustainable supplier selection with incomplete information. *Computers in Industry*, v. 62, p. 164–174, 2011. Nenhuma citação no texto.
- CENGİZ, A. E. et al. A multi-criteria decision model for construction material supplier selection. In: *Procedia Engineering*. [S.l.: s.n.], 2017. v. 196, p. 294–301. Nenhuma citação no texto.
- CHAMODRAKAS, I.; BATIS, D.; MARTAKOS, D. Supplier selection in electronic marketplaces using satisficing and fuzzy AHP. *Expert Systems with Applications*, v. 37, p. 490–498, 2010. Nenhuma citação no texto.
- CISNEROS-CABRERA, S. et al. Digital marketplaces for Industry 4.0: A survey and gap analysis. In: *IFIP International Federation for Information Processing*. [S.l.: s.n.], 2017. p. 18–27. Nenhuma citação no texto.
- CORRÊA, H. L. *Just In Time; Mrp II e Opt - Um enfoque estratégico*. [S.l.]: Atlas, 1993. Nenhuma citação no texto.
- COSTA, M.; REQUEJO, C.; RODRIGUES, F. The suppliers selection problem: A case study. *Operations Research and Big Data*, v. 15, p. 175–184, 2015. Nenhuma citação no texto.
- DAWES, J. Do data characteristics change according to the number of scale points used? an experiment using 5-point, 7-point and 10-point scales. *International Journal of Market Research*, v. 50, p. 61–104, 2008. Nenhuma citação no texto.
- DULMIN, R.; MININNO, V. Supplier selection using a multi-criteria decision aid method. *Journal of Purchasing and Supply Management*, v. 9, p. 177–187, 2003. Nenhuma citação no texto.
- FIGUEIRA, J. R.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. [S.l.]: Springer-Verlag New York, 2005. Nenhuma citação no texto.
- GHODSYPOUR, S. H.; O'BRIEN, C. A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming. *International Journal of Production Economics*, v. 56-57, p. 199–212, 1998. Nenhuma citação no texto.

- HILL, T. *Manufacturing Strategy: The strategic management of the manufacturing function*. [S.l.]: Macmillan, 1993. Nenhuma citação no texto.
- HO, W.; XU, X.; DEY, P. K. Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: a literature review. *European Journal of Operational Research*, v. 202, p. 16–24, 2010. Nenhuma citação no texto.
- HOFMANN, E.; RÜSCH, M. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry: An International, Application Oriented Research Journal*, v. 89, p. 23–34, 2017. Nenhuma citação no texto.
- HOWARD, M.; VIDGEN, R.; POWELL, P. Automotive e-hubs: Exploring motivations and barriers to collaboration and interaction. *The Journal of Strategic Information Systems*, v. 15, p. 51–75, 2006. Nenhuma citação no texto.
- KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: securing the future of German manufacturing industry*. [S.l.]: National Academy of Science and Engineering, 2013. Nenhuma citação no texto.
- KAR, A. K. Revisiting the supplier selection problem: An integrated approach for group decision support. *Expert Systems with Applications*, v. 41, p. 2762–2771, 2014. Nenhuma citação no texto.
- LASETER, T.; LONG, B.; CAPERS, C. B2B benchmark: The state of electronic exchanges. *Booz Allen Hamilton & Strategy+Business*, v. 4, 2001. Nenhuma citação no texto.
- LEE, M.-S.; LEE, Y.-H.; JEONG, C.-S. A high-quality-supplier selection model for supply chain management and ISO 9001 system. *Production Planning & Control: The Management of Operations*, v. 14, p. 225–232, 2003. Nenhuma citação no texto.
- LIAO, Y. et al. Past, present and future of industry 4.0 - A systematic literature review and research agenda proposal. *International Journal of Production Research*, v. 55, p. 3609–3629, 2017. Nenhuma citação no texto.
- MACHADO, A. U.; PINHEIRO, A.; PACHECO, D. Análise estratégica pela matriz de importância e desempenho em uma pequena empresa distribuidora de alimentos. *Espacios*, v. 2, p. 3, 2014. Nenhuma citação no texto.
- MASELLA, C.; RANGONE, A. Managing supplier/customer relationships by performance measurement systems. In: *Proceedings of the 2nd International Symposium on Logistics*. [S.l.: s.n.], 1995. p. 99–102. Nenhuma citação no texto.
- MERLI, G. *Co-Makership: The New Supply Strategy for Manufacturers*. [S.l.]: Productivity Press, 1991. Nenhuma citação no texto.
- MÜLLER, T.; RASKOB, W. *MCDA Toolkit: user guide*. [S.l.], 2017. Nenhuma citação no texto.
- MUKHERJEE, K. Supplier selection criteria and methods: Past, present and future. *International Journal of Operational Research*, v. 7, p. 356–373, 2016. Nenhuma citação no texto.

- MURALIDHARAN, C.; ANANTHARAMAN, N.; DESHMUKH, S. A multi-criteria group decisionmaking model for supplier rating. *The Journal of Supply Chain Management: A Global Review of Purchasing and Supply*, v. 38, p. 22–33, 2002. Nenhuma citação no texto.
- NG, W. L. An efficient and simple model for multiple criteria supplier selection problem. *European Journal of Operational Research*, v. 186, p. 1059–1067, 2008. Nenhuma citação no texto.
- NGUYEN, H. *Supplier selection process in café industry*. Tese (Doutorado) — Helsinki Metropolia University of Applied Sciences, 2016. Nenhuma citação no texto.
- PAL, O.; GUPTA, A. K.; GARG, R. K. Supplier selection criteria and methods in supply chains: A review. *International Journal of Economics and Management Engineering*, v. 7, p. 2667–2673, 2013. Nenhuma citação no texto.
- PASCALE, R. T.; ATHOS, A. *As artes gerenciais japonesas - Métodos e sistemas executivos japoneses, adaptados à realidade ocidental*. [S.l.]: Record, 1982. Nenhuma citação no texto.
- RAMLAN, R. et al. The ideal criteria of supplier selection for SMEs food processing industry. In: *MATEC Web of Conferences*. [S.l.: s.n.], 2016. v. 70, p. 5. Nenhuma citação no texto.
- ROSSI, P. H.; WRIGHT, J. D.; ANDERSON, A. B. *Handbook of Survey Research*. [S.l.]: Academic Press, 2013. Nenhuma citação no texto.
- SAATY, R. W. The analytic hierarchy process - What it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, v. 9, p. 161–176, 1987. Nenhuma citação no texto.
- SAGAR, M. K.; SINGH, D. Supplier selection criteria: Study of automobile sector in india. *International Journal of Engineering Research and Development*, v. 4, p. 34–39, 2012. Nenhuma citação no texto.
- SCOTT, J. et al. 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. Nenhuma citação no texto.
- SHYUR, H.-J.; SHIH, H.-S. A hybrid MCDM model for strategic vendor selection. *Mathematical and Computer Modelling*, v. 44, p. 749–761, 2006. Nenhuma citação no texto.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da produção*. [S.l.]: Atlas, 2002. Nenhuma citação no texto.
- TEKTAS, A.; AYTEKIN, A. Supplier selection in the international environment: A comparative case of a turkish and an australian company. *IBIMA Business Review*, v. 2011, p. 14, 2011. Nenhuma citação no texto.
- VOSS, C. *Manufacturing strategy: Process and content*. [S.l.]: Chapman & Hall, 1992. Nenhuma citação no texto.
- WHITE, A. et al. The adoption of consortium B2B e-marketplaces: An exploratory study. *The Journal of Strategic Information Systems*, v. 16, p. 71–103, 2007. Nenhuma citação no texto.

WOHLIN, C. et al. *Experimentation in software engineering*. [S.l.]: Springer Publishing Company, 2012. Nenhuma citação no texto.

XIA, W.; WU, Z. Supplier selection with multiple criteria in volume discount environments. *The International Journal of Management Science*, v. 35, p. 494–504, 2007. Nenhuma citação no texto.

APÊNDICE A – Questionário

Critérios de seleção

Seleção de fornecedores

Essa pesquisa tem por objetivo investigar quais os critérios mais comuns no processo de seleção e filtragem de fornecedores e parceiros. Se você possui conhecimento nessa área, por favor, compartilhe-o com a gente!

Antes de começarmos, que tal nos contar um pouco mais sobre você?

As próximas perguntas são simples e diretas, mas nos permitirão traçar aspectos importantes do seu perfil!

1. Descreva sua experiência mais recente com seleção de fornecedores (por ex. Gerente de compras, Auxiliar administrativo, etc.)

R: _____

2. Indique qual seu tempo de experiência com seleção de fornecedores:

- Menos de dois anos
- Entre 2 (dois) e 5 (cinco) anos
- Mais do que 5 (cinco) anos

3. Qual o último ramo da indústria (ou academia) em que você atuou com seleção de fornecedores?

- Academia
- Artefatos de couro, artigos para viagem e calçados
- Artigos do vestuário e acessórios
- Bebidas
- Celulose, papel e produtos de papel
- Coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis
- Equipamentos de transporte, exceto veículos automotores
- Impressão e reprodução de gravações

Figura 11: Questionário (pág. 1)

- () Informática, produtos eletrônicos e ópticos
- () Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos
- () Metalurgia
- () Máquinas e equipamentos
- () Máquinas, aparelhos e materiais elétricos
- () Móveis
- () Outros produtos químicos
- () Produtos alimentícios
- () Produtos de borracha e de material plástico
- () Produtos de madeira
- () Produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos
- () Produtos de minerais não-metálicos
- () Produtos diversos
- () Produtos do fumo
- () Produtos farmoquímicos e farmacêuticos
- () Produtos têxteis
- () Sabões, deterg., prods. de limpeza, cosméticos, prods. de perfum. e de higiene pessoal
- () Serviços
- () Veículos automotores, reboques e carrocerias
- () Outra. *Especifique:* _____

4. Quais suas atividades/atribuições mais recentes relacionadas à seleção de fornecedores e parceiros? Cite até três (por ex. obter cotações, avaliar fornecedores, conferir entregas, efetuar pagamentos, emitir notas fiscais, etc.)

R: _____

Certo! Agora já sabemos o suficiente sobre você.

A seguir, avalie para nós os critérios de seleção que serão apresentados, considerando seu conhecimento sobre o tema.

Figura 12: Questionário (pág. 2)

5. Sobre o processo de seleção de fornecedores, avalie cada critério apresentado na tabela a seguir com uma nota de 1 a 9.

Marque um X para cada linha da tabela.

Caso algum critério não seja importante para você, marque um X na primeira coluna à esquerda, indicada pelo símbolo .

Caso outros critérios lhe ocorram, indique no final.

		<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>
Preço final										
Qualidade do produto <i>Acordância com o pedido, excelência frente à concorrência</i>										
Quantidade <i>Capacidade de produção e entrega</i>										
Formas de pagamento e garantias contratuais										
Entrega <i>Garantia de processamento, pontualidade e velocidade</i>										
Performance <i>Capacidade de reação, taxa de conclusão e eficiência</i>										
Serviço <i>Atendimento pré e pós-compra e facilidade de comunicação</i>										
Perfil <i>Histórico de atuação, presença no mercado e reputação</i>										
Localização <i>Posição e proximidade geográfica</i>										
Tecnologias <i>Recursos de produção, inovação, manutenção e entrega de pedidos</i>										

Outros critérios?

		<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>

Figura 13: Questionário (pág. 3)