

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

JULIANO DENICOL

**SISTEMÁTICA PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES
NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Porto Alegre
2014

Juliano Denicol

**SISTEMÁTICA PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES NA INDÚSTRIA DA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Acadêmica, na área de concentração em Sistemas de Produção.

Orientador: Ricardo Augusto Cassel, *Ph.D.*

Porto Alegre

2014

Juliano Denicol

Sistemática para seleção de fornecedores na indústria da construção civil

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Acadêmica e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Ricardo Augusto Cassel, *Ph.D.*

Orientador PPGEP/UFRGS

Prof. José Luis Duarte Ribeiro, Dr.

Coordenador PPGEP/UFRGS

Banca Examinadora:

Professor Michel Jose Anzanello, *Ph.D.* (PPGEP/UFRGS)

Professor Eduardo Luis Isatto, Dr. (PPGEC/UFRGS)

Professora Luciana Ines Gomes Miron, Dra. (PROPUR/UFRGS)

*“Determinando tu algum negócio, ser-te-á firme,
e a luz brilhará em teus caminhos.”* **Jó 22.28**

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, agradeço a Deus por guiar o meu caminho de acordo com a Sua sabedoria.

A minha mãe, pelo amor e valores transmitidos.

A minha namorada, pelo carinho e apoio incondicional.

Aos meus tios, pelo exemplo de incentivo ao estudo como meio para o desenvolvimento pessoal e profissional.

Aos meus padrinhos, pela base nos momentos fundamentais desta jornada.

Ao meu orientador, Prof. Ricardo Augusto Cassel, *Ph.D.*, pelo exemplo de posicionamento frente aos diversos assuntos acadêmicos e dedicação para o desenvolvimento deste trabalho.

A Prof. Dra. Luciana Miron, pelas orientações durante a Monitoria Acadêmica, que contribuíram para a escolha deste curso de mestrado.

Aos demais professores do Laboratório de Otimização de Produtos e Processos (LOPP), pelos conhecimentos passados em sua busca pela excelência no ensino e na pesquisa.

Aos amigos do PPGEF, Alessandro, João, Ricardo, Rodolfo, Rodrigo e Vitor, pela parceria ao longo do mestrado e por todas as discussões que contribuíram para enriquecer esse estudo e o conhecimento de cada um.

A CAPES, pelo suporte que viabilizou o desenvolvimento desse trabalho.

DENICOL, Juliano. **Sistemática para seleção de fornecedores na indústria da construção civil. 2014. 115 f.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

RESUMO

Atualmente, o ambiente industrial é caracterizado pela intensa globalização, competição entre cadeias de suprimentos, manutenção das competências centrais e terceirização dos demais serviços. Desta forma, a gestão das relações entre os agentes independentes da cadeia de suprimentos e do processo de aquisição são fatores potenciais para o aumento da competitividade empresarial. No contexto da construção civil, a seleção adequada dos parceiros de negócios é um elemento fundamental para o sucesso dos projetos, uma vez que uma grande proporção das atividades podem ser sub-contratadas e possuem relação de precedência entre si. Os suprimentos representam um percentual significativo dos custos das construções, 60%, dado que demonstra o potencial de lucratividade passível de ser atingida ao estruturar o processo de seleção de fornecedores na construção civil. Seleções baseadas no preço prejudicam os sub-empregados e fornecedores mais responsáveis na concorrência, contribuindo para a queda do nível de desempenho e redução da eficiência global do projeto, uma vez que as ineficiências são somadas ao longo da cadeia. Através da estruturação do processo de seleção de fornecedores, é possível mitigar os riscos de suprimentos oriundos de falhas destes contratados ao longo da relação. O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma sistemática para seleção de fornecedores críticos, considerando diversos critérios além do preço, entre qualitativos e quantitativos. A abordagem visa também, a eliminação da subjetividade do processo e a extração do melhor fornecedor de forma objetiva. Para tanto, foram definidas dimensões competitivas para avaliar os fornecedores e posteriormente foram utilizados dois métodos quantitativos, Teoria dos Conjuntos Difusos (TCD) e Análise de Componentes Principais (ACP), para selecionar o melhor fornecedor dentre as alternativas, com base na avaliação de múltiplos agentes.

Palavras-Chave: Gestão da cadeia de suprimentos; Avaliação e seleção de fornecedores; Teoria dos conjuntos difusos; Análise de componentes principais; Indústria da construção civil.

DENICOL, Juliano. **Sistemática para seleção de fornecedores na indústria da construção civil. 2014. 115 f.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

ABSTRACT

Currently, the industrial environment is characterized by intense globalization, competition between supply chains, maintenance of core competencies and outsourcing of other services. Thus, the management of relationships between independent agents of the supply chain and the procurement process are potential factors for increasing enterprise competitiveness. In the construction context, the proper selection of business partners is a key element for the success of projects, since a large proportion of the activities can be sub-contracted and have precedence relationship between them. Supplies represent a significant percentage of the cost of buildings, 60%, information that demonstrates the potential of profitability that can be achieved by structuring the process of supplier selection in the construction industry. Selection based on price take off from competition the sub-contractors and suppliers more responsible, contributing to the decline in the level of performance and reduction in the overall project efficiency, since inefficiencies are summed through the chain. By structuring the supplier selection process, it is possible to mitigate the supply risk arising from failures of these suppliers during the relationship. The objective of this study was to develop a systematic for selection of critical suppliers, considering several criteria other than price, among qualitative and quantitative. The approach also aims at eliminating the subjectivity of the process and the extraction of the best supplier in an objective way. In order to that, competitive dimensions were set to evaluate vendors and subsequently two quantitative methods, Fuzzy Sets Theory (FST) and Principal Component Analysis (PCA) were used to select the best supplier among the alternatives based on multiple agents evaluation.

Keywords: Supply chain management; Supplier evaluation and selection; Fuzzy Set Theory; Principal Component Analysis; Civil construction Industry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Método de trabalho utilizado. Fonte: Elaboração própria.	17
Figura 2.1: Número de publicações por ano e linha de tendência (média móvel, dois períodos). Fonte: Elaboração própria.	32
Figura 2.2: Número de publicações por países. Fonte: Elaboração própria.....	33
Figura 2.3: Cadeia de suprimentos da construção civil. Fonte: Adaptado de (BEACH et al., 2005).....	41
Figura 3.1: Processo de gestão do relacionamento com os fornecedores. Fonte: Elaboração própria.....	56
Figura 3.2: Dimensões competitivas e sub-critérios propostos. Fonte: Elaboração própria...	71
Figura 4.1: Representação dos <i>Triangular Fuzzy Numbers</i> , com a variável linguística Médio e seu intervalo (0,25; 0,50; 0,75) ressaltados. Fonte: Elaboração Própria.	89
Figura 4.2: Artefato proposto para seleção de fornecedores. Fonte: Elaboração própria.	92
Figura 4.3: Matriz representando N fornecedores com critérios em quantidade J . Fonte: Elaboração própria.....	96
Figura 4.4: Dimensões competitivas e sub-critérios. Fonte: Elaboração própria.....	99
Figura 4.5: Representação gráfica do melhor fornecedor de acordo com a menor distância euclidiana para o fornecedor ótimo. Fonte: Elaboração própria.	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Estratégia de busca das publicações. Fonte: Elaboração própria.	30
Tabela 2.2: Seleção de artigos através da estratégia de busca. Fonte: Elaboração própria.	32
Tabela 2.3 : Comparação das características dos modelos. Fonte: (LAM et al., 2010).	34
Tabela 2.4: Métodos quantitativos utilizados. Fonte: Elaboração própria.	35
Tabela 2.5: Tipos de seleção e relacionamentos dos agentes e modelos de classificação dos fornecedores. Fonte: Elaboração própria.	40
Tabela 3.1: Fontes de risco de suprimentos. Fonte: (MICHELI et al., 2009).	66
Tabela 3.2: Fontes de risco de suprimentos vs Dimensões Competitivas da Produção. Fonte: Elaboração própria.	70
Tabela 4.1: <i>Triangular Fuzzy Numbers</i> associados às variáveis linguísticas para avaliação dos fornecedores e aos cargos dos tomadores de decisão. Fonte: Elaboração própria.	93
Tabela 4.2: Conjunto de dados normalizados. Fonte: Elaboração própria.	100
Tabela 4.3: Matriz de correlação, sobre dados normalizados. Fonte: Elaboração própria.	101
Tabela 4.4: Autovalores dos componentes principais. Fonte: Elaboração própria.	101
Tabela 4.5: <i>Loadings</i> dos critérios nos Componentes Principais não rotacionados, sendo ressaltados os componentes retidos (> 85% da variabilidade). Fonte: Elaboração própria. ..	101
Tabela 4.6: <i>Loadings</i> dos critérios nos Componentes Principais retidos e rotacionados pelo método VARIMAX. Fonte: Elaboração própria.	102
Tabela 4.7: Peso de cada critério (<i>Loadings</i> rotacionados * % da variância de cada CP). Fonte: Elaboração própria.	103
Tabela 4.8: Scores dos fornecedores em cada CP [(<i>Loadings</i> rotacionados * % da variância de cada CP)*(Dados originais normalizados)]. Fonte: Elaboração própria.	103
Tabela 4.9: Distância Euclidiana dos fornecedores ao fornecedor ótimo e posição no Ranking dos melhores fornecedores. Fonte: Elaboração própria.	104

LISTA DE ABREVIATURAS

ACP – *Análise de Componentes Principais*

AHP – *Analytic Hierarchy Process*

AIM – *Aspiration Interactive Method*

ANP – *Analytic Network Process*

CFA – *Confirmatory Factor Analysis*

CMMI – *Capability Maturity Model Integration*

DEA – *Data Envelopment Analysis*

DSR – *Design Science Research*

ELECTRE IV – *Elimination and Choice Expressing Reality*

ETO – *Engineer-to-Order*

GRF – *Gestão do Relacionamento com os Fornecedores*

HOLT – *Highlighted Optimum Legitimate Tender*

MAUT – *Multiple Atributte Utility Theory*

MAVT – *Multiple Atributte Value Theory*

MTS – *Make-to-Stock*

PROMETHEE – *Preference Ranking Organization Methods for Enrichment Evaluations*

QFD – *Quality Function Deployment*

RN – *Redes Neurais*

SCM – *Supply Chain Management*

SRiM – *Supply Risk Management*

SRM – *Supply Relationship Management*

SVM – *Support Vector Machine*

TCD – *Teoria dos Conjuntos Difusos*

TFN – *Triangular Fuzzy Numbers*

VIP – *Variable Interdependent Parameters*

SUMÁRIO

1	Introdução.....	13
1.1	Considerações iniciais.....	13
1.2	Problema de pesquisa	14
1.3	Objetivos	15
1.3.1	<i>Objetivo Geral.....</i>	<i>15</i>
1.3.2	<i>Objetivos Específicos.....</i>	<i>15</i>
1.4	Justificativa.....	15
1.5	Metodologia	16
1.5.1	<i>Método de Pesquisa.....</i>	<i>16</i>
1.5.2	<i>Método de Trabalho</i>	<i>17</i>
1.6	Delimitações.....	19
1.7	Estrutura da dissertação	19
1.8	Referências	21
2	Artigo Um: Métodos para seleção e avaliação de desempenho de fornecedores na indústria da construção: uma revisão sistemática da literatura.....	24
2.1	Introdução	26
2.2	Método	28
2.2.1	<i>Estágio de Planejamento da Revisão</i>	<i>29</i>
2.2.2	<i>Estágio de Condução da Revisão</i>	<i>29</i>
2.2.3	<i>Estágio de Disseminação da Revisão.....</i>	<i>31</i>
2.3	Resultados.....	31
2.4	Discussões	33
2.4.1	<i>Métodos Quantitativos para Seleção e Avaliação de Fornecedores.....</i>	<i>33</i>
2.4.2	<i>Tipos de Seleção e Relacionamentos.....</i>	<i>38</i>
2.4.3	<i>Modelos de Classificação de Fornecedores.....</i>	<i>43</i>
2.5	Conclusões	44

2.6	Referências	46
3	Artigo Dois: Construção de dimensões competitivas para avaliação de fornecedores na indústria da construção civil	51
3.1	Introdução	53
3.2	Método	54
3.3	Revisão da Literatura	54
3.3.1	<i>Gestão do Relacionamento com os Fornecedores</i>	55
3.3.2	<i>Gestão de Risco de Suprimentos</i>	61
3.3.3	<i>Dimensões competitivas da produção</i>	66
3.4	Resultados	69
3.5	Conclusões	72
3.6	Referências	73
4	Artigo Três: Sistemática Fuzzy-PCA para seleção de fornecedores na indústria da construção civil.....	83
4.1	Introdução	85
4.2	Revisão da Literatura	86
4.2.1	<i>Teoria dos Conjuntos Difusos (TCD)</i>	86
4.2.2	<i>Análise de Componentes Principais (ACP)</i>	89
4.3	Sistemática proposta.....	92
4.4	Caso analisado.....	98
4.5	Discussões	104
4.6	Conclusões	105
4.7	Referências	107
5	Considerações finais.....	114
5.1	Conclusões	114
5.2	Sugestões para futuras pesquisas	115

1 Introdução

1.1 Considerações iniciais

A globalização, associada aos avanços tecnológicos que amplificaram o acesso à informação, está provocando um aumento da competitividade internacional, a qual tende a crescer ainda mais com a redução de protecionismos às indústrias nacionais (LASCH e JANKER, 2005). A competição direciona-se para as cadeias de suprimentos globais, que estão gradativamente substituindo as continentais e nacionais (AKINTOYE et al., 2000). Dentro deste contexto, as empresas travam uma busca contínua pela redução de custos em suas operações, através da eliminação de desperdícios e ineficiências, priorizando melhorar as atividades que são responsáveis pelo seu diferencial competitivo e descontinuar aquelas em que seu desempenho não é satisfatório. Com a especialização das atividades, o número de fornecedores aumenta, assim como a dependência do desempenho destes para as metas globais da cadeia de suprimentos. Desta forma, a estruturação do processo de gestão do relacionamento com os fornecedores torna-se essencial para possibilitar uma gestão da cadeia de suprimentos de sucesso (COOPER et al., 1997).

Os consumidores, diante do aumento de ofertas disponíveis no mercado, estão mais exigentes em relação a novos produtos, o que resulta em um ciclo de vida do produto mais curto e na imposição de maior velocidade nos lançamentos. Para desenvolver o produto a tempo, é necessário acelerar o processo de seleção de fornecedores, o que aumenta o risco de interrupções no fornecimento devido à seleção inadequada. Portanto, a perspectiva do cliente corrobora a necessidade da empresa possuir uma sistemática definida para selecionar os fornecedores (DE BOER et al., 2001; TALLURI e NARASIMHAN, 2004).

As práticas de gestão da cadeia de suprimentos estão sendo aplicadas com sucesso por diversos setores, com destaque para as indústrias automotiva e varejista (AKINTOYE et al., 2000). A indústria da construção, por sua vez, sempre esteve atrás de outros setores industriais em relação aos processos gerenciais, utilizando-se das inovações introduzidas pelos demais setores através de adaptações (ELFVING e BALLARD, 2011; KUMARASWAM e PALANEESWARAN, 2000). Segundo O'Brien et al. (2002), a gestão da cadeia de suprimentos é um tema que tem atraído a atenção de pesquisadores do setor da construção, porém a adaptação das técnicas e conceitos encontra-se em estágio inicial. Visão corroborada por Briscoe et al. (2001) e Gosling et al. (2013), que ressaltaram a imaturidade do

setor em estabelecer relações de longo prazo entre seus agentes, sendo usual a prática da contratação pontual e pelo menor preço.

Diversos profissionais e acadêmicos acreditam que a seleção de fornecedores é um processo-chave para a gestão da cadeia de suprimentos, uma vez que a matéria prima e os componentes são responsáveis por grande parte dos custos do produto. Desta forma, o ganho de alguns pontos percentuais sobre o valor das aquisições proporciona aumentos consideráveis na rentabilidade. A seleção dos fornecedores certos possui potencial para reduzir significativamente os custos de aquisição, e para melhorar a competitividade das empresas e da cadeia como um todo (GHODSYPOUR e O'BRIEN, 2001; HO et al., 2011; SETAK et al., 2012; YEO e NING, 2002).

1.2 Problema de pesquisa

A construção civil caracteriza-se por ser um setor *Engineer-to-Order*, que possui demandas orientadas por projetos, alto grau de customização e grande parte dos custos dos projetos associados a suprimentos específicos (GOSLING et al., 2012; VAN DER VAART et al., 1996). A abordagem de seleção dos fornecedores utilizada neste ambiente é em função do menor preço, o que elimina muitos parceiros com potencialidades para contribuir positivamente para o desenvolvimento do projeto e da cadeia de suprimentos. Para uma seleção adequada de fornecedores, devem ser considerados atributos quantitativos e qualitativos, de forma a investigar o desempenho dos fornecedores nestes quesitos, a fim de eliminar riscos oriundos de falhas dos parceiros em atender aos requisitos contratados. Pela característica dos processos contrutivos, em que muitas atividades dependem da finalização da etapa anterior, a falha no fornecimento ou no produto proporciona uma ruptura da cadeia de atividades, causando danos financeiros aos contratantes. Desta forma, a seguinte questão de pesquisa foi proposta:

Como realizar a seleção de fornecedores na indústria da construção civil de forma mais eficiente e estruturada para mitigar os riscos de suprimentos?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Propor uma sistemática de auxílio à tomada de decisão no processo de seleção de fornecedores da construção civil, a fim de aumentar os ganhos através de uma gestão mais eficiente da cadeia de suprimentos, mitigando os riscos associados às falhas dos contratados.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar os métodos, qualitativos e quantitativos, mais adequados para utilização na sistemática proposta;
- Compreender quais são as etapas do processo de gestão de relacionamento com os fornecedores e suas características;
- Identificar as dimensões competitivas da produção e os conceitos de gestão de risco de suprimentos, para a construção do conjunto de dimensões e sub-critérios a ser utilizado na ferramenta de seleção;
- Estimular no setor a cultura de avaliação do desempenho dos fornecedores e estimular que os mesmos se meçam.

1.4 Justificativa

A baixa produtividade da indústria da construção vem sofrendo pressões, a nível mundial, para a melhoria dos seus processos e aproximação de setores industriais com maior controle de sua produção e perdas. Yeo e Ning (2002) afirmaram que o tempo que não agrega valor corresponde a mais de 40% da duração da construção. A segmentação da cadeia da construção é uma das causas desse montante desperdiçado, sendo uma cadeia muito vertical, contendo diversos fornecedores de nível 1 (*tier 1*) (LAMBERT et al., 1998). A grande quantidade de fornecedores diretos a serem gerenciados, juntamente com a prática de seleção pelo mais barato, ocasiona o aumento dos riscos de falhas de suprimentos, o que eleva os custos e reduz a produtividade. Portanto, é necessária a inserção de práticas que analisem o negócio da construção de forma sistêmica, considerando que uma interrupção local compromete os ganhos de toda construção. Neste sentido, é oportuna a investigação da gestão da cadeia de suprimentos com ênfase na etapa de seleção de fornecedores, a qual é reconhecida como a que possui maior potencial para mitigação de riscos de suprimentos (MICHELI et al., 2009; ZSIDISIN et al., 2000). Este trabalho se difere dos já publicados por oferecer uma abordagem

que visa minimizar a subjetividade do processo de seleção, ao quantificar as avaliações dos tomadores de decisão através de um método estruturado e ao gerar pesos para os critérios de forma automática. Além disso, destaca-se a proposição da tomada de decisão através da comparação do desempenho dos fornecedores a serem selecionados perante o de um fornecedor ótimo.

1.5 Metodologia

1.5.1 Método de Pesquisa

Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizada a metodologia do *Design Science Research* (DSR), que consiste em utilizar o conhecimento disponível, teórico e prático, para construir artefatos e aplicá-los para a resolução de problemas, verificando o seu desempenho (BAYAZIT, 2004; MANSON, 2006). Os artefatos buscam desenvolver soluções para a transformação da realidade, alterando-a para um patamar determinado, não necessariamente para um estágio ótimo (MARCH e STOREY, 2008; VAN AKEN, 2004). O DSR busca diminuir a distância existente entre pesquisas acadêmicas e a aplicação em um contexto prático, sendo um método orientado à resolução de problemas que produz a generalização do conhecimento, passível de ser adaptado por pesquisadores e profissionais para diversas situações em áreas correlatas ao problema (DRESCH, 2013).

O artefato foi construído primeiramente através de fundamentação teórica, e após foi validado com os especialistas de uma construtora de grande porte. Posteriormente, a ferramenta foi aplicada em um caso desta empresa para selecionar o melhor fornecedor dentre sete alternativas. Para que o modelo possa ser aprimorado, são necessárias novas aplicações em mais processos de seleção de fornecedores, dentro dessa empresa ou em outras.

O trabalho possui uma revisão bibliográfica e posteriormente uma abordagem quantitativa, devido aos métodos utilizados para a seleção dos fornecedores. Sua natureza é caracterizada como aplicada, em função do objetivo de resolver um problema prático.

1.5.2 Método de Trabalho

O método de trabalho consiste nas etapas realizadas para atingir os objetivos propostos pelo trabalho, conforme Figura 1.1.

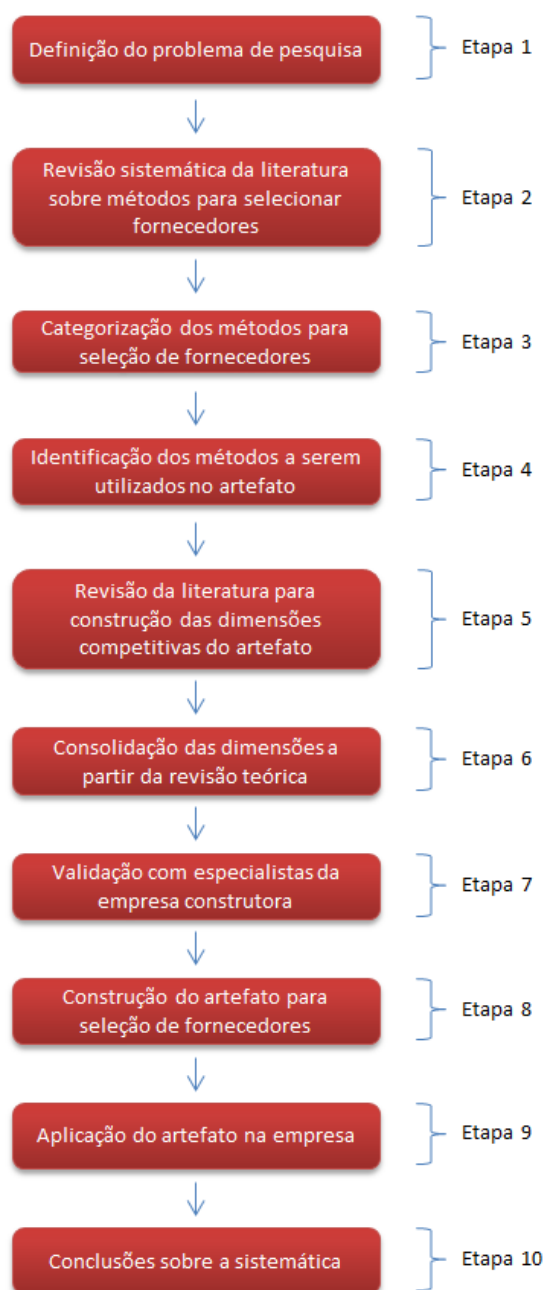


Figura 1.1: Método de trabalho utilizado. Fonte: Elaboração própria.

Na primeira etapa, foi elaborado o tema e a questão de pesquisa, a partir de uma inquietação do autor frente a um problema observado.

Na segunda etapa, foi realizada uma revisão sistemática da literatura sobre os métodos e técnicas que foram desenvolvidos nos últimos dez anos, no intuito de propor alternativas para solucionar o problema em questão. A escolha pelo procedimento de revisão sistemática confere transparência aos estudos encontrados, uma vez que as buscas são passíveis de reprodução por estarem descritas passo a passo.

Na terceira etapa, os métodos encontrados na revisão foram categorizados e analisados.

Na quarta etapa, foram identificados os métodos mais adequados para utilizar no modelo de seleção de fornecedores.

Na quinta etapa, foi realizada uma revisão da literatura com o objetivo de construir as dimensões competitivas a serem utilizadas no artefato. A revisão da literatura considerou três áreas: (i) Gestão do relacionamento com os fornecedores; (ii) Gestão de risco de suprimentos; e (iii) Dimensões competitivas da produção.

Na sexta etapa, após a revisão da literatura, foi consolidado um grupo de dimensões competitivas e sub-critérios, com a finalidade de avaliar os fornecedores em diversos aspectos, de forma qualitativa e quantitativa.

Na sétima etapa, o grupo de dimensões consolidado através da teoria foi validado com gerentes e analistas da empresa através de entrevistas.

Na oitava etapa, foi proposta a sistemática para avaliação dos fornecedores, que contém desde a avaliação do desempenho dos fornecedores nas dimensões determinadas, até a utilização dos métodos identificados na etapa dois para a criação de um *ranking*, e conseqüente seleção do fornecedor melhor posicionado.

Na nona etapa, o modelo foi aplicado em uma empresa de construção civil de grande porte, com objetivo de selecionar o melhor fornecedor dentre sete alternativas de um material com alta criticidade para a companhia.

Na décima e última etapa, foram elaboradas as conclusões onde são confrontados os resultados com os objetivos inicialmente propostos. Nesta fase, são sugeridas diretrizes para futuras pesquisas, de acordo com questões que surgiram ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

1.6 Delimitações

Constituem restrições do presente estudo:

- O método de revisão sistemática utilizado no primeiro artigo limita os resultados pela definição das bases de dados, palavras-chave e período analisado, últimos 10 anos.
- A construção de um grupo de critérios voltados para a seleção de fornecedores de materiais, não contemplando os de serviços, que possuem atributos de natureza distinta a serem avaliados;
- Aplicou-se o modelo para selecionar fornecedores de um material genérico com alta criticidade para a empresa, dado que o mercado é volátil, podendo tornar crítico pela disponibilidade um item de rotina. As necessidades de aquisições e estratégias das empresas são distintas, fato que estimulou a criação de um grupo de critérios genérico para fornecedores críticos, adaptável para o portfólio das companhias;
- O modelo limita-se à etapa de seleção, sendo necessário reduzir o número de dimensões competitivas para aplicação em fases anteriores ou posteriores, bem como verificar a necessidade da utilização de abordagens quantitativas tão sofisticadas;
- O modelo desenvolvido é dependente da amostra de dados coletada, sendo necessário fazer a análise caso a caso. No entanto, espera-se que, com o passar das aplicações e a criação de um banco de dados, seja possível a identificação de padrões de comportamento dos fornecedores.

1.7 Estrutura da dissertação

Esta dissertação é composta de cinco capítulos, sendo uma introdução, três artigos e uma conclusão.

O primeiro capítulo contém uma contextualização do tema, bem como a questão de pesquisa, os objetivos almejados, as justificativas para esta proposição, os métodos de pesquisa e trabalho utilizados, as delimitações do estudo e a estrutura de organização da dissertação.

O segundo capítulo refere-se ao primeiro artigo da dissertação, o qual propõe uma revisão sistemática da literatura dos últimos dez anos sobre os diferentes métodos qualitativos e quantitativos que vêm sendo utilizados para avaliar o desempenho dos fornecedores e selecioná-los. O intuito desta revisão foi identificar as potencialidades e desvantagens de cada método, para então construir uma sistemática de seleção a partir destas conclusões.

O terceiro capítulo consiste no segundo artigo, o qual propõe a construção de dimensões competitivas para avaliar o desempenho dos fornecedores na etapa de seleção. Para tanto, realizou-se uma explicitação das diferentes fases do processo de relacionamento com os fornecedores, bem como um aprofundamento teórico a respeito de gestão de risco de suprimentos e das dimensões competitivas da produção. Como resultado, o conjunto de critérios foi elaborado a partir da literatura e após validado com especialistas do setor da construção. Este grupo de critérios, qualitativos e quantitativos, será responsável pela primeira parte da sistemática de seleção, que será complementada por outros métodos quantitativos.

O quarto capítulo trata-se do terceiro artigo, no qual é proposta a sistemática para seleção de fornecedores da construção e aplicada em uma construtora de grande porte. A sistemática contém as dimensões previamente definidas e dois métodos quantitativos, Teoria dos Conjuntos Difusos (TCD) e Análise de Componentes Principais (ACP). Para validação desta abordagem, apresenta-se a aplicação em um caso prático, com o objetivo de selecionar a melhor alternativa dentre sete fornecedores de um material crítico para a construtora.

O quinto e último capítulo deste trabalho, consiste na apresentação das considerações finais, que contém as conclusões, as quais são comparadas com os objetivos estabelecidos no início do trabalho, e as sugestões para futuras pesquisas.

1.8 Referências

- Akintoye, A., McIntosh, G., Fitzgerald, E. (2000). A survey of supply chain collaboration and management in the UK construction industry. *European Journal of Purchasing and Supply Management* 6 (3–4), 159–168. doi: 10.1016/S0969-7012(00)00012-5.
- Bayazit, N. (2004). Investigating Design: A Review of Forty Years of Design Research. *Massachusetts Institute of Technology: Design Issues* 20 (1), 16–29. doi: 10.1162/074793604772933739.
- Briscoe, G., Dainty, A. R. J., Millett, S. (2001). Construction supply chain partnerships: skills, knowledge and attitudinal requirements. *European Journal of Purchasing & Supply Management* 7 (4), 243–255. doi: 10.1016/S0969-7012(01)00005-3.
- Cooper, M. C., Ellram, L. M., Gardner, J. T., Hanks, A. M. (1997). Meshing Multiple Alliances. *Journal of Business Logistics* 18 (1), 67–89.
- De Boer, L., Labro E., Morlacchi, P. (2001). A review of methods supporting supplier selection. *European Journal of Purchasing & Supply Management* 7 (2), 75–89. doi: 10.1016/S0969-7012(00)00028-9.
- Dresch, A. (2013). Design Science e Design Science Research como Artefatos Metodológicos para Engenharia de Produção. 184 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas). Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, Brasil.
- Elfving, J., Ballard, G. (2011). In search of lean suppliers – Structuring a preferred supplier program. *Proceedings of the 19th Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 13–15, July 2011, Lima, Peru, 125–134.
- Ghodsypour, S. H., O'Brien, C. (2001). The total cost of logistics in supplier selection, under conditions of multiple sourcing, multiple criteria and capacity constraint. *International Journal of Production Economics* 73 (1), 15–27. doi: 10.1016/S0925-5273(01)00093-7.
- Gosling, J., Naim, M. M., Towill, D. R. (2012). A supply chain flexibility framework for engineer-to-order systems. *Production Planning & Control* 24 (7), 552–556. doi: 10.1080/09537287.2012.659843.

- Gosling, J., Naim, M., Towill, D. (2013). Identifying and Categorizing the Sources of Uncertainty in Construction Supply Chains. *Journal of Construction Engineering and Management* 139 (1), 102–110. doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000574.
- Ho, W., Dey, P. K., Lockström, M. (2011). Strategic sourcing: A combined QFD and AHP approach in manufacturing. *Supply Chain Management: An International Journal* 16 (6), 446–461. doi: 10.1108/13598541111171093.
- Kumaraswam, M., Palaneeswaran, E. (2000). Selection matters – in construction supply chain optimisation. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 30 (7–8), 661–680. doi: 10.1108/09600030010346431.
- Lambert, D., Cooper, M., Pagh, J. (1998). Supply chain management: implementation issues and research opportunities. *International Journal of Logistics Management* 9 (2), 1–20. doi: 10.1108/09574099810805807.
- Lasch, R., Janker, C. G. (2005). Supplier selection and controlling using multivariate analysis. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 35 (6), 409–425. doi: 10.1108/09600030510611648.
- Manson, N. J. (2006). Is operations research really research? *Orion* 22 (2), 155–180.
- March, S. T., Storey, V. C. (2008). Design Science in the Information Systems Discipline: An Introduction to the Special Issue on Design Science Research. *MIS Quarterly* 32 (4), 725–730.
- Micheli, G. J. L., Cagno, E., Di Giulio, A. (2009). Reducing the total cost of supply through risk-efficiency-based supplier selection in the EPC industry. *Journal of Purchasing and Supply Management* 15 (3), 166–177. doi: 10.1016/j.pursup.2009.05.001.
- O'Brien, W. J., London, K., Vrijhoef, R. (2002). Construction supply chain modeling: A research review and interdisciplinary research agenda. *ICFAI Journal of Operations Management* 3 (3), 64–84.
- Setak, M., Sharifi, S., Alimohammadian, A. (2012). Supplier Selection and Order Allocation Models in Supply Chain Management: A Review. *World Applied Sciences Journal* 18 (1), 55–72. doi:10.5829/idosi.wasj.2012.18.01.3258.

Talluri, S., Narasimhan, R. (2004). A methodology for strategic sourcing. *European Journal of Operational Research* 154 (1), 236–250. doi: 10.1016/S0377-2217(02)00649-5.

Van Aken, J. E. (2004). Management Research Based on the Paradigm of the Design Sciences: The Quest for Field-Tested and Grounded Technological Rules. *Journal of Management Studies* 41 (2), 219–246. doi: 10.1111/j.1467-6486.2004.00430.x.

Van der Vaart, J. T., De Vries, J., Wijngaard, J. (1996). Complexity and uncertainty of materials procurement in assembly situations. *International Journal of Production Economics* 46–47, 137–152. doi: 10.1016/0925-5273(95)00193-X.

Yeo, K. T., Ning, J. H. (2002). Integrating supply chain and critical chain concepts in engineer-procure-construct (EPC) projects. *International Journal of Project Management* 20 (4), 253–262. doi: 10.1016/S0263-7863(01)00021-7.

Zsidisin, G. A., Panelli, A., Upton, R. (2000). Purchasing organization involvement in risk assessments, contingency plans, and risk management: an exploratory study. *Supply Chain Management: An International Journal* 5 (4), 187–198. doi: 10.1108/13598540010347307.

2 Artigo Um: Métodos para seleção e avaliação de desempenho de fornecedores na indústria da construção: uma revisão sistemática da literatura

Juliano Denicol^{a*}, Ricardo A. Cassel^a

^aDepartamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), BR.

*Autor para contato: juliano_denicol@hotmail.com

DENICOL, J. ; CASSEL, R. A. (2013). Métodos para seleção e avaliação de desempenho de fornecedores na indústria da construção: uma revisão sistemática da literatura. Anais do XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), 8–11 Outubro, Salvador, Brasil.

Resumo

Com o cenário formado pela competição entre cadeias de suprimentos e não mais entre empresas, intensa globalização, manutenção das competências centrais e terceirização dos demais serviços, a gestão das relações entre os agentes independentes da cadeia de suprimentos torna-se fator relevante para o aumento da competitividade. Na construção civil, pela característica complexa do produto, a relação da construtora com seus fornecedores de materiais e serviços é fundamental para o sucesso da execução dos empreendimentos e estratégica para a organização como um todo. Os suprimentos representam um percentual significativo dos custos das construções, 60%, dado que demonstra o potencial de lucratividade passível de ser atingida ao estruturar uma gestão estratégica de suprimentos na construção civil. Tendo em vista a complexidade desta cadeia e a representatividade de seus custos associados, o presente artigo tem como objetivo realizar uma revisão sistemática da literatura acadêmica sobre métodos para seleção e avaliação de desempenho de fornecedores da construção civil. A revisão foi feita através de buscas em bases de dados internacionais e baseada em artigos publicados nos últimos 10 anos. Os resultados proporcionam um panorama dos conceitos e metodologias utilizados, explicitando-se nas conclusões as lacunas existentes a serem exploradas em pesquisas futuras.

Palavras-Chave: Gestão da cadeia de suprimentos; Avaliação de desempenho de fornecedores; Seleção de fornecedores; Indústria da construção civil.

Abstract

With the backdrop formed by competition between supply chains and not between companies, intense globalization, maintenance of core competencies and outsourcing other services, the management of relations between independent agents in the supply chain becomes a relevant factor for increasing competitiveness. In construction, the complex feature of the product, the relationship with their suppliers of construction materials and services is critical to the successful execution of projects and strategic for the organization as a whole. Supplies represent a significant percentage of the construction cost, 60%, which demonstrates the potential profitability that can be achieved when designing a strategic supply management in construction. Given the complexity of the chain and the representation of its associated costs, this paper aims to conduct a systematic review of the academic literature on methods for supplier selection and performance evaluation in the construction industry. The review was performed by searching in international databases and based on articles published in the last 10 years. The results provide an overview of the concepts and methodologies used, highlighting gaps in the conclusions to be explored in future research.

Keywords: Supply chain management; Supplier performance evaluation; Supplier selection; Construction industry.

2.1 Introdução

O cenário de competição entre cadeias de suprimentos, a manutenção das competências centrais pelas empresas e a terceirização das demais atividades, aumentou a dependência dos fornecedores e transformou o relacionamento com os parceiros da cadeia em uma questão estratégica e crítica para o sucesso do processo produtivo (CORRÊA, 2010; SINCHI-LEVI et al., 2003). Em comparação com outros setores industriais, a discussão sobre a cadeia de suprimentos da construção é recente, sendo que os pesquisadores procuram aplicar conceitos e técnicas já utilizados por indústrias mais maduras, para gerir suas cadeias e solucionar problemas de uma indústria fundamentada em projetos com trocas descontínuas (BIESEK et al., 2008; ERIKSSON e PESAMAA, 2013; LIU e WANG, 2006).

O setor da construção civil é caracterizado pela alta especialização de seus agentes, o que ocasiona grande segmentação e aumenta as relações transacionais entre os elos da cadeia. O cenário é composto por um empreiteiro principal que integra e controla os fluxos de capital, informação e logístico. Este empreiteiro é responsável pela contratação de sub-empreiteiros e fornecedores de materiais e serviços, estando sempre em sintonia com a equipe de arquitetos e as demandas do cliente (HE e TAN, 2010).

Segundo Bemelmans et al. (2012) vários estudos apontam que os empreiteiros principais gastam 90% das suas receitas de projeto comprando bens e serviços de seus fornecedores, o que explicita uma grande dependência dos fornecedores e a sua influência no sucesso da obra (HINZE e TRACEY, 1994; NOBBS, 1993; VRIJHOEF e KOSKELA, 2000). Na construção civil, os materiais e serviços possuem grande parcela do custo total do empreendimento, cerca de 60%, portanto a escolha dos fornecedores corretos está diretamente relacionada com uma possível redução do custo total oriunda desta margem significativa (FORMOSO e REVELO, 1999).

A realização de cotações e a escolha do menor preço não é uma política aceitável dentro desse novo contexto, uma vez que geralmente a qualidade mostra-se pobre, gera inúmeros conflitos e possui riscos de interromper o fluxo da cadeia. Embora no Brasil a mudança cultural ocorra de forma mais lenta, os clientes corroboram a tendência visto que alteraram suas prioridades, preferindo critérios como inovações, sustentabilidade e velocidade ao preço (BAYAZIT et al., 2006; BEMELMANS et al., 2012; ERIKSSON e PESAMAA, 2013). O sistema de contratação tradicional orientado pelo preço é estático e não fornece informações sobre outros

critérios que contribuam para o desempenho global da cadeia de suprimentos, como a flexibilidade na execução de projetos complexos (RAHMAN e KUMARASWAMY, 2005).

A falha no fornecimento pode ser causada por fator humano, capacidade de produção ou objetivos diferentes dos entes da cadeia, entre outras. Contudo, quando ocorre a falha, o contratante tem que recorrer ao mercado e pagar taxas mais altas para manter o cronograma de projeto. Caso seja um produto estratégico de difícil acesso no mercado ou inviável economicamente, as perdas serão amplificadas e o cronograma atrasado (JIANG e HUANG, 2010).

A seleção de fornecedores é um problema multicriterial que envolve fatores qualitativos e quantitativos, tendo seus resultados frequentemente afetados pelo julgamento humano (JIANG et al., 2005). Há diversas metodologias multicriteriais sendo criadas e aplicadas para melhorar o processo de aquisição, o que evidencia uma conscientização do setor da construção de que adotar o menor custo local não proporciona menor custo total de projeto (DARVISH et al., 2009).

Para realizar a seleção é necessário um processo de avaliação, onde mensura-se as capacidades técnicas e motivacionais dos fornecedores em atender os requisitos demandados, a fim de selecionar o melhor fornecedor para a tarefa. A avaliação também pode ser utilizada após a seleção, para fazer o controle de desempenho dos fornecedores que já fazem parte do portfólio, com o objetivo de mitigar riscos, reduzir custos e criar a cultura de melhoria contínua (BIESEK et al., 2008; ERIKSSON e PESAMAA, 2013; SOROOR et al., 2012).

Manter um portfólio com um grande número de fornecedores tende a proporcionar um preço melhor pelo estímulo da concorrência e diminuir o risco de uma interrupção da cadeia pelo fornecimento, porém há um aumento nos custos de gestão associados e dificuldades para estabelecer relações mais próximas de longo prazo. Portanto, é necessária atenção a este *trade-off* ao efetuar uma redução da base de fornecedores, de modo que seja possível gerenciá-los de forma mais eficaz, criar parcerias e desenvolvê-los, convergindo objetivos e estratégias (COSTA e TAVARES, 2012; JIANG e HUANG, 2010).

Por meio de uma revisão sistemática da literatura este artigo pretende entender quais métodos estão sendo aplicados para seleção e avaliação de fornecedores na construção civil. Desta forma, este estudo visa responder duas questões: (i) quais métodos e técnicas qualitativas e quantitativas têm sido utilizadas para selecionar os fornecedores, e (ii) quais os modelos de

classificação de fornecedores utilizados para auxiliar na definição de estratégias de relacionamento e gestão.

Este artigo começa com uma descrição do método utilizado para a realização da revisão sistemática da literatura. Os resultados são apresentados na sequência com uma análise descritiva das publicações selecionadas para revisão. Após apresenta-se uma discussão dos tópicos mais relevantes encontrados na literatura. Finalmente, as implicações e possíveis lacunas para pesquisas, são discutidas nas conclusões.

2.2 Método

A revisão sistemática confere à pesquisa da literatura um caráter transparente e passível de reprodução, através da descrição detalhada de uma rigorosa metodologia (TRANFIELD et al., 2003). O pesquisador constrói sua teoria ao acumular conhecimento após analisar um amplo número de estudos e métodos, desta forma aumenta-se a consistência dos resultados e das conclusões (AKOBENG, 2005).

Diante do volume de dados resultante das buscas em bases eletrônicas, é recomendável a adoção de uma metodologia para estruturar a revisão, portanto, neste estudo optou-se pelo método proposto por Tranfield et al. (2003), advindo de adaptações de Clark e Oxman (2001) e National Health Service Dissemination (2001), que propõe uma sistemática adequada para a realização de revisões na área de gestão e negócios. A metodologia foi adaptada a partir de princípios específicos utilizados em revisões sistemáticas da área médica, uma vez que nesta área já havia uma metodologia confiável e bem estruturada de agregação do conhecimento (TRANFIELD et al., 2003).

Segundo Tranfield et al. (2003), a revisão sistemática é composta por três estágios: planejamento, condução e disseminação. Dentro de cada estágio são definidas etapas que devem ser seguidas com a finalidade de conferir qualidade e credibilidade à revisão. O estágio de planejamento da revisão possui as fases de identificação das necessidades da revisão, preparação da proposta de revisão e desenvolvimento do protocolo da revisão. O estágio de condução da revisão possui as fases de identificação da pesquisa, seleção dos estudos, avaliação da qualidade dos estudos, extração e monitoramento dos dados e síntese dos dados. O estágio de disseminação da revisão possui a apresentação de recomendações e a colocação de evidências em prática. Cada estágio e fase deste estudo estão descritos nas subseções a seguir.

2.2.1 Estágio de Planejamento da Revisão

2.2.1.1 Identificação das Necessidades de Revisão

A revisão foi realizada com o objetivo de identificar e agregar o conhecimento gerado atualmente sobre métodos utilizados para seleção e avaliação de desempenho de fornecedores da construção civil. Evidencia-se a necessidade pelo fato do setor contar com uma cadeia de suprimentos fragmentada, possuir grande dependência de seus fornecedores e alta representatividade dos custos associados a estes.

2.2.1.2 Preparação da proposta de revisão

A proposta da revisão é buscar e avaliar os trabalhos publicados em revistas ou congressos que apliquem métodos para seleção e avaliação de desempenho de fornecedores da construção civil. As publicações podem estar relacionadas a qualquer tipo de fornecedor da cadeia da construção, desde que demonstrem a utilização de métodos para melhorar a avaliação, seleção ou relacionamentos entre os agentes da cadeia de suprimento.

2.2.1.3 Desenvolvimento do Protocolo

A revisão possui a seguinte questão de pesquisa: quais métodos estão sendo utilizados para seleção e avaliação de desempenho de fornecedores da construção civil? Foram selecionadas publicações que apresentaram modelos teóricos ou métodos quantitativos detalhando o processo de seleção e avaliação de desempenho. A estratégia de busca foi, primeiramente, vincular a seleção e avaliação de fornecedores com a área da construção civil. Posteriormente expandiu-se a busca ao vincular os fornecedores de materiais e serviços com a cadeia de suprimentos da construção civil. As buscas ocorreram no período de cinco dias (de 14/01 a 19/01 de 2013). Foram incluídas somente publicações em língua inglesa e que, no momento da busca nas bases de dados digitais, estivessem com seu conteúdo acessível na íntegra em formato 'pdf'. Com a finalidade de mapear o conhecimento gerado atualmente, foram aceitos apenas trabalhos publicados nos últimos dez anos (de 14/01/2003 a 14/01/2013).

2.2.2 Estágio de Condução da Revisão

2.2.2.1 Identificação da Pesquisa

A estratégia de busca das publicações foi realizada através de sete expressões-chave: "Supplier*", "Evaluation*", "Selection*", "Construction", "Supply Chain*", "Material*" e

“Service*”. A ordem, palavras-chave e os operadores de combinação utilizados nas buscas estão relacionados na Tabela 2.1. Foi utilizada a técnica chamada de “truncagem”, onde a utilização do símbolo (*) permite que o radical antes do símbolo seja completado com variações, aumentando a eficácia da busca ao captar diferentes terminologias. As buscas foram efetuadas utilizando a opção das bases de dados em localizar as expressões-chave no título, resumo ou palavras-chave das publicações.

Tabela 2.1: Estratégia de busca das publicações. Fonte: Elaboração própria.

	Palavras-chave e Operadores de combinação
Busca 01	Supplier* AND Evaluation* AND Selection* AND Construction
Busca 02	Supplier* AND Evaluation* AND Construction
Busca 03	Supplier* AND Selection* AND Construction
Busca 04	Supplier* AND Supply Chain* AND Material* AND Construction
Busca 05	Supplier* AND Supply Chain* AND Service* AND Construction

2.2.2.2 Seleção dos Estudos

Apenas estudos publicados em periódicos internacionais foram selecionados. Portanto, foram definidas para as buscas duas bases de dados internacionais renomadas: *Scopus* e *Web of Science*.

2.2.2.3 Avaliação da Qualidade dos Estudos

A avaliação da qualidade das publicações foi realizada conforme os seguintes critérios: conteúdo relacionado especificamente com fornecedores dentro da cadeia de suprimentos da construção civil, clareza de nomenclatura e relações dos agentes referidos no estudo, detalhamento da descrição e aplicação das técnicas quantitativas e modelos teóricos.

2.2.2.4 Extração e Monitoramento dos Dados

As buscas nas bases de dados foram exportadas para o *software Mendeley*, consolidando uma lista única de resultados e logo após excluindo-se as duplicações. O *Mendeley* permite a visualização das seguintes informações referente às publicações: título, autor, local de publicação e ano. Durante o refinamento dos trabalhos foram feitas anotações no espaço

disponibilizado pelo *software*, com o objetivo de organizar as abordagens apresentadas em cada artigo para posterior comparação.

2.2.2.5 Síntese dos Dados

Após a seleção das publicações que efetivamente contribuíram para responder a questão de pesquisa, foram extraídas as seguintes informações com a finalidade de mapeá-las: quantidade de publicações por ano, por país, por instituição de origem, por autor e por local de publicação.

2.2.3 Estágio de Disseminação da Revisão

2.2.3.1 Apresentação de Recomendações

A apresentação de recomendações possui a finalidade de dividir as publicações filtradas em grupos, de acordo com suas características em comum, apresentando sua contribuição central para a área. As publicações foram divididas em três categorias, apresentadas na seção discussões.

2.2.3.2 Colocação de Evidências em Prática

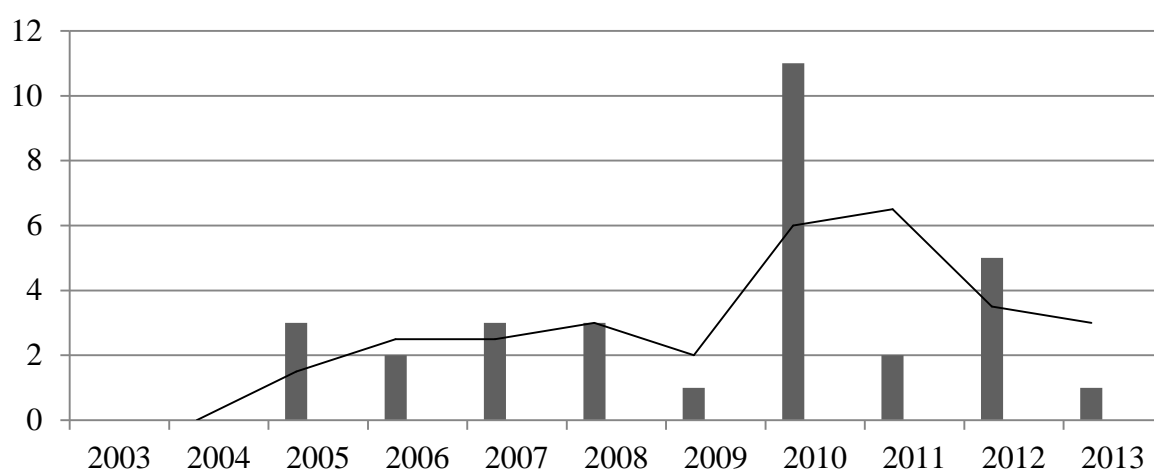
A colocação de evidências em prática relaciona-se com a interpretação dos resultados e identificação de lacunas de pesquisa que poderiam ser exploradas em futuras pesquisas sobre quais métodos e modelos deveriam ser utilizados ou combinados.

2.3 Resultados

A Tabela 2.2 sintetiza os resultados da aplicação da metodologia supracitada, evidenciando que foram analisados 409 resumos, os quais após o processo de filtragem convergiram para a seleção de 31 artigos. Na Figura 2.1 observa-se a quantidade de publicações por ano e nota-se, através da linha de tendência, que a pesquisa sobre o tema mantém-se constante a partir de 2005, tendo um pico de extremo interesse em 2010 e uma alta menos expressiva em 2012. A ausência de estudos nos dois primeiros anos corrobora a afirmação de que trata-se de uma área de interesse recente no setor da construção.

Tabela 2.2: Seleção de artigos através da estratégia de busca. Fonte: Elaboração própria.

Base de Dados	Scopus	Web of Science
Número de artigos encontrados	385	251
Total de artigos encontrados	636	
Artigos repetidos	227	
Total de resumos analisados	409	
Artigos selecionados para leitura completa	87	
Artigos excluídos por indisponibilidade digital	31	
Total de artigos completos analisados	56	
Artigos excluídos por critérios de qualidade	25	
Total de artigos selecionados	31	

**Figura 2.1:** Número de publicações por ano e linha de tendência (média móvel, dois períodos). Fonte: Elaboração própria.

Observou-se um número expressivo de publicações na China, catorze de trinta e um, onde a expansão econômica e a grande demanda populacional por obras de habitação e infraestrutura impulsionaram estudos na área da construção civil, conforme Figura 2.2. Os Estados Unidos aparecem em segundo lugar com quatro publicações, um número pouco expressivo perante a China, porém relevante por ser o dobro em relação às publicações dos países seguintes da lista, que possuem somente dois trabalhos. Os demais estudos estão divididos entre países com uma ou duas publicações, sem dominância geográfica entre eles.

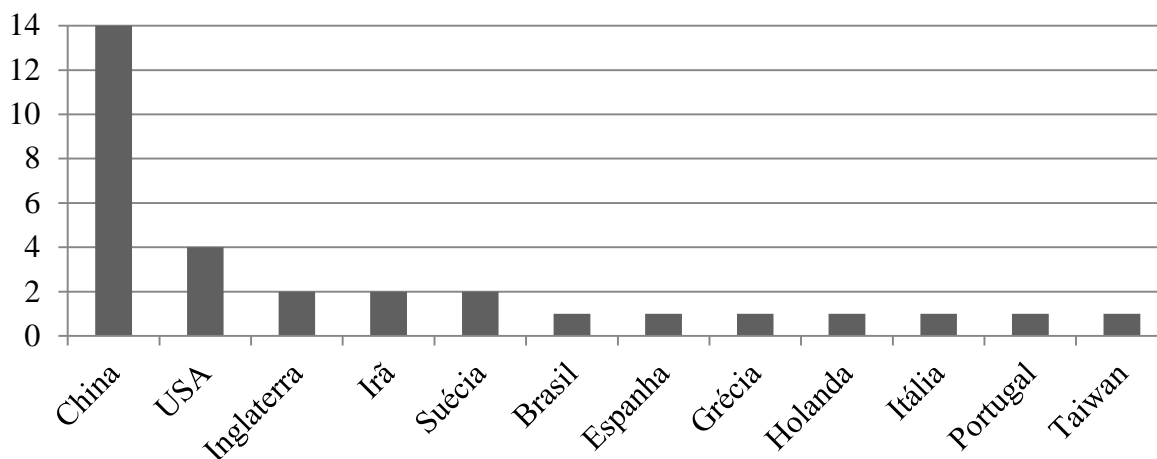


Figura 2.2: Número de publicações por países. Fonte: Elaboração própria.

Somente uma instituição possui mais de uma publicação dentre os trabalhos analisados, trata-se da chinesa *Huanzhong University of Science and Technology*. Dentre os autores com mais de uma publicação, destaque para dois autores com duas publicações cada: LIU, Zhenyuan da mesma universidade chinesa dominante e BEACH, Roger da *University of Bradford* na Inglaterra. Nesta revisão os periódicos mais visados para publicações sobre métodos de seleção e avaliação para fornecedores na construção civil foram o *Automation in Construction* com 4 trabalhos e o *International Journal of Project Management* com 3 publicações. Considerando que foram selecionados 16 trabalhos presentes em *Journals* e 15 artigos de congressos, os dois *Journals* dominantes juntos são o destino de quase metade dos artigos publicados em *Journals*.

2.4 Discussões

Verificou-se na literatura que a seleção de fornecedores da construção é abordada através de seções bem definidas, portanto, a discussão foi dividida em três categorias: (i) Métodos Quantitativos para Seleção e Avaliação de Fornecedores; (ii) Tipos de Seleção e Relacionamentos; e (iii) Modelos de Classificação de Fornecedores.

2.4.1 Métodos Quantitativos para Seleção e Avaliação de Fornecedores

Métodos multicriteriais de apoio à decisão (*Multiple Criteria Decision-Making – MCDM*) são ferramentas muito úteis para os gerentes fundamentarem suas decisões complexas. Existe um grande número de técnicas e softwares que foram desenvolvidos na área de gestão de operações para auxiliar a tomada de decisões em problemas multicriteriais (AZAMBUJA e O'BRIEN, 2012).

A avaliação e seleção de fornecedores é um problema multicriterial, que engloba fatores tangíveis e intangíveis. É importante realizar uma análise multicriterial verificando as habilidades (conhecimento técnico e capacidade de produção) e os aspectos motivacionais (filosofia de trabalho e reputação). A importância de cada critério pode variar de um projeto para outro, o que torna a avaliação difícil, envolvendo muitos trade-offs (ERIKSSON e PESAMAA, 2013; JIANG et al., 2005).

Os métodos quantitativos multicriteriais utilizados pelas publicações desta revisão sistemática estão consolidados na Tabela 2.4. Os métodos mais utilizados, por ordem decrescente, foram: AHP (*Analytic Hierarchy Process*), *Grey Theory*, Análise de sensibilidade, ANP (*Analytic Network Process*), Teoria dos Conjuntos Difusos (*Fuzzy Set Theory*) e Modelagem Matemática. Conforme Bayazit et al. (2006), a literatura demonstra que o método AHP é o método multicriterial mais aplicado, corroborando os resultados desta revisão, onde verificou-se sua aplicação em seis estudos.

Destacou-se o trabalho de Lam et al. (2010), no qual foram analisados alguns dos métodos de seleção de fornecedores mais difundidos, com objetivo de verificar as potencialidades intrínsecas de cada abordagem, conforme Tabela 2.3. Fundamentados nesta análise, os autores propuseram um método que contemplasse sete características desejadas, utilizando Teoria dos Conjuntos Difusos (TCD) e Análise de Componentes Principais (ACP). A TCD foi utilizada para quantificar os julgamentos subjetivos dos tomadores de decisão e a ACP foi aplicada, na sequência, para comprimir os dados dos diversos critérios, eliminar a multicolinearidade entre eles e gerar um *ranking* dos melhores fornecedores. A seguir, serão discutidos os métodos AHP, ANP e TCD. O AHP pela sua relevância de aplicações perante os demais métodos, o ANP por ser uma evolução do AHP, e a TCD pelo seu potencial de utilização em conjunto com outras abordagens, criando métodos híbridos.

Tabela 2.3 : Comparação das características dos modelos. Fonte: (LAM et al., 2010).

Métodos Categoricos	Modelos Quantitativos			
	Analytic hierarchy process {AHP}	Analytic network process {ANP}	Data envelopment analysis {DEA}	Multiple attribute utility theory {MAUT}
1 Eliminar a multicolinearidade entre os critérios de seleção				X
2 Designar pesos automaticamente para cada critério			X	
3 Reduzir a dimensionalidade da seleção sem a perda de muita informação				
4 Fácil de utilizar	X			X
5 Lidar com dados qualitativos e quantitativos	X	X		X
6 Habilidade de lidar com grande número de alternativas			X	X
7 Reduzir erros subjetivos		X	X	

2.4.1.1 AHP

O AHP proposto por Saaty, (1980) é um excelente método de apoio à decisão, especialmente quando há necessidade de quantificar critérios qualitativos e um pequeno grupo de alternativas a serem consideradas. O AHP demanda que o tomador de decisão estruture o problema através de uma estrutura hierárquica de fatores em diferentes níveis independentes e avalie-os através de comparação par-a-par utilizando uma escala de importância, originalmente números absolutos de 1 a 9. A comparação ocorre entre critérios de um mesmo nível hierárquico considerando o impacto a ser gerado no nível mais alto (AZAMBUJA e O'BRIEN, 2012; JIANG et al., 2005; LAM et al., 2010; SAATY, 1980).

O processo de comparação par-a-par com muitas alternativas pode afetar a acuracidade, em função dos usuários imprimirem velocidade para chegar ao resultado. Por ser um método baseado em avaliações subjetivas, pode introduzir erro no processo de seleção, sendo muitas vezes difícil para os tomadores de decisão expressar preferências em relação aos critérios utilizando uma escala de nove valores. Outra fraqueza do método é o foco excessivo em sua mecânica de execução e a desconsideração de relações e interdependências entre os atributos de um mesmo nível (AZAMBUJA e O'BRIEN, 2012; BAYAZIT et al., 2006; LAM et al., 2010).

Bayazit et al. (2006) propuseram uma verificação através do método AHP e de análise de sensibilidade, para encontrar os fornecedores mais adequados para uma empresa de construção turca. Foram utilizados 64 critérios para a seleção, entre qualitativos e quantitativos. Segundo os autores, é raro encontrar a aplicação de análise de sensibilidade após encontrar os resultados, porém no contexto prático possui um valor alto, conferindo robustez à análise e segurança aos tomadores de decisão.

Cai (2011), utilizou o AHP combinado com Grey Theory, utilizando a linguagem C e simulação através do Excel. Para o referido autor, este método foi adequado para avaliar os fornecedores da construção da ferrovia de alta velocidade da China. Jiang et al. (2005) apresentaram um modelo de suporte à decisão baseado em custo e no desempenho das atividades bases utilizando o método AHP.

O objetivo de Soroor et al. (2012) foi desenvolver um modelo híbrido utilizando a TCD em combinação com os métodos AHP e QFD (*Quality Function Deployment*), com o objetivo de

considerar a opinião dos consumidores e criar um ranking para selecionar os melhores fornecedores. Zhang et al. (2010) utilizaram o AHP para realizar um *benchmarking*. Após, avaliaram e compararam os fornecedores com o *benchmark*, extraindo o nível de relacionamento através do método PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Methods for Enrichment Evaluations*).

2.4.1.2 ANP

O ANP, apresentado por Saaty (1996), é utilizado para capturar as interdependências e não-relacionamentos que os critérios de um mesmo nível ocasionam neles próprios e os efeitos das alternativas nos critérios. O ANP pode reduzir os erros de julgamento através da confiabilidade do processamento de informações e é amplamente utilizado em processos de seleção. No entanto, o ANP possui desvantagens, uma vez que, para capturar as interdependências, é necessária a realização de diversas comparações par-a-par a mais que o AHP, o que aumenta o esforço e o tempo (DARVISH et al., 2009; LAM et al., 2010).

O modelo de Sarkis et al. (2012), combinou o AHP e o ANP com o objetivo de avaliar e formar um time de construtores. O problema foi estruturado seguindo a metodologia AHP e aplicou-se o ANP entre os sub-empreiteiros para quantificar suas compatibilidades. O resultado interferiu nos pesos já adicionados aos critérios pelo AHP. A análise de sensibilidade foi utilizada para avaliar a robustez do método, verificando o impacto da alteração de prioridades no resultado. Já Wang e Wang (2010), utilizaram o ANP para selecionar fornecedores de materiais de construção. Os autores concluíram que o ANP reflete mais realisticamente os relacionamentos presentes na sociedade, por expressar as interdependências nas relações entre os elementos.

2.4.1.3 Teoria dos Conjuntos Difusos (TCD)

Para selecionar um fornecedor, os contratantes precisam avaliar critérios qualitativos como reputação, relacionamento, inovação, entre outros. Tais informações subjetivas, imprecisas e incertas precisam ser traduzidas em dados quantitativos para tomar a decisão. A Teoria dos Conjuntos Difusos, primeiramente introduzida por Pearson (1901) e difundida por Zadeh (1965), é um dos métodos utilizados para resolver este tipo de problema. Ela é projetada para representar matematicamente a incerteza e a imprecisão, sendo uma ferramenta estruturada para lidar com a subjetividade necessária em processos de decisão (LAM et al., 2010).

A utilização da escala de um a nove, proposta pelo AHP, não permite a consideração de incertezas e imprecisões ao avaliar os atributos. Em situações em que o tomador de decisão não consegue expressar a priorização de um critério sobre o outro com total certeza, são necessárias expressões linguísticas. As expressões, por sua vez, são quantificadas pela TCD através de funções de pertencimento, como a triangular, que as traduzem em números difusos triangulares, em um processo chamado de *fuzzyficação*. Após, realiza-se o processo de *desfuzzyficação*, onde os números *fuzzy* são transformados em uma única variável, resultando em métodos híbridos, como o AHP-*Fuzzy* (SOROOR et al., 2012).

Para Zou e Yu (2008), o método da TCD avalia em profundidade as incertezas, contudo em algumas situações, a fim de chegar a uma função por grupo de elementos, os indicadores são manipulados, de forma que um indicador em branco ganha um valor e um intervalo. Portanto, há perda de informações em diferentes níveis, proporcionando erro de avaliação. Como sugestão, os autores desenvolveram um método de avaliação através da *Grey System Theory*, que possui característica semelhante à TCD ao quantificar questões qualitativas. Igualmente à abordagem difusa, o método é adequado para contextos em que as informações são fornecidas ou captadas incompletas ou em formatos inadequados. A tradução das questões subjetivas ocorre por meio de uma análise estatística, a correlação *Grey*.

2.4.2 Tipos de Seleção e Relacionamentos

Os trabalhos foram posicionados em relação a pré-qualificação, ao tipo de relacionamento tratado na seleção e aos modelos de classificação dos fornecedores utilizados, Tabela 2.5.

2.4.2.1 Pré-qualificação

O processo de pré-qualificação de fornecedores consiste em verificar, através de um grupo de critérios, se os fornecedores atendem aos requisitos mínimos determinados pelo contratante e por normas técnicas. Após a seleção de um número significativo de fornecedores habilitados, aplica-se uma ferramenta de análise multicriterial para avaliá-los com base em outro grupo de critérios, mais extenso. Nesta revisão, somente três publicações mencionaram a pré-qualificação, sendo que todas enfatizaram o critério qualidade como dominante para pré-qualificar o fornecedor (BEMELMANS et al., 2012; DARVISH et al., 2009; XIPEI e XIONG, 2010). O trabalho de Darvish et al. (2009) considera como critério adicional a saúde financeira do fornecedor. Xipei e Xiong (2010) classificaram como critério qualificador a responsabilidade dos fornecedores, que engloba o atendimento às legislações e padrões

mínimos determinados pela contratante. Segundo os autores, a responsabilidade é comprovada mediante apresentação de documentação em uma reunião (*Briefing Meeting*).

2.4.2.2 Seleção e relacionamento dos agentes

A cadeia de suprimentos da construção civil é apresentada na Figura 2.3, onde são evidenciados os relacionamentos e possibilidades de seleção entre os entes. A cadeia é composta pelo cliente, empreiteiro principal, sub-empreiteiro principal, sub-empreiteiros e fornecedores. As publicações foram analisadas em relação à seleção e aos relacionamentos entre os agentes da cadeia da construção, e os resultados encontram-se na Tabela 2.5. Foram identificadas três áreas: Seleção de sub-empreiteiros e de fornecedores (materiais e/ou serviços), Seleção de sub-empreiteiros e Seleção de fornecedores de materiais. O resultado permite criar um panorama dos estudos, evidenciando dois pólos concentradores dentre as três áreas encontradas, sendo que foram relacionados 16 estudos com a primeira área e 11 com a terceira. A prática de seleção somente com o sub-empreiteiro e relacionamento com o mesmo não foi muito explorada pelos autores, tendo incidência de apenas 4 estudos.

A melhoria do produto ofertado pelo setor da construção está diretamente relacionada à utilização das práticas de gestão da cadeia de suprimentos (*Supply Chain Management – SCM*). O principal desafio, dentro da segmentada cadeia de suprimentos da construção civil, é a gestão dos relacionamentos com os fornecedores (*Supply Relationship Management – SRM*). O relacionamento nos setores com demanda descontínua, baseados em projetos com caráter singular e complexo, dificulta o estabelecimento de parcerias e relações *business-to-business* de longo prazo, resultando em custos adicionais para todos os elos da cadeia. A proximidade em uma relação de parceria nem sempre é ideal, sendo adequada somente para alguns casos em que o fornecedor é estratégico, onde há co-criação, customização elevada e incertezas. A integração de compradores e fornecedores através do gerenciamento sistêmico da cadeia de suprimentos estimula a consolidação de relações de longo prazo que tendem a melhorar o desempenho dos envolvidos e a diminuir os riscos (BIESEK et al., 2008; ERIKSSON e PESAMAA, 2013; HE e TAN, 2010; HO et al., 2007).

Tabela 2.5: Tipos de seleção e relacionamentos dos agentes e modelos de classificação dos fornecedores. Fonte: Elaboração própria.

	Tipos de seleção e relacionamentos dos agentes				Modelos de classificação dos fornecedores					Seleção de fornecedor vs Supply Risk Management		
	Pré-qualificação	Seleção sub-fornecedores e empreiteiros (mat. e serv.)	Seleção sub-empreiteiros	Seleção fornecedores de materiais	Baseado no risco e no valor	Baseado no risco, especificidade e dependência	Critérios para trabalho colaborativo	Grau de importância de critérios de seleção e avaliação	Importância do sub-empreiteiro		Níveis de flexibilidade	Níveis de relacionamento
ARETOULIS, Georgios N. et al. (2010)				X								
AZAMBUJA, Marcelo M. and O'BRIEN, William J. (2012)		X										
AYAZIT, Ozden et al. (2006)				X							X	
BEACH, Roger et al. (2005)		X									X	
BEEMELMANS, Jeroen et al. (2012)	X											
BESEK, Guilherme et al. (2008)			X						X			
BILDSTEN, Louise et al. (2010)				X			X					
CAI, Junjun (2011)												
COSTA, António Aguiar and TAVARES, Luís Valadares (2012)		X										
DARVISH, Maryam et al. (2009)	X											
ERIKSSON, Per Erik and PESAMAA, Ossi (2013)		X										
ERRASTI, Ander et al. (2007)				X								
GOSLING, Jonathan et al. (2010)		X										
GOU, Huanhuan et al. (2011)			X									
He, Jingxu and TAN, Fei (2010)												
HO, Chengter et al. (2007)												
LIANG, Aiyin et al. (2005)								X				
LIANG, Wei and HUANG, Wenjie (2010)												
LIAM, Ka-Chi et al. (2010)												
LI, Min and GAO, Jun (2010)		X										
LI, Wu et al. (2007)												
LIU, Zhenyuan and WANG, Hongwei (2006)												
MA, Lu and YANG, Geyao (2010)												
VICHELII, Guido J. L. et al. (2008)		X										
RAHMAN, Motiar M. and KUMARASWAMY, Mohan M. (2005)										X		
SARKIS, Joseph et al. (2012)		X										
SOROOR, Javad et al. (2012)			X									
WANG, Fei and WANG, Shilei (2010)												
KIPEI, Huang and XIONG, Zeng (2010)			X									
ZHANG, Yun et al. (2010)	X											
ZOU, Huixia and YU, Tao (2008)		X										

Bemelmans et al. (2012) apresentaram uma revisão da literatura com 50 artigos visando explicitar o que tem sido pesquisado sobre o relacionamento empreiteiro-fornecedores, bem como os temas de pesquisa dominantes. Os autores ressaltaram que só encontraram uma revisão de literatura anterior (LI et al., 2000) e salientaram a necessidade de outras pesquisas.

Segundo Bayazit et al. (2006), o relacionamento comprador-fornecedor baseado somente no custo não é mais aceitável. O aumento da importância de decisões de seleção de fornecedores está forçando as organizações a repensar suas estratégias de aquisição e avaliação, a fim de alcançar o fornecedor certo. O objetivo da pesquisa de Ho et al. (2007) foi descobrir como as empresas de construção do Vietnã e Taiwan fazem a gestão de seus relacionamentos com os fornecedores e o atual alcance e importância de cada critério, para então comparar os dois países. Para tanto, os autores realizaram uma *survey* com 37 empresas no Vietnã e 35 em Taiwan e corroboraram estudos anteriores ao afirmar que os critérios qualitativos possuem grande influência no processo de seleção.

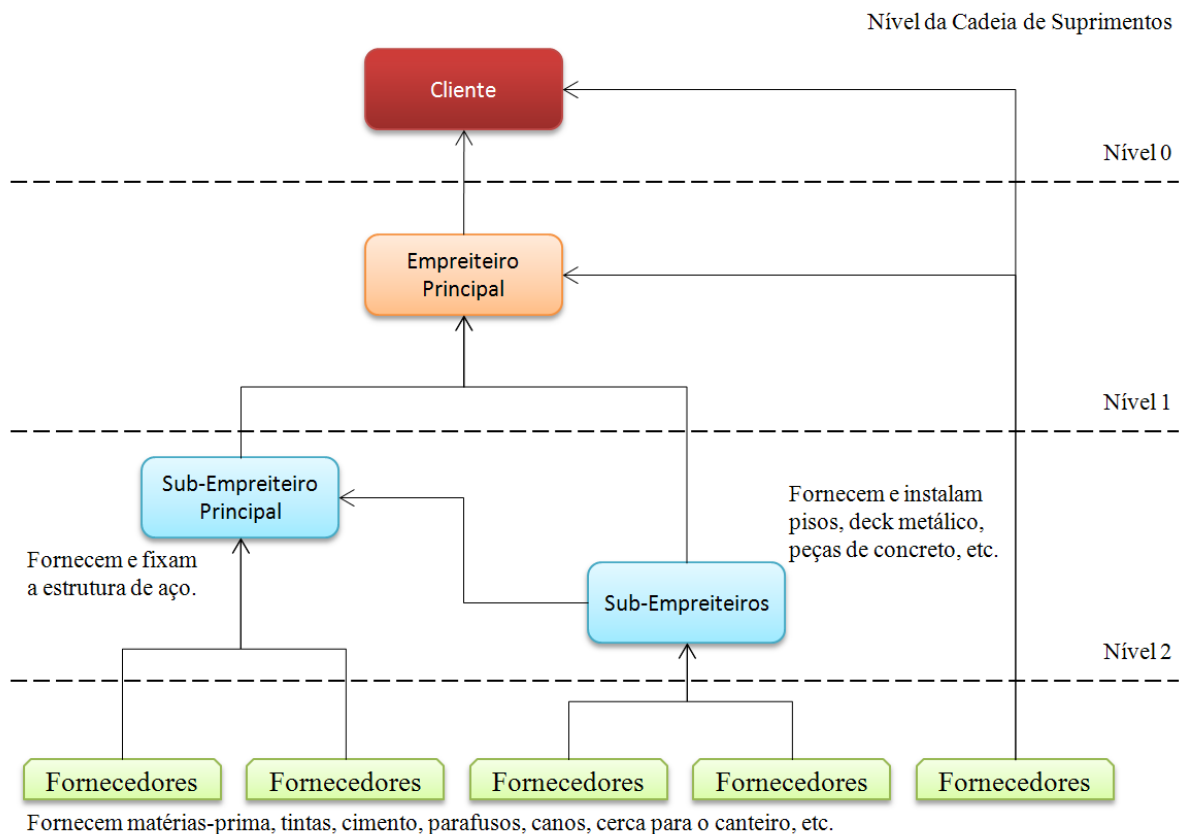


Figura 2.3: Cadeia de suprimentos da construção civil. Fonte: Adaptado de (BEACH et al., 2005).

Costa e Tavares (2012) consideraram como critério de relacionamento a expectativa futura de desempenho, que é avaliada no final do contrato, através de itens qualitativos e quantitativos. A abordagem de recompensa por desempenho, que pode atingir no máximo 20% do valor do contrato, divide parte do risco entre compradores e fornecedores, sendo muito relevante em especial no contexto de contratos públicos. Já Eriksson e Pesamaa (2013) criaram e testaram um modelo de integração comprador-fornecedor baseado em práticas colaborativas de aquisição por clientes. Segundo os autores, os clientes privados fazem uso mais adequado e eficaz de análises multicriteriais do que os clientes públicos, os quais deveriam melhorar suas ferramentas de análises para deixar de utilizar a seleção orientada pelo preço.

Zhang et al. (2010) desenvolveram um modelo de avaliação de relacionamento com o fornecedor onde o relacionamento é dividido em 4 níveis, em conformidade com o *Capability Maturity Model Integration* (CMMI). Os dois primeiros níveis descrevem os relacionamentos tradicionais de rivalidade que vigoram atualmente, sendo que o nível 2 pode ser considerado uma transição do estágio de relacionamento tradicional para o cooperativo. Rahman e Kumaraswamy (2005) discutiram a importância de criar um grupo único de critérios para selecionar consultores, empreiteiros, sub-empreiteiros, fornecedores e clientes, para trabalhar de forma colaborativa em parcerias.

A pesquisa de Beach et al. (2005) criou um mapa conceitual com base na literatura e na extensa pesquisa prática sobre as interfaces das relações de parceria no setor da construção e identificou as razões porque as empresas devem reavaliar a natureza das relações com fornecedores e clientes.

O estudo de Micheli et al. (2008) visou entender a relação entre seleção de fornecedores e gestão de riscos de suprimentos (*Supply Risk Management – SRiM*). Gestão de riscos de suprimentos está fortemente relacionada com riscos oriundos da seleção de fornecedores inadequada. O resultado do estudo confirmou que a seleção de fornecedores é considerada um método para gestão de riscos de suprimento. Os autores salientam que os métodos não deveriam ser mutuamente excludentes, mas implantados juntos e coordenados para atingir a mitigação de riscos e exploração de outras atividades.

2.4.3 Modelos de Classificação de Fornecedores

Os modelos de classificação de fornecedores possuem a finalidade de agrupá-los em categorias para definir estratégias comuns de aquisição, relacionamento, desenvolvimento, aplicação de critérios de seleção, etc. Bildsten et al. (2010) visaram classificar as diversas estratégias para os diferentes materiais de construção e definir categorias de itens a serem adquiridos, através da abordagem proposta por Kraljic (1983), que adota uma estratégia para classificar aquisições de acordo com um modelo de análise de portfólios com 4 categorias (estratégico, restrição, influente e não-crítico).

Ma e Yang (2010) também analisaram por tipo de material e não por empresas fornecedoras. Após a definição da categoria do material de construção, aplicaram grupo de critérios da categoria para selecionar os fornecedores, em seguida normalizaram os dados coletados e após aplicaram Redes Neurais para extrair o melhor fornecedor. O trabalho de Li e Gao (2010) propôs um modelo de estratégia de aquisição baseado na classificação dos recursos utilizados nos projetos de construção de grande escala. Os autores classificaram os recursos em oito categorias inseridas em um modelo tridimensional, sendo os eixos (x, y, z) representados por índice de especificidade do recurso a ser fornecido, índice de dependência dos fornecedores e índice de risco de fornecimento. Apresentaram estratégias de aquisição relacionadas a cada categoria na qual o recurso foi classificado.

Gosling et al. (2010) classificaram os fornecedores em três categorias (aprovados, preferenciais e parcerias estratégicas), de acordo com sua flexibilidade interna (oportunidade de interferência no produto) e a flexibilidade de fontes de suprimento semelhantes no mercado. Estratégias de relacionamento foram descritas para cada categoria, desde o desenvolvimento dos fornecedores estratégicos até a prática de concorrência entre as fontes em abundância que fornecem produtos padronizados.

Errasti et al. (2007) exploraram a ótica do sub-empregado, que visa classificar os fornecedores de materiais em níveis estratégicos, a fim de propor níveis de relacionamento para implementação de parcerias. Segundo os autores, o sub-empregado deve reduzir o número de fornecedores que utiliza e criar relações de parcerias com profundidade de acordo com a classificação estratégica do fornecedor. Biesek et al. (2008) desenvolveram um modelo de classificação dos sub-empregados de acordo com sua importância para o empregado

principal. Para cada categoria de sub-empregado (básico, avançado e específico), foram utilizados grupos de critérios distintos para avaliá-los e selecioná-los.

2.5 Conclusões

Constatou-se que a pesquisa sobre gerenciamento de agentes inter-organizacionais na indústria *Engineer-to-Order* (ETO) da construção civil ainda é imatura, uma vez que não adota uma visão sistêmica, considerando diversos critérios. A gestão da cadeia através da seleção de fornecedores fundamentada no menor custo não proporciona menor custo total de projeto e impede a exploração do potencial de uma cadeia de suprimentos balanceada com relações ganha-ganha, o que levaria as empresas à competitividade sustentável. Os fornecedores devem ser observados e gerenciados como elos importantes desta cadeia, visto que uma interrupção local compromete o fluxo e o desempenho global.

Vários estudos utilizaram revisão de literatura e pesquisa *survey*, de modo a entender os objetivos e estratégias das companhias, para chegar aos critérios a serem utilizados para avaliar e selecionar os fornecedores. É recomendada a criação de critérios genéricos que possam ser estendidos e adaptados às variações e especificidades de cada projeto. Alguns autores utilizaram um método para encontrar os pesos a serem atribuídos aos critérios, outros utilizaram os pesos mais frequentemente encontrados na literatura, focando sua pesquisa na classificação dos fornecedores em categorias para posterior aplicação de estratégias comuns de gerenciamento.

Foram aplicados diversos métodos multicriteriais para avaliar e selecionar, dentre os habilitados, o fornecedor (sub-empregado principal, sub-empregados e fornecedores de materiais e serviços) mais adequado para participar do projeto. Verificou-se que a aplicação de apenas um método proporciona perda de informação e aumento do risco de decisões equivocadas, visto que o tomador de decisão está sujeito às desvantagens intrínsecas do método. Observou-se que a combinação de dois ou mais métodos, somando suas potencialidades, proporciona resultados mais satisfatórios, como TCD-ACP e TCD-AHP-QFD.

Sugere-se que pesquisas futuras explorem esta complementaridade dos métodos quantitativos para avaliação e seleção de fornecedores, assim como a integração do processo de seleção com gestão de risco de suprimentos, de forma a consolidar um grupo de critérios que, ao ser

aplicado, mitigue os riscos de forma mais efetiva. Outra área que necessita de mais estudos, é a gestão da cadeia de suprimentos em indústrias *Engineer-to-Order* (ETO), que são orientadas por projetos e usualmente com caráter temporário, como os setores da construção, naval, aeroespacial e plataformas de óleo e gás.

2.6 Referências

Akobeng, A. K. (2005). Principles of evidence based medicine. *Archives of disease in childhood* 90 (8), 837–840. doi: 10.1136/adc.2005.071761.

Aretoulis, G. N., Kalfakakou, G. P., Striagka, F. Z. (2010). Construction material supplier selection under multiple criteria. *Operational Research* 10 (2), 209–230. doi:10.1007/s12351-009-0065-3.

Azambuja, M. M., O'Brien, W. J. (2012). Rapid assessment and selection of engineered equipment suppliers. *Automation in Construction* 22, 587–596. doi:10.1016/j.autcon.2011.12.004.

Bayazit, O., Karpak, B., Yagci, A. (2006). A purchasing decision: Selecting a supplier for a construction company. *Journal of Systems Science and Systems Engineering* 15 (2), 217–231. doi:10.1007/s11518-006-5009-3.

Beach, R., Webster, M., Campbell, K. M. (2005). An evaluation of partnership development in the construction industry. *International Journal of Project Management* 23 (8), 611–621. doi:10.1016/j.ijproman.2005.04.001.

Bemelmans, J., Voordijk, H., Vos, B. (2012). Supplier-contractor collaboration in the construction industry A taxonomic approach to the literature of the 2000-2009 decade. *Engineering, Construction and Architectural Management* 19 (4), 342–368. doi:10.1108/09699981211237085.

Biesek, G., Isatto, E. L., Formoso, C. T. (2008). Implementing customized method for the evaluation of subcontractors. *Proceedings of the 16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, (pp. 359–370). Manchester.

Bildsten, L., Rehme, J., Brege, S. (2010). Applying the kraljic model to the construction sector: The case of a prefab housing factory. *Proceedings of the 26th Association of Researchers in Construction Management (ARCOM)*, (pp. 1029–1037). Leeds, UK.

Cai, J. (2011). The Material supply evaluation index system analysis and design of high-speed railway construction. *Proceedings of the 3rd International Conference on Transportation Engineering (ICTE)*, (pp. 2286–2291). Chengdu. doi:10.1061/41184(419)377.

Clark, M., Oxman, A. D. (2001). *Cochrane Reviewers' Handbook 4.1.4* [updated October 2001]. The Cochrane Library, Oxford.

Corrêa, H. L. (2010). *Gestão de redes de suprimento: integrando cadeias de suprimento no mundo globalizado*. São Paulo: Atlas.

Costa, A. A., Tavares, L. V. (2012). Advanced multicriteria models to promote quality and reputation in public construction e-marketplaces. *Automation in Construction* 30, 205–215. doi:10.1016/j.autcon.2012.11.029.

Darvish, M., Yasaei, M., Saeedi, A. (2009). Application of the graph theory and matrix methods to contractor ranking. *International Journal of Project Management* 27 (6), 610–619. doi:10.1016/j.ijproman.2008.10.004.

Eriksson, P. E., Pesämaa, O. (2013). Buyer-supplier integration in project-based industries. *Journal of Business and Industrial Marketing* 28 (1), 29–40. doi:10.1108/08858621311285697.

Errasti, A., Beach, R., Oyarbide, A., Santos, J. (2007). A process for developing partnerships with subcontractors in the construction industry: An empirical study. *International Journal of Project Management* 25 (3), 250–256. doi:10.1016/j.ijproman.2006.10.002.

Formoso, C., Revelo, V. (1999). Improving the materials supply system in small-sized building firms. *Automation in Construction* 8 (6), 663–670. doi:10.1016/S0926-5805(98)00112-5.

Gosling, J., Purvis, L., Naim, M. M. (2010). Supply chain flexibility as a determinant of supplier selection. *International Journal of Production Economics* 128 (1), 11–21. doi:10.1016/j.ijpe.2009.08.029.

Gou, H., Liu, Z., Li, Z. (2011). A procurement model with material purchasing value analysis in construction supply chain. *Proceedings of the 2011 Chinese Control and Decision Conference, CCDC 2011* (pp. 3858–3863). Mianyang. doi:10.1109/CCDC.2011.59688950.

He, J., Tan, F. (2010). Research on supplier chooses of supply chain based on grey system. *Proceedings of the 2010 International Conference of Logistics Engineering and Management (ICLEM)*, (Vol. 387, pp. 4614–4621). Chengdu. doi:10.1061/41139(387)646.

Hinze, J., Tracey, A. (1994). The contractor-subcontractor relationship: the subcontractor's view. *Journal of Construction Engineering and Management* 120 (2), 274–287. doi:10.1061/(ASCE)0733-9364(1994)120:2(274).

Ho, C., Nguyen, P. M., Shu, M. H. (2007). Supplier evaluation and selection criteria in the construction industry of Taiwan and Vietnam. *International Journal of Information and Management Sciences* 18 (4), 403–426.

Jiang, A., Issa, R. R. A., Cox, R. F. (2005). A decision support model on cost and activity-based performance measurement in steel construction. In P. M. F. Soibelman L. (Ed.), *Proceedings of the 2005 ASCE International Conference on Computing in Civil Engineering* (pp. 1693–1705). Cancun.

Jiang, W., Huang, W. (2010). Research on decision method of optimal number of main materials suppliers in large hydropower project considering supply risk. *Proceedings of the 2010 International Conference on Logistics Systems and Intelligent Management (ICLSIM)*, (Vol. 1, pp. 169–172). Harbin. doi:10.1109/ICLSIM.2010.5461445.

Kraljic, P., 1983. Purchasing must become supply management. *Harvard Business Review* 61 (5), 109–117.

Lam, K. C., Tao, R., Lam, M. C. K. (2010). A material supplier selection model for property developers using Fuzzy Principal Component Analysis. *Automation in Construction* 19 (5), 608–618. doi:10.1016/j.autcon.2010.02.007.

Li, H., Cheng, E. W. L., Love, P. E. D. (2000). Partnering research in construction. *Engineering, Construction and Architectural Management* 7 (1), 76–92.

Li, M., Gao, J. (2010). Classification-based pluralistic procurement strategies in large-scale construction projects. *Proceedings of the 2010 International Conference of Logistics Engineering and Management (ICLEM)*, (Vol. 387, pp. 1020–1027). Chengdu. doi:10.1061/41139(387)140.

Li, W., Yue, C., Xie, H., Chen, Y. (2007). Material supply optimization of large scale projects from a total cost of ownership perspective. *Proceedings of the Third International Conference on Natural Computation (ICNC)*, (Vol. 5, pp. 629–633).

- Liu, Z., Wang, H. (2006). Partner selection for renewable resources in construction supply chain. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 4113 LNCS , 853–862.
- Ma, L., Yang, G. (2010). The selection of construction material suppliers in supplier relationship management (SRM). *Proceedings of the 2010 International Conference of Information Science and Management Engineering (ISME)*, (Vol. 1, pp. 189–192). Xi'an. doi:10.1109/ISME.2010.247.
- Micheli, G. J. L., Cagno, E., Zorzini, M. (2008). Supply risk management vs supplier selection to manage the supply risk in the EPC supply Chain. *Management Research News* 31 (11), 846–866. doi:10.1108/01409170810913042.
- NHS Centre for Reviews and Dissemination. (2001). *Undertaking Systematic Reviews of Research on Effectiveness. CRD's Guidance for those Carryung Out or Commissioning Reviews. CRD Report Number 4 (2nd Edition)*. York.
- Nobbs, H. (1993). *Future Role of Construction Specialists*. Business Round Table, London.
- Pearson, K. (1901). On line and planes of closest fit to systems of points in space. *Philosophical Magazine Series 6* 2 (11), 559–572. doi: 10.1080/14786440109462720.
- Rahman, M. M., Kumaraswamy, M. M. (2005). Relational selection for collaborative working arrangements. *Journal of Construction Engineering and Management* 131 (10), 1087–1098. doi:10.1061/(ASCE)0733-9364(2005)131:10(1087).
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting. Resource Allocation*. McGraw-Hill.
- Saaty, T. L. (1996). *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process*. Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications.
- Sarkis, J., Meade, L. M., Presley, A. R. (2012). Incorporating sustainability into contractor evaluation and team formation in the built environment. *Journal of Cleaner Production* 31, 40–53. doi:10.1016/j.jclepro.2012.02.029.
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., Simchi-Levi, E. (2003). *Cadeia de Suprimentos: Projeto e Gestão*. Porto Alegre: Bookman.

Soroor, J., Tarokh, M. J., Abedzadeh, M. (2012). Automated bid ranking for decentralized coordination of construction logistics. *Automation in Construction* 24, 111–119. doi:10.1016/j.autcon.2011.11.013.

Tranfield, D., Denyer, D., Smart, P. (2003). Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. *British Journal of Management* 14 (3), 207–222. doi:10.1111/1467-8551.00375.

Vrijhoef, R., Koskela, L. (2000). The four roles of supply chain management in construction. *European Journal of Purchasing & Supply Management* 6 (3–4), 169–178. doi:10.1016/S0969-7012(00)00013-7.

Wang, F., Wang, S. (2010). Applying logistics to construction material purchasing and supplier evaluation. *Proceedings of the 2010 International Conference on System Science, Engineering Design and Manufacturing Informatization (ICSEM)*, (Vol. 2, pp. 90–92). Yichang. doi:10.1109/ICSEM.2010.113.

Xipei, H., Xiong, Z. (2010). A new project management decision method based on multicriteria group model. *Proceedings of the 2nd International Conference on Industrial and Information Systems (IIS)*, (Vol. 2, pp. 479–482). Dalian. doi:10.1109/INDUSIS.2010.5565758.

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control* 8 (3), 338–353.

Zhang, Y., Lu, P., Gao, D. D., Song, Y. Q. (2010). Supplier relationship evaluation model of construction enterprises based on CMMI. *Proceedings of the 17th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEE)*, (pp. 1430–1434). Xiamen. doi:10.1109/ICIEEM.2010.5646022.

Zou, H., Yu, T. (2008). Supplier selection model based on the grey system theory. *Proceedings of International Conference on Risk Management and Engineering Management* (pp. 100–104). Beijing. doi:10.1109/ICRMEM.2008.13.

3 Artigo Dois: Construção de dimensões competitivas para avaliação de fornecedores na indústria da construção civil

Juliano Denicol^{a*}, Ricardo A. Cassel^a

^aDepartamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), BR.

*Autor para contato: juliano_denicol@hotmail.com

Resumo

No contexto da construção civil, a seleção adequada dos parceiros de negócios é um elemento fundamental para o sucesso dos projetos, uma vez que uma grande proporção das atividades podem ser sub-contratadas. Seleções baseadas no preço tiram da concorrência os sub-empreiteiros e fornecedores mais responsáveis, contribuindo para a queda do nível de desempenho e redução da eficiência global do projeto, uma vez que as ineficiências são somadas ao longo da cadeia. Com o objetivo de desenvolver a capacidade da cadeia de suprimentos, é necessário realizar uma seleção de parceiros com base não somente em seu desempenho atual, mas também considerando seu potencial de aprendizado e crescimento dentro de uma relação de longo prazo. O objetivo deste artigo é a construção de um conjunto de dimensões competitivas e seus respectivos sub-critérios, que serão utilizadas para avaliar os fornecedores na etapa de seleção e mitigar o risco de falhas ao longo do projeto. As dimensões foram construídas considerando a revisão da literatura de três áreas: *(i)* Gestão do relacionamento com os fornecedores; *(ii)* Gestão de risco de suprimentos; e *(iii)* Dimensões competitivas da produção. Como potencialidades das dimensões desenvolvidas, ressalta-se a mitigação do risco de falhas na cadeia de abastecimento e a abrangência de fatores avaliados, que proporcionam flexibilidade de utilização, uma vez que a empresa pode reduzir atributos para situações menos estratégicas.

Palavras-Chave: Gestão do relacionamento com os fornecedores; Gestão de risco de Suprimentos; Dimensões competitivas da produção; Indústria da construção civil.

Abstract

In the construction context, the proper selection of business partners is a key element for the success of projects, since a large proportion of the activities can be sub-contracted. Selection based on price take off from competition the sub-contractors and suppliers more responsible, contributing to the decline in the level of performance and reduction in the overall project efficiency, since inefficiencies are summed through the chain. With the purpose of develop the capacity of the supply chain, it is necessary to conduct a selection of partners based not only on their current performance, but also considering their potential for learning and growth within a long-term relationship. The purpose of this article is to construct a set of competitive dimensions and their sub-criteria that will be used to evaluate suppliers in the selection stage and to mitigate the risk of failure during the project. The dimensions were constructed considering a literature review of three areas: (i) Supplier relationship management; (ii) Supply risk management; and (iii) Production competitive dimensions. As potentialities of the dimensions developed, it is highlighted the risk mitigation of failures in the supply chain and the evaluated factors range, that provide flexibility of use, since the company can reduce attributes to less strategic situations.

Keywords: Supplier relationship management; Supply risk management; Production competitive dimensions; Construction industry.

3.1 Introdução

A indústria da construção civil e as atividades ligadas a este setor são responsáveis por uma parcela significativa do PIB (Produto Interno Bruto) de diversos países, representando, no contexto brasileiro, um papel relevante para o desenvolvimento da economia do país. Desta forma, a implantação de práticas para a gestão da cadeia de suprimentos da construção, bem como o desenvolvimento dos agentes dessa cadeia, possui um grande potencial de impactar positivamente as organizações, o setor e a economia nacional (O'BRIEN et al., 2009).

Considerando o empreiteiro principal como o centro da cadeia de suprimentos, à montante estão as atividades que antecedem a construção relacionadas aos clientes/investidores, equipe de projetistas e arquitetos. À jusante da cadeia, encontram-se os requisitos que este empreiteiro deve entregar, os quais dependem de sub-empreiteiros, fornecedores de materiais e serviços especializados, que estão à montante do empreiteiro principal (AKINTOYE et al., 2000). Segundo Saad e Jones (1999), são nas interfaces com os elos mais à jusante da cadeia de suprimentos, presentes nas atividades do canteiro de obras, que os esforços de gerenciamento devem ser enfatizados, devido ao baixo desenvolvimento gerencial destes intervenientes e ao seu potencial de redução de custos, perante os valores associados aos mesmos.

O baixo desempenho individual dos fornecedores da construção contribui para reduzir a eficiência global, uma vez que as ineficiências são somadas ao longo da cadeia. Para a construção civil como um todo, comprar pelo menor preço se mantém como prática dominante para a aquisição de bens e serviços, sendo que os relacionamentos inter-organizacionais são escassos e, quando existem, tendem a ser limitados aos fornecedores de primeiro nível (ELFVING e BALLARD, 2011). Neste sentido, é imperativo que exista um relacionamento comprador-fornecedor mais próximo, o qual pode ser construído em diversos níveis, desde parcerias com gerenciamento pró-ativo do parceiro, até o monitoramento dos fornecedores com menor criticidade. Lambert et al. (1998) salientaram que, pela complexidade associada, é inviável gerenciar todos os elos de uma cadeia de suprimentos, do ponto de origem da matéria-prima até o consumidor final, sendo necessária uma priorização dos agentes para alocação de recursos gerenciais. Essa segmentação pode ocorrer de diversas formas, conforme estratégia da empresa, sendo mais usuais as priorizações pelo valor dos itens a serem comprados, pela criticidade do item para o comprador e pelo risco de suprimento, que avalia a possibilidade do item não estar disponível no momento requisitado.

Segundo Sarkar e Mohapatra (2006), terceirizar e manter relacionamentos colaborativos com os fornecedores tem sido amplamente proposto na literatura, com o objetivo de criar um relacionamento de confiança e cooperação entre um comprador focal e uma base reduzida de parceiros de negócio (BECHTEL e PATTERSON, 1997; MUDAMBI e SCHRUNDER, 1996; PARKER e HARTLEY, 1997). HO et al. (2011) corroboraram esta perspectiva e observaram que, cada vez mais, as organizações estão indo na direção de parcerias de longo prazo com seus fornecedores de itens estratégicos, a fim de obter sugestões para o desenvolvimento de novos produtos e resolução de várias questões operacionais. Esta prática é vantajosa em comparação ao atual relacionamento adversarial devido à sua capacidade de reduzir os custos operacionais, uma vez que se trabalha com poucos fornecedores, os riscos são compartilhados e é possível recompensar os fornecedores de forma mais significativa.

Este artigo tem o objetivo de consolidar um grupo de dimensões competitivas e seus respectivos sub-critérios, que serão utilizados para avaliar os fornecedores na etapa de seleção. As dimensões serão construídas considerando a revisão da literatura de três áreas: (i) Gestão do relacionamento com os fornecedores; (ii) Gestão de risco de suprimentos; e (iii) Dimensões competitivas da produção.

Na sequência desta introdução, há uma seção de revisão da literatura sobre as áreas supracitadas. Na próxima seção, são apresentados os resultados, onde as dimensões competitivas são consolidadas. Por fim, as conclusões são relatadas bem como as recomendações para futuras pesquisas.

3.2 Método

O método utilizado neste artigo consiste em uma revisão da literatura, a partir da qual será desenvolvido um conjunto de dimensões competitivas que será utilizado para a avaliação do desempenho de fornecedores na etapa de seleção.

3.3 Revisão da Literatura

Nesta seção será feito um aprofundamento teórico em relação à gestão do relacionamento com os fornecedores, à gestão de risco de suprimentos e às dimensões competitivas da produção. A revisão sobre gestão do relacionamento com os fornecedores tem o objetivo de compreender e explicitar as etapas que compõem a interface com os fornecedores. A revisão sobre gestão de risco de suprimentos, por sua vez, possui a finalidade de verificar as fontes de riscos, bem

como estratégias para a mitigação dos mesmos. Já a análise da literatura sobre dimensões competitivas foi realizada a fim de observar a evolução destes critérios ao longo do tempo para então consolidar um grupo de critérios a ser utilizado pelos tomadores de decisão para avaliar os fornecedores.

3.3.1 Gestão do Relacionamento com os Fornecedores

O processo de gestão do relacionamento com os fornecedores (GRF) exige um planejamento para que ocorra um adequado desenvolvimento das avaliações dos fornecedores, nas diversas etapas da GRF, conforme Figura 3.1. Este planejamento é composto pelas fases de identificação do problema e formulação de critérios. Estas etapas iniciais devem analisar a situação atual das aquisições da empresa e considerar quais são seus objetivos estratégicos de curto e médio prazo, para então traduzi-los nos critérios de pré-qualificação, seleção e controle (DE BOER et al., 2001; LASCH e JANKER, 2005).

Posterior a este planejamento, o processo de GRF engloba as macro-etapas de pré-qualificação, seleção de novos parceiros, controle da base atual de fornecedores e desenvolvimento de atuais ou potenciais. Dentro do processo de GRF, a avaliação dos fornecedores pode ser identificada como uma atividade crucial para a implantação de uma GRF de sucesso. A avaliação de fornecedores possui um impacto significativo na organização, uma vez que precede a limitação dos fornecedores, a seleção de novos contratados e o controle da base atual de parceiros de negócios. O resultado das avaliações são informações a respeito da eficiência dos fornecedores, as quais são essenciais para as decisões gerenciais a serem tomadas, que podem culminar na eliminação, manutenção ou desenvolvimento de um determinado fornecedor (WEELE, 1994).

Nas próximas seções, serão discutidas as fases de pré-qualificação, seleção, controle e desenvolvimento. A etapa de planejamento, onde encontra-se a discussão sobre formulação de critérios, será discutida ao longo deste artigo, consolidando ao final um grupo de dimensões para avaliar os fornecedores no processo de seleção.

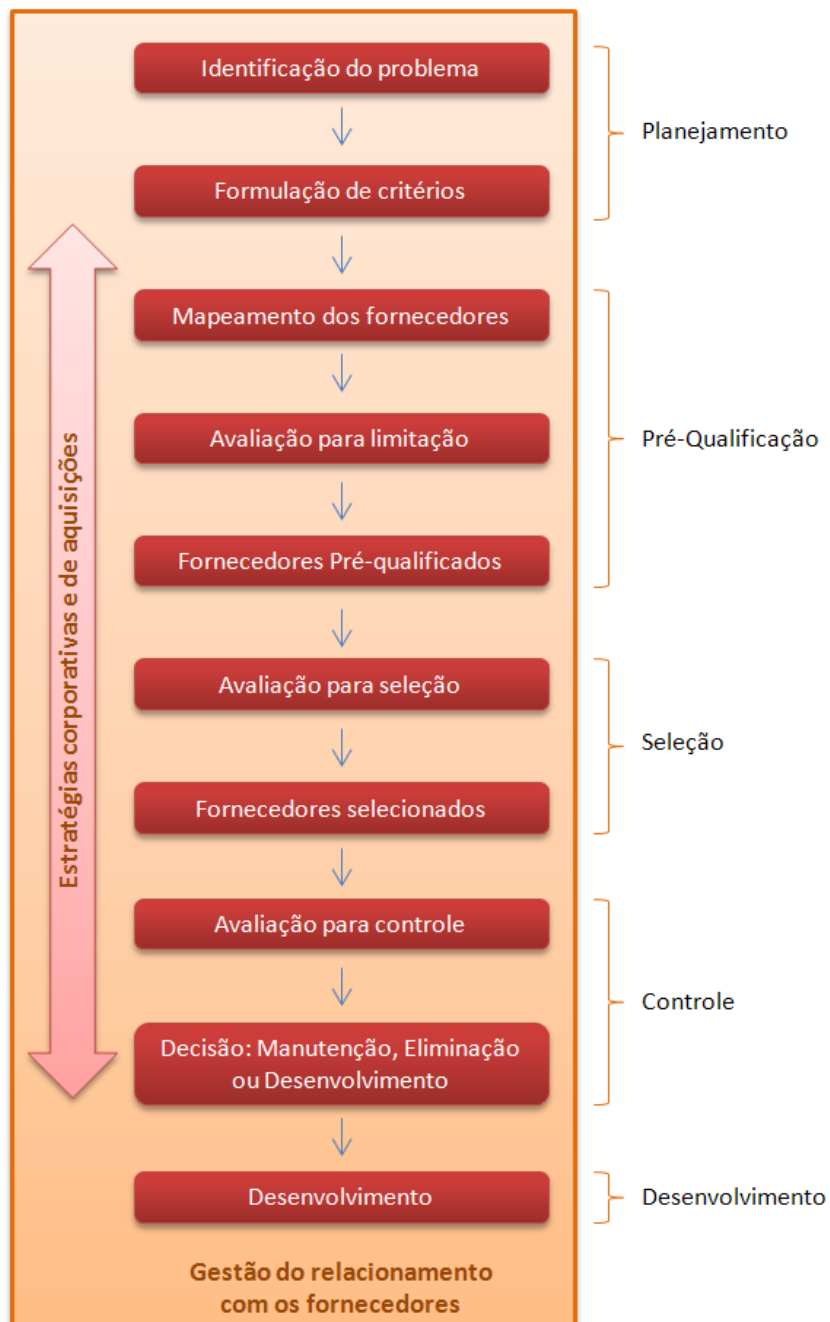


Figura 3.1: Processo de gestão do relacionamento com os fornecedores. Fonte: Elaboração própria.

3.3.1.1 Pré-qualificação

A pré-qualificação é problema multicriterial de decisão que pode ser tão importante quanto o processo final de qualificação, a seleção. As características desse processo incluem incerteza, não-linearidade, imprecisão e subjetividade, as quais devem ser administradas com o objetivo de classificar as alternativas em dois grupos: satisfatórios, logo, aptos a participar do processo

de seleção; e insatisfatórios, que devem ser excluídos da análise (JAHNUKAINEN e LATHI, 1999; KUMARASWAM e PALANEESWARAN, 2000; LAM et al., 2010).

Em relação às duas escolas mais fortes do ambiente construído, Holt (1998) salientou que nos EUA tem se realizado muitos trabalhos para melhorar o processo de pré-qualificação, enquanto no Reino Unido tem se testemunhado o desenvolvimento da técnica HOLT (*Highlighted Optimum Legitimate Tender*), projetada para englobar todo o processo de seleção do empreiteiro.

Para Elfving e Ballard (2011 e 2013), o objetivo da pré-qualificação é principalmente a gestão do risco, para assegurar que os fornecedores cumpram os requisitos legais (estabilidade financeira, licenças e registros de segurança) e as necessidades específicas da contratante antes de solicitar cotações.

A etapa de pré-qualificação consiste das atividades de mapeamento da cadeia de suprimentos e da limitação dos fornecedores. O mapeamento da cadeia tem o objetivo de encontrar os fornecedores que ofertam o produto ou serviço com os requisitos desejados. Na ausência de fornecedores que já atendam as demandas, o mapeamento servirá para explicitar quais alternativas estão aptas a serem desenvolvidas em suas fraquezas. Já o processo de limitação de fornecedores é composto por uma avaliação das fontes perante um número reduzido de critérios, com a finalidade de consolidar os fornecedores que suprem os requisitos mínimos. Os resultantes serão avaliados novamente no processo de seleção, que contém um número mais amplo de critérios.

Para Lambert et al. (1998), uma grande fraqueza da literatura sobre gestão da cadeia de suprimentos é a pressuposição dos autores em seus estudos de que todos sabem quem são os membros da cadeia de suprimentos daquela empresa ou setor. Portanto, há uma ausência da utilização do mapeamento da cadeia para, primeiramente, identificação e conhecimento de quem são os parceiros, e posterior verificação de oportunidades de melhorias, através de ações como integração de processos e de membros críticos da cadeia.

O processo de mapeamento é um pouco mais complexo do que parece, uma vez que simplesmente identificar todos os elos que compõem a rede é trabalhoso e com baixo custo benefício. Ao considerar fornecedores de diversos níveis (*tiers* 1, 2, 3...), o mapa da cadeia tende a crescer de forma muito rápida, o que se torna um desperdício de recursos, tanto para

produzi-lo quanto para analisá-lo (COOPER et al., 1997). Para superar este problema, Lambert et al. (1998) sugeriram a identificação dos agentes da cadeia de suprimentos que são críticos para o sucesso da empresa focal e da cadeia como um todo, através de uma análise holística. Para tanto, os autores recomendaram a identificação de membros primários e membros de apoio, sendo estas organizações que produzem atividades ou gerenciamento que agregam valor para um determinado fim, e essas, empresas que somente fornecem recursos para a realização das atividades pelos membros primários.

Segundo Souza e Koskela (2013), em relação às companhias de construção *Engineer-to-Order* (ETO), que possuem projetos orientados pela demanda e com características singulares (*one-of-a-kind*), existem semelhanças e diferenças de processos entre os projetos. Para os referidos autores, as semelhanças devem ser consolidadas pela companhia para ganhos em escala e eliminação de desperdícios na administração dos recursos que abastecem os projetos, e para este fim, identificaram como ferramenta de análise o mapeamento da cadeia de suprimentos através da realização de um Mapa de Fluxo de Valor. Briscoe e Dainty (2005) corroboraram a análise de Souza e Koskela (2013) ao concluir que o grande número de parceiros da cadeia de suprimentos e o nível significativo de fragmentação no ambiente de construção são restrições para aumentar o nível de integração da cadeia de suprimentos.

Sarkar e Mohaptra (2006) salientaram que nenhuma abordagem estruturada para a redução da base de fornecedores foi encontrada na literatura, portanto, propuseram uma discussão sobre redução e racionalização da base de fornecedores. Para os autores, a redução da base de fornecedores consiste na etapa inicial para um gerenciamento efetivo das aquisições e da cadeia de fornecimento. Os benefícios, visualizados pelos autores, de se trabalhar com uma base reduzida de fornecedores englobam: redução de custos de gestão e desenvolvimento de fornecedores, viabilidade de estreitar as relações com grande parte dos parceiros e possibilidade de recompensar financeiramente de forma substancial estes fornecedores.

Já para a avaliação e classificação de fornecedores em dois grupos, De Boer et al. (2001) e Lam et al. (2005) salientaram que diversas abordagens têm sido desenvolvidas, tais como: Análise de Cluster (HOLT, 1998; HONG et al., 2005); AHP (*Analytic Hierarchy Process*) (AL-HARBI, 2001; FONG e CHOI, 2000); DEA (*Data Envelopment Analysis*) (NARASIMHAN et al., 2001); MAUT (*Multi-Attribute Utility Theory*) (DIEKMANN, 1981); Redes Neurais (KHOSROSHAHI, 1999; LAM et al., 2000, 2001); e SVM (*Support Vector Machine*) (LAM et al., 2009).

3.3.1.2 Seleção

A seleção de fornecedores é considerada uma das atividades mais críticas para a gestão da cadeia de suprimentos, devido à importância dos desempenhos dos fornecedores para atingir os objetivos da cadeia (AMIRI et al., 2008; BANKER e KHOSLA 1995; LASCH e JANKER, 2005). A etapa de seleção de fornecedores consiste em avaliar o desempenho do grupo de empresas resultante da pré-qualificação, através de um grupo de critérios mais específico, para então selecionar o fornecedor mais adequado para atender os requisitos solicitados. Esta etapa possui as mesmas características da pré-qualificação, sendo necessária a adoção de atributos de natureza quantitativa e qualitativa (DE BOER et al., 2001; YANG et al., 2008).

Ao considerar conceitos da gestão da cadeia de suprimentos como uma abordagem sistêmica, a adoção do ótimo local pelo menor custo não é mais aceitável. Seleções baseadas no preço tiram da concorrência os sub-empregados e fornecedores mais responsáveis, contribuindo para a queda dos preços e do nível de desempenho (KUMARASWAM e PALANEESWARAN, 2000). Elfving e Ballard (2011) reforçaram este ponto de vista e salientaram que, para desenvolver a capacidade da cadeia de suprimentos, é necessário realizar uma seleção de parceiros com base não somente em seu desempenho atual, mas também considerando seu potencial de aprendizado e crescimento dentro de uma relação de longo prazo.

É possível identificar dois grupos de pesquisa sobre seleção de fornecedores, descritivos e prescritivos. Estudos descritivos fornecem informações sobre a situação atual de como os tomadores de decisão selecionam os fornecedores, enquanto trabalhos prescritivos enfatizam novas abordagens e técnicas, usualmente quantitativas, que deveriam ser aplicadas. A discussão sobre dimensões competitivas e critérios, bem como sua ponderação de importância, geralmente é encontrada nos estudos descritivos (MASI et al., 2013; WILSON, 1994). Em relação às abordagens quantitativas, é possível encontrar desde simples métodos de ponderação de pesos e notas até modelagens de programação matemática avançada. No entanto, sendo a seleção de fornecedores um processo de gestão de risco, todas sistemáticas propostas possuem a finalidade de mitigar o risco oriundo de eventos não previstos (GIUNIPERO e ELTANTAWY, 2004; MICHELI et al., 2009).

No contexto da construção, a seleção adequada dos parceiros de negócios é um elemento fundamental e vital nos projetos de construção, uma vez que uma grande proporção (até 90%)

das atividades de construção podem ser sub-contratadas em um dado projeto. Em contraste com essa constatação, a investigação dos processos de aquisição neste setor tem sido negligenciada, uma prática desalinhada com a importância significativa do assunto e o seu potencial a ser explorado (KUMARASWAM e PALANEESWARAN, 2000). Uma revisão sobre as técnicas utilizadas no processo de seleção podem ser encontradas nos estudos de De Boer et al. (2001), Ho et al. (2010), Holt (1998) e Weber et al. (1991).

3.3.1.3 Controle

A etapa de controle dos fornecedores, não menos importante que as demais, se desenvolve mais facilmente quanto melhor for a estruturação das etapas anteriores, uma vez que um fornecedor selecionado através de diversos critérios, tende a ser mais responsável para com suas obrigações. O relacionamento com os fornecedores é caracterizado pela dificuldade do contratante controlar os objetivos individuais de cada fornecedor, de forma que os contratados podem priorizar tarefas de compradores maiores ou que exerçam maior controle, causando atrasos e custos ao comprador ineficiente no processo de controle (MICHELI, 2008). Os contratos são os instrumentos reguladores dessa relação comprador-fornecedor, através dos quais será exercida a governança para a administração das operações e da própria relação (PALANEESWARAN et al., 2003).

A partir de um determinado grupo de fornecedores selecionados, a empresa necessita realizar o controle do desempenho destes parceiros, o qual será fundamentado nos critérios utilizados nas fases anteriores. Este controle deve ser periódico, a fim de possibilitar a descoberta de pequenas irregularidades, ao invés de efetuar o controle de qualidade ao final de um longo período e aumentar a escala dos prejuízos. Desta forma, os tomadores de decisão podem aplicar as medidas legais cabíveis para com seus fornecedores e desenvolver alternativas para alterar rapidamente o cenário adverso (LASCH e JANKER, 2005).

3.3.1.4 Desenvolvimento

O desenvolvimento de fornecedores compreende as práticas e atividades executadas por uma empresa, geralmente a que governa a cadeia de suprimentos, para melhorar as capacidades de um ou mais fornecedores, de modo que eles passem a atender as necessidades da empresa, seja no curto, médio ou longo prazo. O desenvolvimento de fornecedores pode ser considerado como uma alternativa, quando produzir internamente ou comprar de fontes externas não satisfazem as demandas e exigências da companhia (HANDFIELD et al., 2000).

Elfving e Ballard (2013) ofereceram um exemplo de aplicação do desenvolvimento de fornecedores em uma empresa de construção europeia de grande porte. Os autores dividiram o desenvolvimento em três tipos: o primeiro consiste em ajudar os fornecedores a atender as demandas legais e os requisitos da companhia; o segundo tem o objetivo de auxiliar os fornecedores a melhorar seus desempenhos nas dimensões de qualidade e entrega; e o terceiro é o tipo que exige mais maturidade, uma vez que visa desenvolver inovações conjuntamente.

Os autores relataram que os fornecedores receberam com surpresa o pedido de envio de dados sobre medições de qualidade e entrega, uma vez que nenhum outro cliente havia solicitado antes, porém foram solícitos em atender, com exceção dos que detinham monopólio. Esta surpresa retrata a indústria da construção em relação às práticas de gestão, muito pouco desenvolvidas em relação a outros setores industriais. Torna-se uma tarefa difícil exigir confiabilidade e qualidade, quando os fornecedores não possuem registros de medições sobre o seu próprio desempenho.

Os fornecedores foram classificados de acordo com o desempenho em quatro níveis, podendo progredir entre eles: potenciais, registrados, aprovados e preferidos. Ao implantar um sistema com baseado em medição de desempenho e *feedback* para os fornecedores, a precisão nas entregas subiu de 80% para cerca de 95%. O próximo passo é colocar em contrato a obrigatoriedade de medir desempenho e enviar os dados (ELFVING e BALLARD, 2013).

O desenvolvimento de fornecedores é uma área que carece de mais atenção do setor da construção, uma vez que é uma alternativa pouco utilizada e com grande potencial de resultados após sua implantação. Conforme o caso de sucesso descrito, a indústria da construção está no início da conscientização de seus agentes sobre a necessidade de medir a si mesma, e muito longe de propor desenvolvimento de capacidades e co-criação com os fornecedores.

3.3.2 Gestão de Risco de Suprimentos

Desde as décadas de 50 e 60, quando as empresas expandiram suas operações e iniciaram o processo de internacionalização, o risco tem sido um fator associado às tomadas de decisões no ambiente corporativo e motivo de preocupação para os gestores (SNIDER, 1991). Dentro das organizações, o risco pode estar relacionado a diversos setores, tendo sua gestão reconhecida dentro da área financeira, onde são geradas análises e simulações, porém

negligenciado no campo da gestão das cadeias de abastecimento (HOOD e YOUNG, 2005). Rodrigues et al. (2008) classificaram o risco como algo possível de estimar, por ser um resultado baseado em probabilidades. Em relação à incerteza, não é possível afirmar nada sobre seu resultado, uma vez que não se tem informações para calcular a probabilidade de ocorrência. Para os referidos autores, os dois conceitos são claramente relacionados de maneira próxima e interligados, a incerteza aumenta o risco e o risco é uma consequência da incerteza.

Atualmente, com o crescimento da globalização, a quebra de protecionismos nacionalistas e os avanços da tecnologia de comunicação, é possível comprar o mesmo produto de fabricantes situados em qualquer continente, fato que tem elevado a competitividade a níveis sem precedentes (SIMCHI-LEVI et al., 2003). Desta forma, acentuou-se a manutenção das competências centrais e diferenciais competitivos das empresas, terceirizando-se as demais atividades não estratégicas e que não são executadas internamente de forma eficiente. Por consequência, as empresas aumentaram a dependência de sua base de parceiros, que fornecem os materiais e componentes que compõe o produto final. O aumento de parceiros no negócio, associado à incapacidade do comprador de controlar e convergir os comportamentos dos fornecedores para um objetivo determinado, corrobora o crescimento dos riscos de ocorrer uma falha e a consequente ruptura da cadeia de suprimentos (ZSIDISIN e ELLRAM, 2003). Kraljic (1983) previu este problema e alertou para a necessidade de adequação das empresas às incertezas das cadeias de suprimentos globais, a fim de reduzir custos para se manter no negócio. Quanto maior for a incerteza de relacionamento com os fornecedores ou a indisponibilidade de mercado dos itens, mais importante se torna a gestão do risco de suprimentos.

Portanto, é recomendável que a empresa tenha uma política de gestão do risco de suprimentos, da qual a seleção dos fornecedores é a etapa que possui o maior potencial para redução de riscos (HSU et al., 2006; MICHELI et al., 2009; ZSIDISIN et al., 2000; WU et al., 2006). Mitchell (1995) apontou a utilização de uma lista pré-aprovada de fornecedores, aquisições de diversas fontes e estreitamento das comunicações com os parceiros, como estratégias para mitigação do risco. Smeltzer e Siferd (1998), bem como Newman et al. (1993), argumentaram que uma efetiva estratégia de longo período para lidar com risco de suprimento requer um monitoramento consistente e auditoria dos processos do fornecedor, para verificar se eles estão operando conforme os padrões requisitados. Suas pesquisas

mostraram que a auditoria e a certificação da base de fornecedores proporcionaram melhorias significativas na qualidade global dos seus processos e do produto final.

Gosling e Naim (2009) identificaram que grande parte da literatura de gestão de risco visa definir e formalizar processos de gestão de risco, protocolos, ferramentas e técnicas de gestão. No entanto, os autores salientaram que poucos têm procurado combater estes riscos através do desenvolvimento da flexibilidade. Tang e Tomlin (2008) seguiram esta estratégia e propuseram um modelo para verificar como a flexibilidade pode mitigar os riscos e as incertezas da cadeia de suprimentos. Mais aplicações de gestão de risco podem ser encontradas no trabalho de Khan e Burnes (2007), que forneceram uma extensiva revisão sobre o tema e uma agenda de pesquisa.

Apesar deste cenário, as empresas, ao considerarem suas operações estrategicamente, têm negligenciado o poder da redução de custos através da gestão eficiente da cadeia, bem como os perigos associados às interrupções da cadeia de abastecimento (KHAN e BURNES, 2007). Segundo a pesquisa de Hendricks e Singhal (2003), as grandes interrupções da cadeia podem reduzir, em média, o valor de mercado das organizações em 10%. Em alguns casos, quando a ruptura prolonga-se por um tempo além do administrável, a companhia pode esgotar seus recursos financeiros a ponto de sair do negócio ou vender parte de suas ações para investidores ou rivais. Este foi o caso da divisão de celulares da Ericsson, que gerenciou os riscos de forma reativa após a interrupção de fornecimento de chips por parte da Philips, devido a um incêndio na fábrica. Após sentir os efeitos durante um ano e acumular prejuízos, a Ericsson vendeu 50% de suas operações para a Sony, estabelecendo uma *joint venture*. A Nokia, ao saber do incêndio, agiu proativamente junto à Philips, para realocar os seus pedidos em outros centros produtivos. Desta forma, não sofreu dano algum, ganhou a participação de mercado do rival e ainda o levou quase à falência (CORRÊA, 2010). Em uma perspectiva macro-econômica, os problemas políticos, econômicos e sociais de um país ou região, podem causar interrupções da cadeia de empresas ou até dos próprios países, bem como desestabilizar o preço de *commodities* no mercado mundial. Como exemplo, observou-se a volatilidade do preço mundial do petróleo, em consequência da presença dos EUA em guerras ou por eventos naturais em solo americano, como o furacão Katrina.

3.3.2.1 Gestão de Risco de Suprimentos em ambientes *Engineer-to-Order* (ETO)

No contexto de indústrias *Engineer-to-Order* (ETO), onde os produtos são complexos, com grande nível de customização e produzidos por projetos sob demanda, o risco é muito elevado devido à temporariedade e às especificidades de cada projeto (GOSLING et al., 2012; VAN DER VAART et al., 1996; CHAPMAN e WARD, 2003). Uma gestão de sucesso do projeto está associada à gestão de seus riscos, os quais são mais frequentes no setor ETO, por sua característica intrínseca de incertezas. Neste ambiente, o valor associado aos suprimentos críticos e sob medida é significativo, podendo representar até 45% do total do projeto (CAGNO et al., 2004). Desta forma, fica explicitado que a existência de um plano de ações estruturadas para gerir os suprimentos é fundamental para o sucesso do projeto e da empresa.

Neste setor, os riscos de suprimentos são em grande parte relacionados a um processo de seleção de fornecedores inadequado, portanto a iniciativa de mitigar os riscos globais de suprimentos inicia-se pela proposição de uma abordagem eficiente para a seleção (GIUNIPERO e ELTANTAWY, 2004). Em geral, as empresas possuem processos independentes e não coordenados para gestão do risco de suprimentos, uma parte das companhias, como as da construção civil, concentra esforços na seleção de fornecedores, enquanto outro montante preocupa-se em ter um plano de contingência para situações de interrupções do abastecimento (econômicas, políticas, fenômenos naturais, etc). As organizações que realizam somente a seleção para gerenciar o risco argumentam que este processo elimina a maior parte do risco, e que ações adicionais tornam-se muito onerosas. No entanto, estas abordagens deveriam fazer parte de um único processo, a fim de alcançar um melhor desempenho na mitigação e exploração dos riscos (MICHELI et al., 2008; SMELTZER e SIFERD, 1998).

Posterior à seleção, algumas práticas têm sido adotadas com a finalidade de reduzir ainda mais o risco, como o envolvimento dos parceiros nas etapas iniciais de projeto, formação de parcerias estratégicas e o desenvolvimento de fornecedores (SOUZA e KOSKELA, 2013). Contudo, se o fornecedor não for devidamente selecionado, as estratégias posteriores tornam-se difíceis de ser implementadas, devido às diferentes atitudes de cooperação dos parceiros frente às ações necessárias para mitigar os riscos (MICHELI, 2008).

Micheli et al. (2009) agruparam os fatores de risco de suprimentos no ambiente da construção em três categorias: relacionados a produtos, ao mercado e ao fornecedor, conforme Tabela

3.1. No entanto, a identificação de fontes de risco só será efetiva se seguida de um plano de ação para mitigar, controlar ou explorar oportunidades do risco de suprimento. O impacto de não conformidades em um projeto é considerável, independente se for um item crítico ou não, uma vez que os não críticos podem causar uma parada na produção e portanto perda de horas trabalhadas, subsequente controles dimensionais e retrabalho (MASI et al., 2013).

Conforme sumarizado por Micheli et al. (2009), diversos autores têm publicado modelos de classificação para fornecedores críticos, com o objetivo de segmentá-los para posterior aplicação de estratégias comuns para as famílias de fornecedores criadas. As segmentações mais frequentes são em relação ao custo do item, nível de especificidade, necessidade de co-criação, disponibilidade no mercado, requisitos do cliente e o impacto do item no andamento do projeto (KRALJIC, 1983; TURNER, 1990; MASTERMAN, 1992; OLSEN e ELLRAM, 1997; BENSOU, 1999; FRANKS, 1990; ALHAZMI E MCCAFFER, 2000; GIBB e ISACK, 2001; KUMARASWAMY e DISSANAYAKA, 2001; LUU et al., 2003).

Todavia, pelas características do setor, será necessário ocorrer uma mudança na cultura e mentalidade empresarial, para quebrar o paradigma da eficiência local em detrimento da global (LOVE et al., 2004). É preciso criar a consciência de pensar sistemicamente o negócio e a cadeia de valor que o sustenta, para então identificar os riscos e incertezas associados aos diversos intervenientes e à escassez de recursos (GOSLING et al., 2013, YEO e NING, 2002). Neste sentido, a aplicação da filosofia gerencial da Teoria das Restrições é um grande auxílio para os tomadores de decisão, uma vez que as restrições da cadeia podem ser identificadas e eliminadas, aumentando a produção global da cadeia (GOLDRATT e COX, 1984).

Tabela 3.1: Fontes de risco de suprimentos. Fonte: (MICHELI et al., 2009).

Categoria	Fonte de Risco de Suprimento
Relacionada ao Produto	Mudanças no projeto do produto Qualidade
Relacionada ao Mercado	Aumento de preço Número de fornecedores disponível Concentração geográfica de fornecedores
Relacionada ao Fornecedor	Restrição de capacidade Capacidade de redução de custo Tempo de atravessamento Desempenho ambiental Saúde financeira Falhas em atender os requisitos de entrega Transporte utilizado Compatibilidade de sistemas de informação Gerenciamento de estoques Visão gerencial Mudanças de processos tecnológicos Solicitação de mudança de volume e mix

3.3.3 Dimensões competitivas da produção

Várias pesquisas têm sido realizadas com objetivo de propor critérios para avaliação e seleção de fornecedores estratégicos, uma área com crescente relevância para a Gestão de Operações. Os estudos descritivos possuem o objetivo de identificar os critérios para a avaliação de fornecedores novos e atuais, no intuito de aplicá-los nas fases de pré-qualificação, seleção, controle e desenvolvimento. Por meio da atribuição de notas e pesos aos critérios, o desempenho dos empreiteiros, sub-empreiteiros ou fornecedores de materiais e serviços é mensurado. Ao consolidar os desempenhos dos fornecedores avaliados em um *ranking*, é possível realizar uma análise em nível estratégico com suporte para decisões de desligamento, manutenção ou desenvolvimento dos fornecedores (HOSNY et al., 2013; NG e SKITMORE, 1999; PETRONI e BRAGLIA, 2000).

Os critérios e suas ponderações devem ser periodicamente avaliados a fim de estarem sempre alinhados com a estratégia da empresa e sua visão de negócios. Se os mesmos não refletirem as prioridades da companhia, a tomada de decisão será prejudicada com aumento da probabilidade de não atender aos requisitos da organização e principalmente do cliente. Portanto, no processo decisório da empresa, critérios podem ser removidos ou adicionados,

bem como metas de desempenho redefinidas, conforme posicionamento estratégico da companhia perante o mercado para o ciclo seguinte (HO et al., 2010; HOSNY et al., 2013).

Um ponto convergente dos estudos sobre critérios para avaliar fornecedores é a publicação de Dickson (1966), um dos primeiros trabalhos sobre seleção de fornecedor, o qual identificou, através de pesquisa com gerentes e compradores, 23 critérios ganhadores de negócios para a seleção de fornecedores. Houve variação de opiniões em relação aos critérios, principalmente ao considerar especificidades de aquisições, porém três foram recorrentes: Qualidade, Entrega no Prazo e Desempenho Histórico do Fornecedor (LIU e SONG, 2009; PETRONI e BRAGLIA, 2000; TALLURI e NARASIMHAN, 2004; WILSON, 1994).

Posteriormente, a revisão de Weber et al. (1991) teve a finalidade de consolidar e sumarizar a literatura desde Dickson (1966). Os autores analisaram 74 artigos sobre critérios para seleção de fornecedores e identificaram como critérios mais importantes Qualidade, Desempenho de Entrega e Custo.

Na década seguinte, Sarkar e Mohapatra (2006) identificaram vários critérios para seleção de fornecedores através de uma síntese dos trabalhos de Choi e Hartley (1996), Katsikaes et al. (2004), Swift (1995) e Weber et al. (1991). Os critérios foram separados em duas categorias, fatores de desempenho e fatores de capacidade, sendo a primeira de natureza mais quantitativa, portanto de mensuração facilitada, e a segunda com maior ênfase qualitativa e por conseguinte mais difícil de aferir.

3.3.3.1 Dimensões competitivas e a cadeia de suprimentos

As dimensões ou critérios competitivos traduzem para o mercado a estratégia de negócios da empresa e relacionam-se internamente com a estratégia de operações, o conjunto de práticas que executadas com excelência aumentará a competitividade da companhia e a sustentará no médio e longo prazo (SLACK, 1991; WHEELWRIGHT, 1984).

Quatro dimensões competitivas têm sido responsáveis por fazer a conexão inter-organizacional para muitas empresas e são amplamente aceitas na literatura: Custo, Qualidade, Entrega e Flexibilidade (HAYES e WHEELWRIGHT, 1979; VACHON et al., 2009). Slack (1991) corrobora esta análise e argumenta que é necessário explicitar o critério Entrega em duas competências, Velocidade de Entrega e Confiabilidade de Entrega.

Vachon et al. (2009) salientaram que pesquisas atuais sobre a gestão da cadeia de suprimentos apontam que estas dimensões competitivas podem ser classificadas em duas diretrizes fundamentais: eficiência e capacidade de resposta (CHOPRA e MEINDL, 2007; SELLDIN e OLHAGER, 2007).

A diretriz eficiência relaciona-se com a competência de uma cadeia de suprimentos competir em custos. Essa diretriz é adequada para atender cadeias de suprimentos com estratégias *Make-to-Stock*, as quais contêm incertezas consideravelmente menores do que as cadeias *Engineer-to-Order*. A maior previsibilidade de demanda de tais cadeias facilita a implantação da abordagem gerencial *Lean Production*, que possui a finalidade de reduzir desperdícios das operações intra e inter-organizacional, através de uma visão holística (GOSLING et al., 2011; VACHON et al., 2009). Já a diretriz capacidade de resposta ou responsividade da cadeia dialoga com a velocidade com que a cadeia consegue se adaptar aos requisitos dos clientes e entregar as informações ou produtos solicitados. Esta capacidade está ligada a filosofia gerencial Ágil, onde a ênfase ocorre em flexibilizar a produção para atender às demandas específicas e entregá-las de forma veloz. A flexibilização da produção pode ser entendida como a capacidade de lidar com eventos imprecisos e estar apto a atender demandas customizadas, características aderentes às cadeias com estratégias *Engineer-to-Order*. Desta forma, as dimensões competitivas englobadas pela diretriz responsividade são Entrega e Flexibilidade. Portanto, dentre as dimensões, somente qualidade não está traduzida diretamente nas diretrizes de eficiência e responsividade, porém está implícita nas condições mercadológicas atuais que a qualidade é um critério qualificador e não ganhador de pedido, ou seja, ela é a fundamentação que permite o desenvolvimento das demais competências (NAIM e GOSLING, 2011; OLHAGER, 2003; PORTER et al., 1999; SWAFFORD et al., 2006; VACHON et al., 2009).

3.3.3.2 Critérios tangíveis e intangíveis

O processo decisório para avaliação de fornecedores não deve considerar somente atributos operacionais como custo, qualidade e entrega, mas também adicionar critérios qualitativos e dimensões estratégicas dos fornecedores, como ênfase nas práticas de gestão da qualidade, capacidades de produção, gestão das competências centrais, desenvolvimento do produto e reputação do fornecedor (LIU e SONG, 2009; TALLURI e NARASIMHAN, 2004).

Segundo a abrangente revisão de De Boer et al. (2001) sobre métodos para seleção de fornecedores, o único estudo que propôs um modelo para auxiliar a decisão de formulação de critérios foi o de Mandal e Deshmukh (1994). Os autores propuseram uma técnica de avaliação e confrontação dos critérios pelas partes envolvidas e concluíram que esta abordagem auxilia os tomadores de decisão a separar os critérios dependentes dos independentes. Os critérios dependentes são importantes de serem considerados na fase de seleção que configura a etapa de decisão final do fornecedor e os independentes devem ser considerados na fase de pré-qualificação, onde é feita uma limitação dos fornecedores pela separação em dois grupos, qualificados a prestar o serviço e fornecedores com desempenho insatisfatório.

Hatash e Skitmore (1997) investigaram, através de um estudo Delphi, a percepção de 20 critérios de seleção de fornecedores e fatores de sucesso dos projetos nas dimensões de tempo, custo e qualidade. Os autores concluíram que falhas passadas, estabilidade financeira, avaliação de crédito, experiência, gestão de pessoas e gestão do conhecimento foram percebidos como os critérios de seleção que mais afetam as três dimensões competitivas já referidas.

3.4 Resultados

Após a revisão de literatura, foram formuladas as dimensões competitivas e os sub-critérios que as compõem, com a finalidade de avaliar os fornecedores na etapa de seleção. Foram considerados os critérios para seleção de fornecedores presentes nas publicações desde Dickson (1966), bem como as fontes de risco que emergiram do aprofundamento teórico realizado sobre gestão de risco de suprimentos, sumarizadas na Tabela 3.1. Desta forma, consolidaram-se 8 dimensões competitivas que são explicitadas em 16 sub-critérios, os quais são relacionados a benefícios de sua adoção, conforme ilustra a Figura 3.2.

Ao confrontar as dimensões propostas, Figura 3.2, com as fontes de risco levantadas por Micheli et al. (2009), presentes na Tabela 3.1, verifica-se que todas as dimensões, se utilizadas para avaliar o fornecedor, possuem o poder de mitigar ao menos uma fonte de risco, conforme Tabela 3.2. As dimensões custo, qualidade, entrega e flexibilidade mitigam, respectivamente, as fontes de risco de suprimentos relacionadas ao aumento de preço, à qualidade, ao tempo de atravessamento e à solicitação de mudança de volume. Já ao avaliar o fornecedor pela dimensão relacionamento, o risco de selecionar um fornecedor que

apresentará uma visão gerencial divergente da desejada é reduzido. A dimensão de serviço, por sua vez, relaciona-se com a mitigação do risco de compatibilidade de sistemas de informação, os quais possibilitam o atendimento durante e após a conclusão da obra. O uso da dimensão competitiva inovação permite que seja atenuado o risco de mudanças de processos tecnológicos. Por fim, ao avaliar o fornecedor pela dimensão sustentabilidade, o risco de desempenho ambiental abaixo das normas é reduzido.

Tabela 3.2: Fontes de risco de suprimentos vs Dimensões Competitivas da Produção. Fonte: Elaboração própria.

Fonte de Risco de Suprimento	Dimensões Competitivas da Produção
Relacionada ao Produto	
Mudanças no projeto do produto	Flexibilidade
Qualidade	Qualidade
Relacionada ao Mercado	
Aumento de preço	Custo
Número de fornecedores disponível	Flexibilidade
Concentração geográfica de fornecedores	Flexibilidade
Relacionada ao Fornecedor	
Restrição de capacidade	Flexibilidade
Capacidade de redução de custo	Custo
Tempo de atravessamento	Entrega
Desempenho ambiental	Sustentabilidade
Saúde financeira	Custo
Falhas em atender os requisitos de entrega	Qualidade
Transporte utilizado	Sustentabilidade
Compatibilidade de sistemas de informação	Serviço
Gerenciamento de estoques	Qualidade
Visão gerencial	Relacionamento
Mudanças de processos tecnológicos	Inovação
Solicitação de mudança de volume e mix	Flexibilidade

Cada sub-critério das dimensões foi relacionado a um benefício, que traduz para o comprador qual é a vantagem competitiva de selecionar um fornecedor com melhor desempenho naquele sub-critério. Por exemplo, a dimensão competitiva custo foi explicitada nos sub-critérios custo total e condições de pagamento, sendo que o primeiro oferece o benefício de menor custo de produção, e o segundo de melhor fluxo de caixa para a empresa, possibilitando novos investimentos.

Através da utilização deste grupo de critérios para o processo de seleção, pretende-se mitigar o risco de suprimentos ao longo do projeto, considerando critérios quantitativos e qualitativos para analisar o fornecedor que irá compor a rede de abastecimento. O conjunto de critérios apresentado deve, idealmente, ser combinado com métodos qualitativos e quantitativos para embasar a decisão de seleção. Considera-se que este é um grupo abrangente de atributos, os quais devem ser utilizados para avaliar fornecedores considerados críticos pela empresa. No entanto, por ser construído a partir das dimensões competitivas da produção, este grupo pode ser flexibilizado para aplicação em fornecedores com menor criticidade, uma vez que a empresa pode avaliá-los em somente algumas dimensões. De forma semelhante, o conjunto de critérios pode ter algum atributo acrescentado, de acordo com a especificidade dos itens a serem adquiridos ou das fontes que serão analisadas.

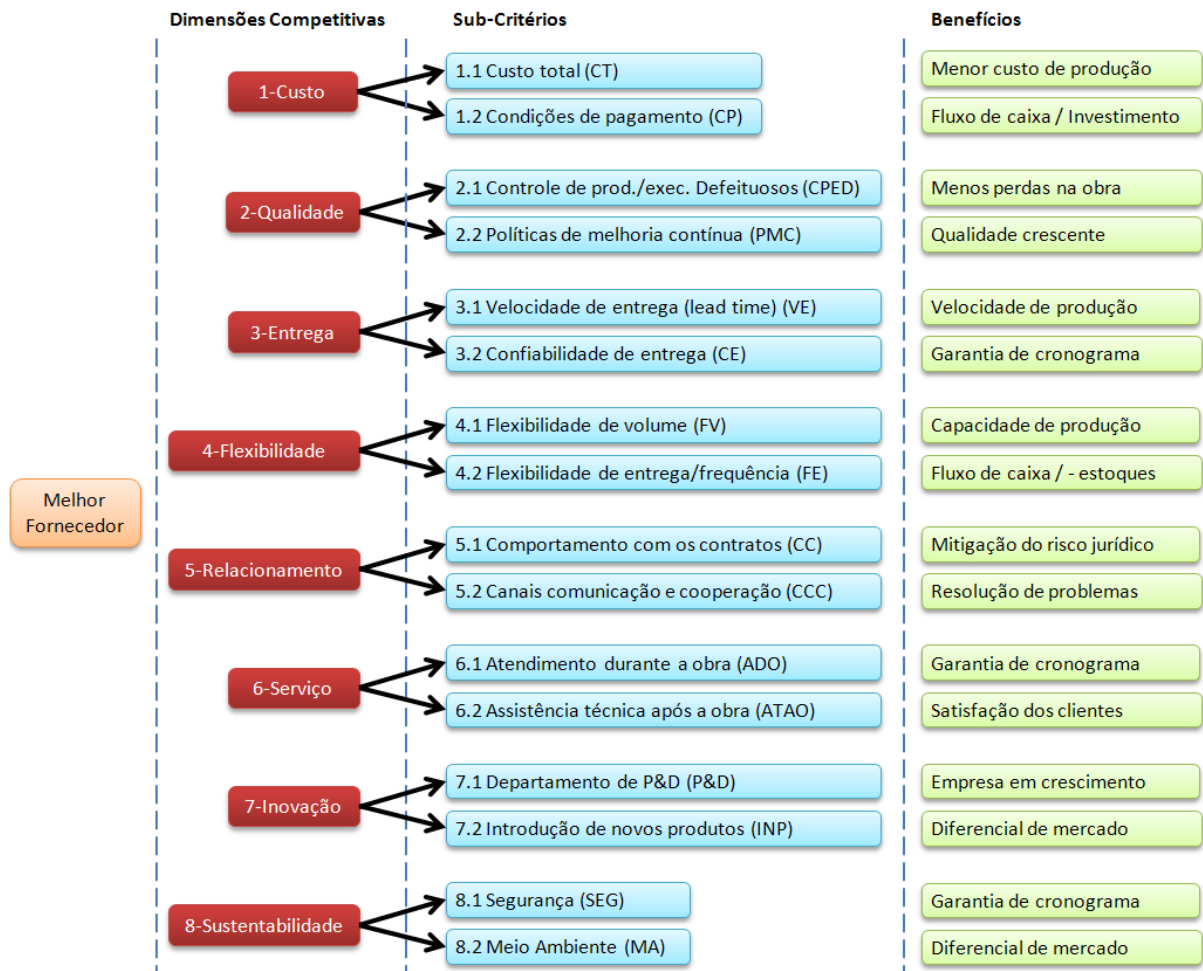


Figura 3.2: Dimensões competitivas e sub-critérios propostos. Fonte: Elaboração própria.

3.5 Conclusões

Em face da baixa produtividade da cadeia produtiva da construção civil, existe a necessidade de aprimoramento nos processos de gerenciamento e relacionamento inter-organizacional, em especial na perspectiva do elo que detém a governança da cadeia para com seus fornecedores. A prática de seleção orientada pelo menor preço confere alto risco ao sistema, uma vez que não são avaliadas as capacidades do contratado de atender aos requisitos. A utilização de um método estruturado para avaliar e selecionar os fornecedores possui papel fundamental para uma gestão eficiente da cadeia de suprimentos. Para tanto, esse artigo fornece a explicitação das fases da gestão de relacionamento com os fornecedores, divididas em planejamento, pré-qualificação, seleção, controle e desenvolvimento. Ao gerenciar os parceiros de forma pró-ativa, considerando diversos fatores de desempenho, entre qualitativos e quantitativos, mitiga-se o risco de ruptura da cadeia por falhas do fornecedor. Neste sentido, foi construído um grupo de dimensões competitivas e seus respectivos sub-critérios para avaliar os fornecedores na etapa de seleção, aqueles avaliados como satisfatórios na fase de pré-qualificação. Como ponto forte desse conjunto de critérios, além da mitigação do risco do sistema, ressalta-se que a abrangência de fatores avaliados que proporciona flexibilidade de utilização, uma vez que a empresa pode reduzir atributos para situações menos estratégicas.

Para futuras pesquisas, sugere-se a utilização do grupo de critérios proposto combinado com métodos quantitativos e qualitativos, com a finalidade de modelar os dados e apoiar a decisão de seleção dos melhores fornecedores. Outra diretriz de pesquisa, é a exploração destas dimensões de modo a relacioná-las com famílias de fornecedores, criando estratégias para cada segmento de fornecedores através de um grupo de critérios que seja compatível com o seu grau estratégico.

3.6 Referências

- Akintoye, A., McIntosh, G., Fitzgerald, E. (2000). A survey of supply chain collaboration and management in the UK construction industry. *European Journal of Purchasing and Supply Management* 6 (3–4), 159–168. doi: 10.1016/S0969-7012(00)00012-5.
- Al-Harbi, K. M. A. S. (2001). Application of the AHP in project management. *International Journal of Project Management* 19 (1), 19–27. doi: 10.1016/S0263-7863(99)00038-1.
- Alhazmi, T., McCaffer, R. (2000). Project procurement system selection model. *Journal of Construction Engineering and Management* 126 (3), 176–184. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9364(2000)126:3(176).
- Amiri, M., Hadadi, B., Amirkhani, A. H., Izadbakhsh, H. (2008). Supplier Selection Via Principal Component Analysis: An Empirical Examination. *Journal of Applied Sciences* 8 (20), 3715–3720. doi: 10.3923/jas.2008.3715.3720.
- Banker, R. D., Khosla, I. S. (1995). Economics of operations management: A research perspective. *Journal of Operations Management* 12 (3–4), 423–435. doi: 10.1016/0272-6963(95)00022-K.
- Bechtel, C., Patterson, J. L. (1997). MRO partnerships: a case study. *International Journal of Purchasing and Materials Management* 33 (3), 18–23. doi: 10.1111/j.1745-493X.1997.tb00027.x.
- Bensaou, M. (1999). Portfolios of buyer–supplier relationships. *Sloan Management Review* 40 (4), 35–44.
- Briscoe, G., Dainty, A. (2005). Construction supply chain integration: an elusive goal? *Supply Chain Management: An International Journal* 10 (4), 319–326. doi: 10.1108/13598540510612794.
- Cagno, E., Di Giulio, A., Trucco, P. (2004). State-of-art and development prospects of e-procurement in the Italian engineering & contracting sector. *Project Management Journal* 35 (1), 24–29.

Chapman, C., Ward, S. (2003). *Project Risk Management: Process, Techniques and Insights*. Wiley & Sons, New York, NY.

Choi, T. Y., Hartley, J. L. (1996). An exploration of supplier selection practices across supply chain. *Journal of Operations Management* 14 (4) 333–343. doi: 10.1016/S0272-6963(96)00091-5.

Chopra, S., Meindl, P. (2007). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operations*. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.

Cooper, M. C., Ellram, L. M., Gardner, J. T., Hanks, A. M. (1997). Meshing Multiple Alliances. *Journal of Business Logistics* 18 (1), 67–89.

Corrêa, H. L. (2010). *Gestão de redes de suprimento: integrando cadeias de suprimento no mundo globalizado*. São Paulo: Atlas.

De Boer, L., Labro E., Morlacchi, P. (2001). A review of methods supporting supplier selection. *European Journal of Purchasing & Supply Management* 7 (2), 75–89. doi: 10.1016/S0969-7012(00)00028-9.

Dickson, G. W. (1966). An analysis of vendor selection systems and decisions. *Journal of Purchasing* 16 (2), 5–17.

Diekmann, J. E. (1981). Cost-plus contractor selection. *Journal of the Technical Councils ASCE* 107 (1), 13–25.

Elfving, J., Ballard, G. (2011). In search of lean suppliers – Structuring a preferred supplier program. *Proceedings of the 19th Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 13–15 July 2011, Lima, Peru, 125–134.

Elfving, J., Ballard, G. (2013). In search of lean suppliers – reporting on first steps in supplier development. *Proceedings of the 21st Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 31–02 July–August 2013, Fortaleza, Brasil, 135–143.

Fong, P. S. W., Choi, S. K. Y. (2000). Final contractor selection using the analytical hierarchy process. *Construction Management and Economics* 18 (5), 547–557. doi: 10.1080/014461900407356.

Franks, J. (1990). *Building Procurement Systems – A Guide to Building Project Management*. Chartered Institute of Building, Ascot, UK.

Gibb, A.G.F., Isack, F. (2001). Client drivers for construction projects: implication for standardisation. *Engineering, Construction and Architectural Management* 8 (1), 46–58. doi: 10.1108/eb021169.

Giunipero, L. C., Eltantawy, R. A. (2004). Securing the upstream supply chain: a risk management approach. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management* 34 (9), 698–713. doi: 10.1108/09600030410567478.

Goldratt E. M., Cox, J. (1984). *The Goal*. Croton-on-Hudson, NY. North River Press.

Gosling, J., Naim, M. M. (2009). Engineer-to-order supply chain management: A literature review and research agenda. *International Journal of Production Economics* 122 (2), 741–754. doi: 10.1016/j.ijpe.2009.07.002.

Gosling, J., Hewlett, B., Naim, M. (2011). A framework for categorising engineer-to-order construction projects. In: Egbu, C. and Lou, E.C.W. (Eds.) *Proceedings 27th Annual ARCOM Conference*, 5-7, September 2011, Bristol, UK, Association of Researchers in Construction Management, 995–1004.

Gosling, J., Naim, M. M., Towill, D. R. (2012). A supply chain flexibility framework for engineer-to-order systems. *Production Planning & Control* 24 (7), 552–556. doi: 10.1080/09537287.2012.659843.

Gosling, J., Naim, M., Towill, D. (2013). Identifying and Categorizing the Sources of Uncertainty in Construction Supply Chains. *Journal of Construction Engineering and Management* 139 (1), 102–110. doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000574.

Handfield, R. B., Krause, D. R., Scannell, T. V., Monczka, R. M. (2000). Avoid the pitfalls in supplier development. *Sloan Management Review* 41 (2), 37–49.

Hatash, Z., Skitmore, M. (1997). Assessment and evaluation of contractor data against client goals using PERT approach. *Construction Management Economics* 15 (4), 327–340. doi: 10.1080/014461997372881.

Hayes, R. H., Wheelwright, S. C. (1979). Link manufacturing process and product life cycles. *Harvard of Business Review* 57 (1) 133–140.

Hendricks, K. B., Singhal, V. R. (2003). The effect of supply chain glitches on shareholder wealth. *Journal of Operations Management* 21 (5), 501–522. doi: 10.1016/j.jom.2003.02.003.

Ho, W., Xu, X., Dey, P.K. (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: a literature review. *European Journal of Operational Research* 202(1), 16–24. doi: 10.1016/j.ejor.2009.05.009.

Ho, W., Dey, P. K., Lockström, M. (2011). Strategic sourcing: A combined QFD and AHP approach in manufacturing. *Supply Chain Management: An International Journal* 16 (6), 446–461. doi: 10.1108/13598541111171093.

Holt, G. D. (1998). Which contractor selection methodology? *International Journal of Project Management* 16 (3), 153-164. doi: 10.1016/S0263-7863(97)00035-5.

Hong, G. H., Park, S. C., Jang, D. S., Rho, H. M. (2005). An effective supplier selection method for constructing a competitive supply relationship. *Expert Systems with Applications* 28 (4), 629–639. doi: 10.1016/j.eswa.2004.12.020.

Hood, J., Young, P. (2005). Risk financing in UK local authorities: is there a case for risk pooling? *International Journal of Public Sector Management* 18 (6), 563–578. doi: 10.1108/09513550510616779.

Hosny, O., Nassar, K., Esmail, Y. (2013). Pre-qualification of Egyptian construction contractors using fuzzy-AHP models. *Engineering, Construction and Architectural Management* 20 (4), 381–405. doi: 10.1108/ECAM-09-2011-0088.

Hsu, C. C., Kannan, V. R., Leong, G. K., Tan, K. C. (2006). Supplier selection construct: instrument development and validation. *The International Journal of Logistics Management* 17 (2), 213–239. doi: 10.1108/09574090610689961.

Jahnukainen, J., Lahti, M. (1999). Efficient purchasing in make-to-order supply chains. *International Journal of Production Economics* 59 (1–3), 103–111. doi: 10.1016/S0925-5273(98)00231-X.

- Khan, O., Burnes, B. (2007). Risk and supply chain management: creating a research agenda. *International Journal of Logistics Management*, The 18 (2), 197–216. doi: 10.1108/09574090710816931.
- Khosrowshahi, F. (1999). Neural network model for contractors' prequalification for local authority projects. *Engineering, Construction and Architectural Management* 6 (3), 315–328. doi: 10.1108/eb021121.
- Kraljic, P. (1983). Purchasing must become supply management. *Harvard Business Review* 61, 109–117.
- Kumaraswam, M., Palaneeswaran, E. (2000). Selection matters – in construction supply chain optimisation. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 30 (7–8), 661–680. doi: 10.1108/09600030010346431.
- Kumaraswamy, M., Dissanayaka, S. (2001). Developing a decision support system for building project procurement. *Building and Environment* 36 (3), 337–349. doi: 10.1016/S0360-1323(00)00011-1.
- Lam, K. C., Ng, T., Hu, T. S., Skitmore, M., Cheung, S. O. (2000). Decision support system for contractor prequalification-artificial neural network model. *Journal of Engineering Construction and Architectural Management* 7 (3), 251–266. doi: 10.1108/eb021150.
- Lam, K. C., Hu, T. S., Ng, S. T., Skitmore, M., Cheung, S. O. (2001). A fuzzy neural network approach for contractor prequalification. *Journal of Construction Management and Economics* 19 (2), 175–188. doi: 10.1080/01446190150505108.
- Lam, K. C., Hu, T. S., Ng, S. T. (2005). Using the principal component analysis method as a tool in contractor pre-qualification. *Journal of Construction Management and Economics* 23 (7), 673–684. doi: 10.1080/01446190500041263.
- Lam, K. C., Palaneeswaran, E., Yu, C. Y. (2009). A support vector machine model for contractor prequalification. *Automation in Construction* 18 (3), 321–329. doi: 10.1016/j.autcon.2008.09.007.

- Lam, K. C., Lam, M. C., Wang, D. (2010). Efficacy of Using Support Vector Machine in a Contractor Prequalification Decision Model. *Journal of Computing in Civil Engineering* 24 (3), 273–280. doi: 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000030.
- Lambert, D., Cooper, M., Pagh, J. (1998). Supply chain management: implementation issues and research opportunities. *International Journal of Logistics Management* 9 (2), 1–20. doi: 10.1108/09574099810805807.
- Lasch, R., Janker, C. G. (2005). Supplier selection and controlling using multivariate analysis. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 35 (6), 409–425. doi: 10.1108/09600030510611648.
- Liu, B., Song, Y. (2009). Research on strategic supplier selection of supply chain based on Principal Component Analysis. *Chinese Control and Decision Conference*, June 17–19, 986–989. doi:10.1109/CCDC.2009.5192815.
- Love, P. E. D., Irani, Z., Edwards, D. J. (2004). A seamless supply chain management model for construction. *Supply Chain Management: An International Journal* 9 (1), 43–56. doi: 10.1108/13598540410517575.
- Luu, D. T., Ng, S. T., Chen, S. E. (2003). Parameters governing the selection of procurement system – an empirical survey. *Engineering, Construction and Architectural Management* 10 (3), 209–218. doi: 10.1108/09699980310478458.
- Mandal, A., Deshmukh, S. G. (1994). Vendor selection using Interpretive Structural Modelling (ISM). *International Journal of Operations and Production Management* 14 (6), 52–59. doi: 10.1108/01443579410062086.
- Masi, D., Micheli, G. J. L., Cagno, E. (2013). A meta-model for choosing a supplier selection technique within an EPC company. *Journal of Purchasing and Supply Management* 19 (1), 5–15.
- Masterman, J. W. E. (1992). *An Introduction into Building Procurement Systems*. E&FN Spon, London, UK.
- Micheli, G. J. L. (2008). A decision-maker-centred supplier selection approach for critical supplies. *Management Decision* 46 (6), 918–932. doi: 10.1108/00251740810882671.

- Micheli, G. J. L., Cagno, E., Di Giulio, A. (2009). Reducing the total cost of supply through risk-efficiency-based supplier selection in the EPC industry. *Journal of Purchasing and Supply Management* 15 (3), 166–177. doi: 10.1016/j.pursup.2009.05.001.
- Micheli, G. J. L., Cagno, E., Zorzini, M. (2008). Supply risk management vs supplier selection to manage the supply risk in the EPC supply chain. *Management Research News* 31 (11), 846–866. doi: 10.1108/01409170810913042.
- Mitchell, V. W. (1995). Organisational risk perception and reduction: a literature review. *British Journal of Management* 6 (2), 115–133. doi: 10.1111/j.1467-8551.1995.tb00089.x.
- Mudambi, R., Schrunder, C. P. (1996). Progress towards buyer–supplier partnerships: evidence from small and medium-sized manufacturing firms. *European Journal of Purchasing and Supply Management* 2 (2–3), 119–127. doi: 10.1016/0969-7012(96)00001-9.
- Naim, M. M., Gosling, J. (2011). On leanness, agility and leagile supply chains. *International Journal of Production Economics* 131 (1), 342–354. doi:10.1016/j.ijpe.2010.04.045.
- Narasimhan, R., Srinivas, T., Mendez, D. (2001). Supplier evaluation and rationalization via data envelopment analysis: an empirical examination. *The Journal of Supply Chain Management: A Global Review of Purchasing and Supply* 37 (3), 28–37. doi: 10.1111/j.1745-493X.2001.tb00103.x.
- Newman, W. R., Hanna, M., Maffei, M. J. (1993). Dealing with the uncertainties of manufacturing: flexibilities, buffers and integration. *International Journal of Operations & Production Management* 13 (1), 19–34. doi: 10.1108/01443579310023972.
- Ng, S. T., Skitmore, R. M. (1999). Client and consultant perspectives of prequalification criteria. *Building and Environment* 34 (5), 607–621. doi:10.1016/S0360-1323(98)00050-X.
- O'Brien, W. J., Formoso, C. T., Vrijhoef, R., London, K. A. (2009). *Construction supply chain management handbook*, CRC Press, Boca Raton.
- Olhager, J. (2003). Strategic positioning of the order penetration point. *International Journal of Production Economics* 85 (3), 319–329. doi: 10.1016/S0925-5273(03)00119-1.
- Olsen, R. F., Ellram, L. M. (1997). A portfolio approach to supplier relationships. *Industrial Marketing Management* 26 (2), 101–113. doi: 10.1016/S0019-8501(96)00089-2.

Palaneeswaran, E., Kumaraswamy, N., Thomas, M. R. (2003). Curing congenital construction industry disorders through relationally integrated supply chains. *Building and Environment* 38 (4), 571–582. doi: 10.1016/S0360-1323(02)00188-9.

Parker, D., Hartley, K. (1997). The economics of partnership sourcing vs. adversarial competition: a critique. *European Journal of Purchasing & Purchasing Management* 3 (2), 115–125. doi: 10.1016/S0969-7012(97)00004-X.

Petroni, A., Braglia, M. (2000). Vendor selection using principal component analysis. *Journal of Supply Chain Management* 36 (1), 63–69. doi: 10.1111/j.1745-493X.2000.tb00078.x.

Porter, K., Little, D., Peck, M., Rollins, R. (1999). Manufacturing classifications: relationships with production control systems. *Integrated Manufacturing Systems* 10 (4), 189–199. doi: 10.1108/09576069910280431.

Rodrigues, V. S., Stantchev, D., Potter, A., Naim, M., Whiteing, A. (2008). Establishing a transport operation focused uncertainty model for the supply chain. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management* 38 (5), 388–411. doi: 10.1108/09600030810882807.

Saad, M., Jones, M. (1999). The role of main contractors in developing customer focus up and down construction's supply chain. *Proceedings of the 8th International Annual Conference of the International Purchasing and Supply Education and Research*, Dublin, March 29-31.

Sarkar, A., Mohapatra, P. K. J. (2006). Evaluation of supplier capability and performance: a method for supply base reduction. *Journal of Purchasing & Supply Management* 12 (3), 148–163. doi: 10.1016/j.pursup.2006.08.003.

Selldin, E., Olhager, J. (2007). Linking products with supply chains: testing Fisher's model. *Supply Chain Management: An International Journal* 12 (1), 42–51. doi:10.1108/13598540710724392.

Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., Simchi-Levi, E. (2003). *Cadeia de Suprimentos: Projeto e Gestão*. Porto Alegre: Bookman.

Slack, N. (1991). *The Manufacturing Advantage*, Mercury Books, London.

- Smeltzer, L. R., Siferd, S. P. (1998). Proactive supply management: the management of risk. *International Journal of Purchasing and Material Management* 34 (1), 38–45. doi: 10.1111/j.1745-493X.1998.tb00040.x.
- Snider, H. (1991). Risk management: a retrospective view. *Risk Management* 38 (4), 47–54.
- Souza, D. V. S., Koskela, L. (2013). Practices for designing and improving construction supply chain management. *Proceedings of the 21st Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 31–02 July–August 2013, Fortaleza, Brasil, 155–164.
- Swafford, P. M., Ghosh, S., Murthy, N. N. (2006). A framework to assess value chain agility. *International Journal of Operations & Production Management* 26 (2), 118–140. doi: 10.1108/01443570610641639.
- Swift, C. O. (1995). Preferences for single sourcing and supplier selection criteria. *Journal of Business Research* 32 (2), 105–111. doi: 10.1016/0148-2963(94)00043-E.
- Talluri, S., Narasimhan, R. (2004). A methodology for strategic sourcing. *European Journal of Operational Research* 154 (1), 236–250. doi: 10.1016/S0377-2217(02)00649-5.
- Tang, C., Tomlin, B. (2008). The power of flexibility for mitigating supply chain risks. *International Journal of Production Economics* 116 (1), 12–27. doi: 10.1016/j.ijpe.2008.07.008.
- Turner, A., 1990. *Building Procurement*. Macmillan Surveying Series, London, UK.
- Vachon, S., Halley, A., Beaulieu, M. (2009). Aligning competitive priorities in the supply chain: the role of interactions with suppliers. *International Journal of Operations & Production Management* 29 (4), 322–340. doi:10.1108/01443570910945800.
- Van der Vaart, J. T., De Vries, J., Wijngaard, J. (1996). Complexity and uncertainty of materials procurement in assembly situations. *International Journal of Production Economics* 46–47, 137–152. doi: 10.1016/0925-5273(95)00193-X.
- Weber, C. A., Current, J. R., Benton, W. C. (1991). Vendor selection criteria and methods. *European Journal of Operational Research* 50 (1), 2–18. doi: 10.1016/0377-2217(91)90033-R.

Weele, A. V. (1994). *Purchasing Management – Analysis, Planning and Practice*. Chapman & Hall, London.

Wheelwright, S. C. (1984). Manufacturing strategy: defining the missing link. *Strategic Management Journal* 5 (1), 77–91. doi: 10.1002/smj.4250050106.

Wilson, E. (1994). The relative importance of supplier selection criteria: A review and update. *International Journal of Purchasing and Materials Management* 30 (2), 34-41. doi: 10.1111/j.1745-493X.1994.tb00195.x.

Wu, T., Blackhurst, J., Chidambaram, V. (2006). A model for inbound supply risk analysis. *Computers in Industry* 57 (4), 350–365. doi: 10.1016/j.compind.2005.11.001.

Yang, Z., Xu, Q., Qiu, X., Wang, H. (2008). An Applied Study on the Method for Supplier Selection with PCA and ELECTRE. *Service Operations and Logistics, and Informatics, 2008. IEEE/SOLI 2008. October 12-15, Beijing, 2151–2156.* doi: 10.1109/SOLI.2008.4682890.

Yeo, K. T., Ning, J. H. (2002). Integrating supply chain and critical chain concepts in engineer-procure-construct (EPC) projects. *International Journal of Project Management* 20 (4), 253–262. doi: 10.1016/S0263-7863(01)00021-7.

Zsidisin, G. A., Ellram, L. M. (2003). An agency theory investigation of supply risk management. *Journal of Supply Chain Management* 39 (3), 15–27. doi: 10.1111/j.1745-493X.2003.tb00156.x.

Zsidisin, G. A., Panelli, A., Upton, R. (2000). Purchasing organization involvement in risk assessments, contingency plans, and risk management: an exploratory study. *Supply Chain Management: An International Journal* 5 (4), 187–198. doi: 10.1108/13598540010347307.

4 Artigo Três: Sistemática Fuzzy-PCA para seleção de fornecedores na indústria da construção civil

Juliano Denicol^{a*}, Ricardo A. Cassel^a, Alessandro Kahmann^a, Michel J. Anzanello^a, Diego Vinicius Souza de Souza^b

^a Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), BR.

^b College of Science & Technology, School of the Built Environment, University of Salford, UK.

*Autor para contato: juliano_denicol@hotmail.com

Resumo

Atualmente, com a globalização e o aumento das terceirizações, a competição ocorre entre cadeias de suprimentos, o que eleva a relevância do processo de aquisição para a competitividade das empresas. Os suprimentos representam um percentual significativo dos custos das construções, 60%, dado que demonstra o potencial de lucratividade passível de ser atingida ao estruturar uma gestão estratégica de suprimentos na construção civil. Nesse contexto, o processo de seleção de fornecedores está diretamente relacionado com a redução de custos globais dos projetos, sendo uma área central dentro da gestão de operações, crítica para o sucesso da gestão da cadeia de suprimentos e para a competitividade sustentável das organizações. O objetivo deste artigo é propor uma abordagem multicriterial de auxílio à tomada de decisão no processo de seleção de fornecedores da construção civil. É proposto um artefato resultante da combinação de dois métodos, Teoria dos Conjuntos Difusos (TCD) e Análise de Componentes Principais (ACP), que permite a entrada de informações oriundas das avaliações de diversos agentes. Através da ACP são geradas coordenadas para cada fornecedor, as quais são comparadas com as de um fornecedor ótimo, gerando-se um *ranking* dos melhores fornecedores através da menor distância euclidiana ao fornecedor ideal. Para validação, é ilustrada a aplicação do modelo no contexto brasileiro em uma construtora de grande porte para a escolha do melhor fornecedor de um material crítico dentre sete alternativas. As principais contribuições desta sistemática são: a quantificação estruturada de dados de entrada qualitativos considerando a imprecisão, a geração automática de pesos para os critérios reduzindo a subjetividade do processo e a disponibilidade de informações do desempenho dos fornecedores para a criação de uma estrutura de *feedback* que suporte a melhoria contínua dos mesmos.

Palavras-Chave: Gestão da cadeia de suprimentos; Seleção de fornecedores; Teoria dos conjuntos difusos; Análise de componentes principais; Indústria da construção civil.

Abstract

Globalization and increased outsourcing has led to fierce competition between supply chains. Such competition drew attention to the procurement process and its implications as an enabler of competitive advantage. In the construction industry, building materials and subcontractors represent a significant share, 60% of the overall construction costs. Therefore, the development of structured approaches for managing procurement in the construction industry presents itself as a potential means for reducing costs, and ultimately for increasing profitability. Supplier selection, a relevant area within procurement and supply chain management, has considerable direct and indirect effects on overall project costs, and consequently in achieving increased competitiveness. This paper aims at proposing a multi-criteria approach for supporting supplier selection decision making in construction supply chains. The proposed approach is based on an artefact resulting from the combination of two methods, Fuzzy Set Theory (FST) and Principal Component Analysis (PCA), which enables the input of information from different parties. For validation purposes, an implementation of the proposed approach was conducted in one of the major Brazilian contractors. Such implementation aimed at selecting the best provider of a determined critical material among seven different suppliers. The main contributions of this study are (i) the structured transformation of qualitative inputs, despite their inaccuracy, into quantitative entry data, (ii) the non-biased automatic generation of weights for criteria to be included in the model, and (iii) the availability of suppliers' performance information that enables long-term feedback, benchmarking, and continuous improvement in construction supply chains.

Keywords: Supply chain management; Supplier selection; Fuzzy Set Theory; Principal Component Analysis; Construction industry.

4.1 Introdução

Historicamente, a indústria da construção sempre observou e adaptou as melhores práticas de gestão a partir de outros setores industriais, com destaque para a manufatura automotiva a partir da qual foi derivado o *Lean Construction* (KOSKELA, 2000). Após os relatórios de Latham (1994) e Egan (1998) sobre a construção no Reino Unido, o setor foi estimulado a considerar com maior ênfase os conceitos de gestão da cadeia de suprimentos, implantada com sucesso em indústrias como a varejista (HOLLIS, 1996). Lambert et al. (1988), no cenário da manufatura, e O'Brien et al. (2009), no contexto da construção, apontaram a área de gestão da cadeia de suprimentos como a que possui maior potencial para a redução de custos, através da integração e do gerenciamento adequado dos relacionamentos com os parceiros de negócios, desde fornecedores até o usuário final.

O setor da construção é caracterizado pela fragmentação dos seus agentes especialistas, projetos singulares sob medida e cadeias de suprimentos temporárias orientadas aos projetos. Desta forma, a gestão da cadeia de suprimentos pode contribuir para melhorar as práticas desta indústria, uma vez que as empresas passam a analisar o negócio e tomar decisões de forma sistêmica, consolidando as demandas (TOMMELEIN et al., 2009). Segundo Gosling e Naim (2009), as características de cadeias *Engineer-to-Order* (ETO), como a da construção, são significativamente diferentes das *Make-to-Stock* (MTS), que possuem ambientes mais estáveis, configurando uma área de pesquisa das cadeias ETO ainda imatura e com necessidade de desenvolvimento.

Os fornecedores de materiais são responsáveis por uma parcela elevada dos custos totais dos projetos de construção, de 60%, sendo os demais distribuídos em 20% para a mão de obra, 10% para os equipamentos principais e 10% para o projeto (KOCH e LARSEN, 2006). Nesse contexto, o processo de seleção de fornecedores está diretamente relacionado com a redução de custos globais dos projetos, sendo uma área central dentro da gestão de operações, crítica para o sucesso da gestão da cadeia de suprimentos e para a competitividade sustentável das organizações (BANKER e KHOSLA, 1995; HO et al., 2011; SETAK et al., 2012). A seleção de fornecedores pode ser considerada um problema multicriterial no qual devem ser avaliados fatores qualitativos e quantitativos para a tomada de decisão final, onde a política de seleção baseada somente no menor preço não é mais aceitável. Os estudos de métodos multicriteriais para o processo de aquisição evidenciam o início da conscientização do setor da construção de que adotar o menor custo local não proporciona o menor custo global do projeto. Uma

extensiva revisão dos métodos empregados no processo de seleção pode ser encontrada nos trabalhos de De Boer et al. (2001), Ho et al. (2010), Holt (1998) e Weber et al. (1991).

Este artigo fornece uma metodologia para seleção dos melhores fornecedores através do uso de Teoria dos Conjuntos Difusos (TCD), e Análise de Componentes Principais (ACP). A sistemática, fundamentada na simplicidade de aplicação e objetividade, visa eliminar a subjetividade, oriunda da interferência dos tomadores de decisão, conferir pesos aos critérios automaticamente e elevar a acuracidade da análise ao eliminar a multicolinearidade entre os mesmos.

Na sequência desta introdução, há uma seção de revisão sobre TCD e ACP. Na próxima seção, o artefato desenvolvido é descrito e explicitado matematicamente. Na seção seguinte são apresentados os resultados da aplicação do modelo no caso proposto e as discussões. Por fim, as conclusões são relatadas bem como as recomendações para futuras pesquisas.

4.2 Revisão da Literatura

Nesta seção será feito um aprofundamento teórico em relação aos métodos estatísticos utilizados, Teoria dos Conjuntos Difusos e Análise de Componentes Principais, com a finalidade de permitir a sua compreensão conceitual e matemática, e fundamentar a utilização destes no método proposto.

4.2.1 Teoria dos Conjuntos Difusos (TCD)

A Teoria dos Conjuntos Difusos (TCD) foi proposta inicialmente por Zadeh (1965), que observou através de suas pesquisas que a tecnologia não era capaz de lidar com informações ambíguas, sendo incapaz de automatizar processos industriais de diversas cadeias produtivas que não fossem oriundos da lógica booleana. Os conceitos matemáticos da lógica difusa e a TCD em si têm sido aplicados em diversos ambientes para representar incerteza ou flexibilidade de informação, como programação, engenharia de controle, finanças, processos biológicos, sistemas embarcados e gestão da produção. O Japão, na década de 80, foi pioneiro em explorar a adequação desta lógica em produtos para usuários finais como câmeras de filmar, máquinas de lavar e televisores. A literatura aponta o trabalho de Mamdani e Assilam (1975) como o primeiro a aplicar TCD para controle de processos. Esta teoria é estruturada de forma a lidar de maneira precisa com dados e informações linguísticas, qualitativas, vagas e

imprecisas baseando-se em aproximações para realizar o processo de quantificação destes dados subjetivos (HOSNY et al., 2013).

A seleção de fornecedores no ambiente da construção geralmente acontece em um ambiente difuso, uma vez que cada exercício de seleção é uma operação singular e, portanto, diferente e descontínua. Diversos autores sugerem a utilização da TCD para modelar a incerteza e imprecisão no processo de seleção de fornecedores (CHEN et al., 2006; FLOREZ-LOPEZ, 2007; SARKAR e MOHAPATRA, 2006).

Setak et al. (2012) realizaram uma ampla revisão sobre aplicação da TCD. Os períodos de 2000-2005 e 2006-2009 foram analisados e constatou-se que a aplicação da TCD cresceu significativamente no último período com 31 publicações contra 4 do primeiro intervalo. Os autores salientaram que estes números tendem a continuar crescendo nos próximos anos, em função da maior difusão da teoria e do conhecimento de suas possíveis aplicações combinadas com outros métodos.

A aplicação de TCD no contexto de fornecedores pode ser vista na pesquisa de Nguyen (1985), que a implementou para avaliar e selecionar fornecedores baseados no custo, apresentação das informações solicitadas na licitação e na sua experiência. Já Lam et al. (2001) combinaram TCD com modelos não-lineares, resultando em uma técnica híbrida de TCD–Redes Neurais (RN), com resultados superiores ao de aplicar somente RN na mesma amostra de dados. Kwong et al. (2002) aplicaram uma modelagem de sistemas difusos para fornecer uma abordagem mais humana para resolver o problema da avaliação de fornecedores e Degraeve et al. (2004) caracterizaram qualidade, orçamento e demanda como variáveis difusas dentro do problema de seleção de fornecedores e colocação de pedido.

O uso da lógica baseada em premissas e conclusões oriunda da filosofia da civilização grega, a qual assume o uso de números exatos para expressar as preferências e percepções dos humanos envolvidos no processo de julgamento não parecia adequado, uma vez que não captava a imprecisão contida nestas avaliações, logo, a TCD foi desenvolvida para preencher esta lacuna. A tradução das expressões e preferências humanas para uma linguagem quantitativa que possa ser interpretada por computadores possui um grande valor prático, uma vez que torna-se possível considerar de forma estruturada a experiência dos especialistas em processos decisórios complexos (VAN DER VORST e BEULENS, 2002; ZADEH, 1999; ZIMMERMAN, 1983).

A Teoria Clássica dos Conjuntos é aquela em que os conjuntos são definidos por números nítidos (*crisps*), ou seja, segue a lógica binária 0 ou 1, onde o domínio só pode ser totalmente verdadeiro ou totalmente falso. Portanto, ou um número pertence totalmente a um conjunto, no caso 1, ou não pertence de forma alguma, então 0, conforme equação 1.

$$f(x) = \begin{cases} 0, & \text{se } x \notin A \\ 1, & \text{se } x \in A \end{cases} \quad (1)$$

Já a TCD, considerada uma técnica de inteligência artificial, por ser uma abordagem mais próxima ao pensamento humano, considera que nem sempre os tomadores de decisão têm 100% de certeza a respeito de uma informação, logo um número pode ter altas chances de pertencer ao conjunto A e baixas de pertencer ao B, podendo ainda pertencer a ambos. Portanto, na lógica difusa não há elementos binários, mas um grau de pertencimento ou de verdade que varia de 0 a 1, conforme equação 2. O objetivo da TCD é considerar várias informações de entrada não precisas, ruidosas e com elementos faltantes para gerar uma variável de saída nítida (*crisp*).

$$\mu_A(x): X \rightarrow [0,1]; x \in X \quad (2)$$

Essas variáveis podem ser quantificadas através do estabelecimento de regras e intervalos associados a um conjunto, o qual pode ser determinado por funções de pertencimento com qualquer forma, sendo que as mais utilizadas são as trapezoidais e triangulares. Embora existam diversas funções (Gaussiana, Cauchy, Sigmóide, entre outras) que traduzem efetivamente a subjetividade, incerteza e imprecisão para números nítidos, a utilização de *Triangular Fuzzy Numbers* (TFN) usualmente é a primeira opção pela simplicidade de sua aplicação para os tomadores de decisão (DE BOER et al., 2001; HOSNY et al., 2013; KAHRAMAN, 2004).

Um exemplo de aplicação de TCD é a explicitação matemática de afirmações como: “O fornecedor A possui um desempenho médio no critério X”, onde a variável linguística *médio* denota incerteza e um intervalo associado de números possíveis para o desempenho do fornecedor, conforme a equação 3 e Figura 4.1. Considerando a variável médio, o fator de pertinência varia de 0 a 1 de acordo com a função triangular exemplificada, portanto assume-se que quanto mais perto do centro (*strongest bound – sb*), ou seja, de 0,5, mais próximo da pertinência total, logo, de 1. E quanto mais próximo dos limites inferior (*lower bound – lb*) e

superior (*upper bound* – ub), 0,25 e 0,75 respectivamente, mais perto da não pertinência, logo, de 0.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & \text{se } x \leq lb \\ \frac{x - lb}{sb - lb}, & \text{se } x \in [lb, sb] \\ \frac{ub - x}{ub - sb}, & \text{se } x \in [sb, ub] \\ 0, & \text{se } x \geq ub \end{cases} \quad (3)$$

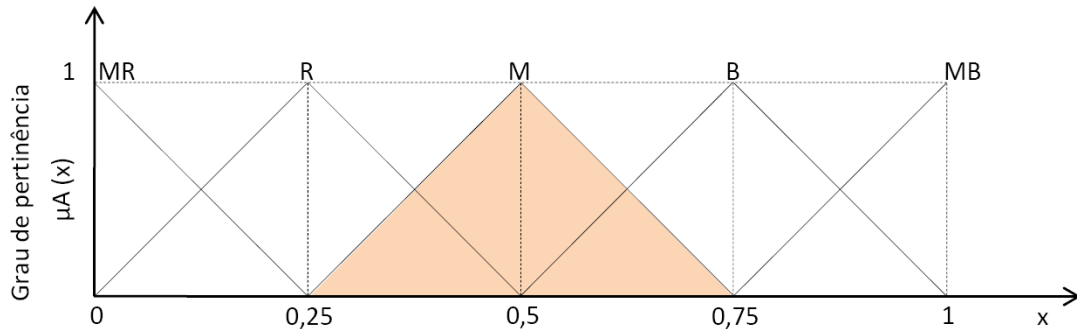


Figura 4.1: Representação dos *Triangular Fuzzy Numbers*, com a variável linguística Médio e seu intervalo (0,25; 0,50; 0,75) ressaltados. Fonte: Elaboração Própria.

Na sequência, é necessário aplicar um método de *desfuzzificação*, que tem a finalidade de gerar uma única variável de saída a partir de várias de entrada que já estão traduzidas em números *difusos* de acordo com as formas das funções de pertencimento. A *desfuzzificação* pode acontecer de diversas formas, entre elas: 1- Centróide, na qual utiliza-se o centro geométrico dos valores de saída; 2- Máximo, onde utiliza-se o ponto onde a função tem seu máximo; e 3- Média dos Máximos, onde calcula-se a média dos pontos com maior pertinência (HOLT, 1998; LAM et al., 2010).

4.2.2 Análise de Componentes Principais (ACP)

O desenvolvimento inicial da Análise de Componentes Principais (ACP) é atribuído ao trabalho de Pearson (1901), onde foram discutidas variáveis não-aleatórias, sendo as aleatórias discutidas posteriormente por Hotelling (1933). Em alguns campos de pesquisa a ACP é conhecida por outros nomes como, Transformação de Hotteling e Decomposição Ortogonal Adequada, sendo que ainda pode ser confundida com Análise Fatorial, dada a semelhança estrutural entre os dois métodos (MEHRJERDI, 2012; PETRONI e BRAGLIA, 2000).

A ACP é uma ferramenta estatística multivariada que é bastante utilizada para redução de dimensionalidade em banco de dados com múltiplas variáveis, a fim de facilitar a análise com custo benefício positivo entre tempo empregado e resultado obtido. Dado um banco de dados com variáveis $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_j)$, determina-se um grupo de novas variáveis de igual número às originais, chamadas de Componentes Principais $(t_1, t_2, t_3, \dots, t_j)$, onde cada Componente Principal é gerado através de diferentes transformações lineares de todas as variáveis originais, conforme equação 4. Em outras palavras, significa a projeção das variáveis originais em um novo espaço dimensional, onde as coordenadas são os componentes principais. Os componentes principais são responsáveis por traduzir a informação presente no banco de dados original, sob a perspectiva de menor perda de informação possível. Os componentes principais possuem nível de importância decrescente, o primeiro componente será responsável por explicar a maior parte da informação, por consequência terá um elevado autovalor, e o último componente, usualmente, não será capaz de explicar nada, tendo um autovalor igual a zero. Os autovalores podem ser expressos em forma percentual da quantidade de variância dos dados originais explicada por cada componente (LAM et al., 2005; LIU e SONG, 2009; WU et al., 2011).

$$t_i = \sum_{j=1}^J (w_{ij} * x_{ij}) \quad \text{where } i = 1, 2, \dots, J \quad (4)$$

Onde: t é o componente principal (ou score); W é o loading da variável x depois da transformação linear (os loadings indicam a importância de uma variável específica na geração de cada componente principal); J é o número de variáveis.

Além da redução de complexidade, justifica-se a criação destas novas variáveis pela possibilidade de haver multicolinearidade entre as variáveis originais, o que resulta em sobreposição de informações e consequente perda de acuracidade da análise e alta suscetibilidade ao erro. Em dados em que as variáveis interferem umas nas outras, é difícil distinguir quais contêm informações muito relevantes e quais não possuem significância para o estudo. Os componentes principais são variáveis com zero de correlação entre si, ou seja, seus vetores possuem característica de ortogonalidade em um novo plano dimensional (AMIRI et al., 2008; YANG et al., 2008).

A multicolinearidade é um fenômeno usual em regressões e ocorre quando variáveis explicativas, neste caso critérios para seleção dos fornecedores, são combinações lineares exatas ou aproximadas de outras variáveis, por exemplo, custo e qualidade podem ser

linearmente correlacionados, se a qualidade do item aumenta, o preço tende a aumentar para remunerar tal diferenciação. Em um contexto prático, um cenário em que as variáveis coletadas que formam a matriz original da amostra sejam ortogonais é praticamente impossível (HAIR et al., 2006; HATUSH e SKITMORE, 1997; LIU e SONG, 2009; RUSSEL et al., 1992). Poucos trabalhos têm considerado o problema da multicolinearidade entre os critérios de seleção de fornecedores, e raros são aqueles que propuseram modelos de suporte a decisão de seleção com objetivo de mitigar ou eliminá-lo. Lam et al. (2005) consideraram o fenômeno para criação de um *ranking* no processo de pré-qualificação de fornecedores, enquanto Lam et al. (2010a) o observaram para criar um modelo para a etapa de seleção. Ambas publicações utilizaram a ACP como técnica central para solucionar o problema.

Conforme levantado por Amiri et al. (2008) e Mehrjerdi (2012), a utilização de ACP em uma análise, após a redução de dimensionalidade, é útil para o ranqueamento de alternativas para fundamentar as decisões a serem tomadas. Os autores salientaram que já existem estudos sobre priorização de alternativas em diversos ambientes, tais como indústrias, universidades, bibliotecas, hospitais e cidades (AZADEH et al., 2002 e 2003; GAMESALINGAM e KUMAR, 2001; MARTIN e MORRIS, 1999; NAGAI e CHENG, 1997; ROSSI e THOMAS, 2001; WANG e DU, 2000; WOMACK e JONES, 1996).

Em relação à comparação com outros métodos, os estudos de LAM et al. (2000, 2001, 2005 e 2010a) chamam a atenção, uma vez que realizaram uma comparação da aplicação dos métodos ACP, RN e *Support Vector Machine* (SVM), em um mesmo banco de dados oriundo de autoridades locais da Inglaterra e da engenharia civil de Hong Kong. Ao longo dessa década de publicações, os autores concluíram que o valor total de erro absoluto ao aplicar SVM foi de 0%, o de RN foi de 2,38% e o da ACP foi de 7,23%. No entanto, considerando o tempo empregado, a simplicidade e a fácil interface para aplicação pelos tomadores de decisão, o método ACP foi considerado o mais adequado, ou seja, aceita-se a porcentagem de erro superior aos demais no intuito de usufruir dos benefícios já citados. Após esta conclusão, Lam et al. (2010b) expandiram o método escolhido em uma combinação com a abordagem *difusa* para seleção de fornecedores de materiais, publicação que serviu de inspiração para o desenvolvimento do presente trabalho. Diferentemente de Lam et al. (2010b), este estudo apresenta uma abordagem inédita através da inserção de um fornecedor ótimo hipotético, que serve de *benchmark* para a avaliação e ranqueamento dos fornecedores candidatos.

4.3 Sistemática proposta

Neste artigo, foi proposto um artefato cuja validação foi realizada através de um caso empírico. O modelo desenvolvido contém 10 etapas e abrange desde a definição de dimensões competitivas a serem avaliadas, passando pela aplicação de dois métodos estatísticos, TCD e ACP, até chegar no ranqueamento dos melhores fornecedores, conforme diagrama da Figura 4.2.

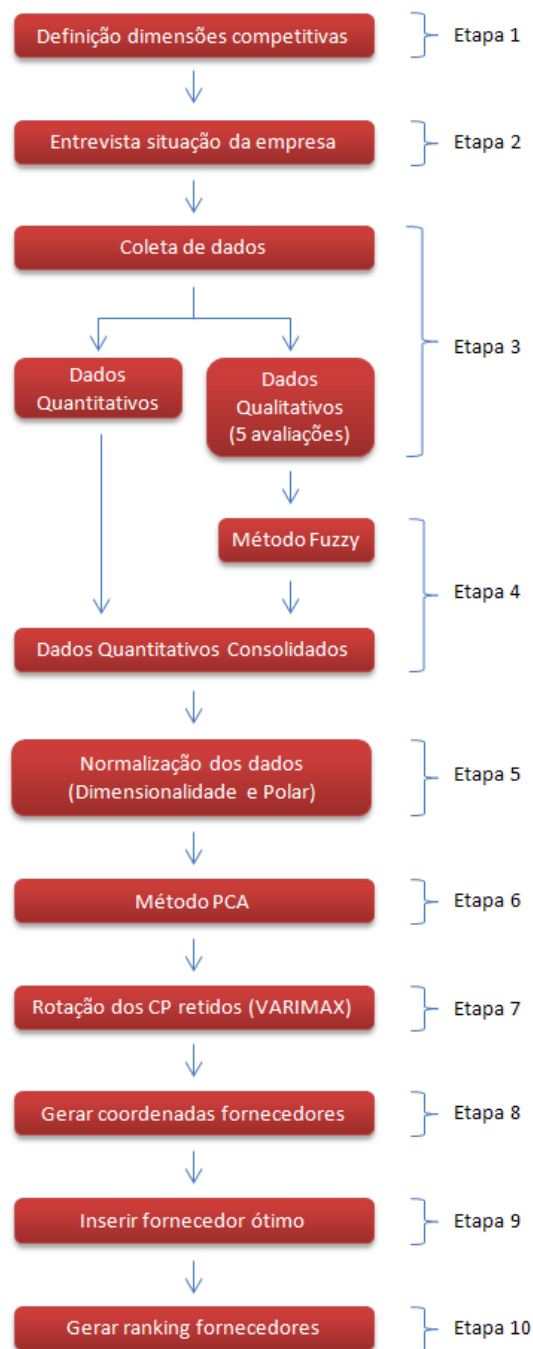


Figura 4.2: Artefato proposto para seleção de fornecedores. Fonte: Elaboração própria.

Etapa Um: Primeiramente, realiza-se uma revisão da literatura sobre as dimensões competitivas e seus impactos para as organizações e suas cadeias de suprimentos. Após, ocorre a validação das dimensões e seus respectivos sub-critérios através de entrevistas com a empresa.

Etapa Dois: São efetuadas entrevistas com a equipe de engenharia da empresa para verificar quais práticas de seleção de fornecedores são adotadas pela mesma para selecionar seus parceiros de negócio no mercado.

Etapa Três: Os dados quantitativos e qualitativos são coletados, sendo os quantitativos oriundos dos pedidos de cotação da equipe de engenharia e os qualitativos a partir da avaliação dos fornecedores pelos tomadores de decisão. Estes, geralmente expressam melhor seu conhecimento de mercado e experiência através de variáveis linguísticas, desta forma, propõe-se a avaliação dos dados qualitativos através de uma escala linguística de cinco pontos: Muito Ruim (MR), Ruim (R), Médio (M), Bom (B) e Muito Bom (MB). Os tomadores de decisão podem variar em quantidade, neste estudo foram escolhidos cinco tomadores de decisão que ocupavam diferentes cargos na hierarquia da empresa e atribuído um peso de confiabilidade ao julgamento de acordo com o nível ocupado e seu grau de conhecimento, conforme Tabela 4.1.

Tabela 4.1: *Triangular Fuzzy Numbers* associados às variáveis linguísticas para avaliação dos fornecedores e aos cargos dos tomadores de decisão. Fonte: Elaboração própria.

Variáveis Linguísticas	Triangular Fuzzy Numbers (TFN) (lb; sb; ub)	Cargos dos tomadores de decisão
MB - Muito Bom	(0,75; 1; 1)	Gerente
B - Bom	(0,50; 0,75; 1)	Coordenador
M - Médio	(0,25; 0,50; 0,75)	Analista Sênior
R - Ruim	(0; 0,25; 0,50)	Analista Pleno
MR - Muito Ruim	(0; 0; 0,25)	Analista Junior

Etapa Quatro: Aplica-se o método da TCD, o qual garante uma solução matemática precisa para lidar com a imprecisão e incerteza nas avaliações dos tomadores de decisão, como na definição de pesos aos critérios ou na determinação de notas para os fornecedores nas dimensões competitivas. As variáveis linguísticas e os cargos são transformados para os seus TFNs correspondentes, conforme Tabela 4.1, e a ponderação ocorre conforme equações 5, 6 e 7.

$$Vlb_{nj} = \sum_{td=1}^{TD} (Nota lb_{td} * Importância lb_{td}) / TD \quad (5)$$

$$Vsb_{nj} = \sum_{td=1}^{TD} (Nota sb_{td} * Importância sb_{td}) / TD \quad (6)$$

$$Vub_{nj} = \sum_{td=1}^{TD} (Nota ub_{td} * Importância ub_{td}) / TD \quad (7)$$

Onde: V é o valor de desempenho do fornecedor;

b é o limite em questão (*lower, strongest* ou *upper bound*) do TFN;

n é referente a um fornecedor;

j representa o critério;

Nota é o valor em TFN da nota do fornecedor dada pelo tomador de decisão;

td representa os tomadores de decisão, neste caso de 1 a 5;

Importância é o valor em TFN do peso do cargo do tomador de decisão td ;

TD é o número total de tomadores de decisão.

Neste ponto, após a transformação pelos TFNs, cada critério possui três valores de desempenho, relativos aos limites inferior, forte e superior, portanto é necessário a utilização de um método de *desfuzzyficação*, onde optou-se pelo método do centróide, pelo equilíbrio conferido, para a consolidação em uma único valor de saída, de acordo com a equação 8.

$$y_{nj} = (Vlb_{nj} + Vsb_{nj} + Vub_{nj}) / 3 \quad (8)$$

Onde: y_{nj} é o valor de desempenho consolidado do fornecedor n no critério j ;

Etapa Cinco: Antes da aplicação da ACP realiza-se a normalização dos valores das variáveis a serem analisadas. Esta normalização em muitos estudos segue a maneira mais usual, através do valor menos a média divididos pelo desvio padrão. Neste artigo será adotado o padrão utilizado por Lam et al. (2010b), o qual normalizou pela dimensionalidade, equação 9, e pela polaridade, equações 10 e 11. A normalização polar possui a finalidade de transformar os critérios onde os valores menores são melhores, como custo e entrega, em uma escala normalizada de 0 a 1, onde quanto maior o valor, melhor.

$$y'_{nj} = \frac{y_{nj}}{\bar{y}_j} \quad (9)$$

Onde: y_{nj} é o valor da variável do fornecedor n no critério j ;

\bar{y}_j é a média das variáveis do critério j .

Para os critérios nos quais quanto maior o valor melhor, foi aplicada a normalização polar máxima:

$$z_{nj} = \frac{y'_{nj}}{\max y'_j} \quad (10)$$

Onde: y'_{nj} é a variável normalizada pela dimensionalidade;

$\max y'_j$ é o valor máximo entre as variáveis do critério j .

Para os critérios nos quais quanto menor o valor melhor, foi aplicada a normalização polar mínima:

$$z_{nj} = \frac{\min y'_j}{y'_{nj}} \quad (11)$$

Onde: $\min y'_j$ é o valor mínimo entre as variáveis do critério j ;

y'_{nj} é a variável normalizada pela dimensionalidade.

Etapa Seis: O primeiro passo do método ACP consiste em verificar se o conjunto de dados normalizados possui correlação entre si, o que se observa através da realização de uma matriz de correlação de Pearson, gerada através da correlação entre os pares de variáveis e do teste de esfericidade de Bartlett. Este último é utilizado para testar se a matriz de correlação é uma matriz de identidade. Caso o resultado do teste seja negativo, prossegue-se a aplicação da análise multivariada, do contrário é necessário ampliar as possibilidades de métodos, uma vez que as variáveis não são correlacionadas. A análise de correlação traduz a relação entre duas variáveis lineares e terá seus valores entre -1 e 1, sendo a correlação negativa ou positiva, não correlacionadas ou perfeitamente correlacionadas.

Na sequência, é realizado o cálculo da ACP na matriz de dados normalizados, sendo que os mesmos possuem correlação entre si. Esta matriz conterá avaliação dos N fornecedores em J critérios, conforme Figura 4.3. Neste estudo, variáveis e critérios são considerados sinônimos. O cálculo pode ser realizado através de diversos *softwares* estatísticos presentes no mercado, sendo que os mais utilizados são o SPSS[®] e o MATLAB[®].

$$\begin{array}{c}
 \mathbf{s}_1 \\
 \mathbf{s}_2 \\
 \vdots \\
 \vdots \\
 \mathbf{s}_N
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 \mathbf{x}_1 & \mathbf{x}_2 & \mathbf{x}_3 & \dots & \mathbf{x}_J \\
 z_{11} & z_{12} & z_{13} & \dots & z_{1J} \\
 z_{21} & z_{22} & z_{23} & \dots & z_{2J} \\
 \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\
 \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\
 z_{N1} & z_{N2} & z_{N3} & \dots & z_{NJ}
 \end{bmatrix}$$

Figura 4.3: Matriz representando N fornecedores com critérios em quantidade J . Fonte: Elaboração própria.

Cada componente será composto por uma parcela, negativa ou positiva, dos critérios originais, sendo esta informação chamada de *loading* daquele determinado critério. Após a geração deste novo grupo de variáveis ortogonais, deve-se reter os primeiros componentes, que são responsáveis por explicar a maior parcela da variância. Para tanto, recomenda-se determinar os R componentes principais a serem retidos através da análise do *Scree Graph* (RENCHE, 2002).

Etapa Sete: Realiza-se uma rotação ortogonal nos componentes retidos, com o objetivo de tratar os dados para uma melhor interpretação. O método utilizado para a rotação é o VARIMAX, que tem por característica elevar os *loadings* que já forem grande e reduzir os pequenos (AMIRI et al., 2008; PETRONI e BRAGLIA, 2000).

Etapa Oito: De posse dos R componentes retidos rotacionados, geram-se as coordenadas dos fornecedores em cada componente. Primeiramente, encontra-se o coeficiente para cada critério em cada componente, através da multiplicação dos *loadings* contidos em cada componente pela variabilidade do componente em questão, de acordo com a equação 12. A seguir, para encontrar a coordenada de um fornecedor em um determinado componente, realiza-se o somatório da multiplicação entre os coeficientes dos critérios e seus valores originais, conforme equação 13.

$$c_r = w'_r * \lambda_r \quad (12)$$

Onde: c_r é o peso de cada critério;

r é o componente retido em análise;

w'_r é o valor do *loading* rotacionado de cada critério;

λ_r é o quanto o componente retido r explica da variância.

$$score_{nr} = \sum_{n=1}^N (z_{nj} * c_{rj}) \quad (13)$$

Onde: $score_{nr}$ é o valor do fornecedor n no componente retido r ;

z_{nj} é o valor original do critério no fornecedor n .

Etapa Nove: A questão de como determinar se um fornecedor é superior ao outro foi resolvida pela inserção de um fornecedor ótimo, que possui máximo desempenho em todos os critérios, gerando uma coordenada ótima.

Etapa Dez: Por fim, gera-se um ranking onde o melhor fornecedor será aquele possuir a menor distância euclidiana em relação ao ponto em que fornecedor ideal está plotado, conforme equação 14.

$$d_n = \sqrt{\sum_{r=1}^R (score_{nr} - score_{or})^2} \quad (14)$$

Onde: d_n é a distância do fornecedor n ao fornecedor ótimo;

$score_{nr}$ é o valor do fornecedor n no componente retido r ;

$score_{or}$ é o valor do fornecedor ótimo no componente retido r .

4.4 Caso analisado

A empresa selecionada para aplicação do artefato desenvolvido é uma construtora brasileira de grande porte, que marca presença com suas obras em 4 das 5 regiões do país. Esta companhia é reconhecida nacionalmente por sua excelência e já ganhou diversos prêmios de qualidade, sendo considerada uma exceção no contexto da construção civil brasileira. Para corroborar esta afirmação, a visão diferenciada de negócio da empresa a conduziu até a realização de uma *joint venture* com uma companhia alemã análoga, com a finalidade de consolidar ainda mais seu diferencial de mercado no Brasil e iniciar uma expansão internacional.

Etapa Um: Englobou a formulação das dimensões competitivas e dos sub-critérios que as compõem, a qual realizou-se através de revisão da literatura sobre seleção de fornecedores, considerando publicações desde Dickson (1966), e estudos posteriores de atualização do estado da arte. Após a revisão, através de validação com a empresa, consolidaram-se 8 dimensões competitivas que são explicitadas em 16 sub-critérios, segundo ilustra a Figura 4.4.

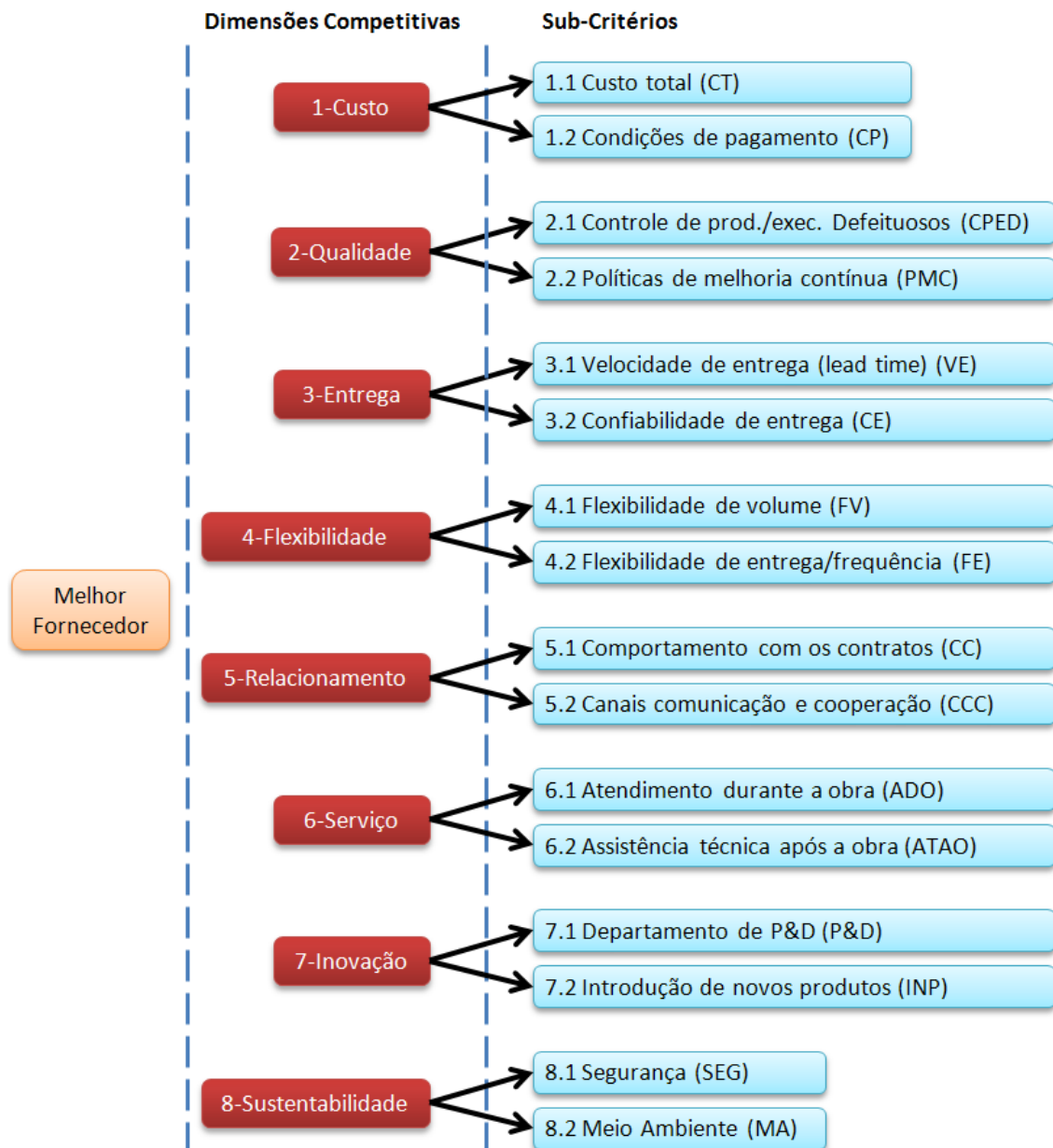


Figura 4.4: Dimensões competitivas e sub-critérios. Fonte: Elaboração própria.

Etapa Dois: Foram realizadas entrevistas com gerentes e analistas da construtora para verificar a situação atual da empresa em relação aos procedimentos para seleção de fornecedores. Constatou-se que a companhia fazia uso das práticas correntes no mercado, de selecionar pelo menor preço sem considerar outros fatores. Através da convergência de opiniões da equipe da construtora, definiu-se um material com alta criticidade para a empresa afim de aplicar a sistemática de seleção fornecedores desenvolvida, a qual os avalia considerando as dimensões e sub-critérios selecionados.

Etapa Três: Realizou-se a coleta dos dados a partir de 7 fornecedores deste material, de forma quantitativa e qualitativa. Os dados quantitativos foram oriundos das cotações solicitadas pela equipe de engenharia da construtora, sendo Custo Total (CT), Condições de Pagamento (CP) e Velocidade de Entrega (VE). Os dados qualitativos compreendem os demais sub-critérios e foram avaliados pelos tomadores de decisão por meio de variáveis linguísticas, de acordo com a Tabela 4.1.

Etapa Quatro: Aplicou-se o método da Teoria dos Conjuntos Difusos, com o objetivo de quantificar as variáveis linguísticas subjetivas que os tomadores de decisão atribuíram aos fornecedores nos respectivos critérios. Nesta etapa, as avaliações das variáveis de desempenho e os cargos dos tomadores de decisão foram traduzidas para os TFNs, conforme Tabela 4.1, e realizada a ponderação do julgamento pela importância do cargo, de acordo com as equações 5, 6 e 7. Após a ponderação, cada critério apresentava três valores, originados dos limites inferior, forte e superior, desta forma foi utilizado o método de *desfuzzyficação* do centróide para extrair um único valor nítido para aquele critério, de acordo com a equação 8.

Etapa Cinco: Os dados foram normalizados pela dimensionalidade, equação 9, e pela polaridade, equações 10 e 11, resultando na matriz consolidada de critérios por fornecedores, que contém as notas de desempenho de cada fornecedor em cada sub-critério das dimensões competitivas, conforme Tabela 4.2.

Tabela 4.2: Conjunto de dados normalizados. Fonte: Elaboração própria.

	Custo		Qualidade		Entrega		Flexibilidade		Relacionamento		Serviço		Inovação		Sustentabilidade	
	1 CT	2 CP	3 CPED	4 PMC	5 VE	6 CE	7 FV	8 FE	9 CC	10 CCC	11 ADO	12 ATAO	13 P&D	14 INP	15 SEG	16 MA
Forn. 01	0,89	0,33	0,97	0,97	0,33	0,90	0,72	0,66	1,00	0,86	0,68	0,71	0,88	0,98	1,00	1,00
Forn. 02	0,81	1,00	0,63	0,51	0,43	0,69	0,87	0,81	0,87	1,00	0,78	0,86	0,84	1,00	0,81	0,91
Forn. 03	0,95	0,60	0,80	0,91	0,75	0,90	0,86	0,90	1,00	0,94	1,00	0,82	0,68	0,65	0,82	0,81
Forn. 04	0,72	0,12	0,74	0,93	0,50	0,87	1,00	1,00	0,58	0,53	0,71	1,00	0,54	0,87	0,99	0,94
Forn. 05	1,00	0,33	0,89	0,73	0,25	0,97	0,91	0,84	0,58	0,55	0,69	0,86	0,54	0,66	0,94	0,94
Forn. 06	0,76	0,86	0,62	0,77	0,33	0,81	0,95	0,99	0,64	0,74	0,60	0,73	0,66	0,73	0,85	0,85
Forn. 07	0,60	0,12	1,00	1,00	1,00	1,00	0,55	0,56	0,87	0,53	0,88	0,86	1,00	0,98	0,82	0,91

Etapa Seis: O método ACP foi aplicado no conjunto de dados normalizados e consolidados na Tabela 4.2 por meio do *software* estatístico MATLAB[®]. Antes da aplicação, gerou-se a matriz de correlação dos dados, a qual está apresentada na Tabela 4.3. Após a verificação de correlação significativa entre as variáveis e da negativa no teste de Bartlett, realizou-se a extração dos componentes principais, que são apresentados pela sua variância na Tabela 4.4 e pelos *loadings* dos critérios que os compõem na Tabela 4.5.

Tabela 4.3: Matriz de correlação, sobre dados normalizados. Fonte: Elaboração própria.

	CT	CP	CPED	PMC	VE	CE	FV	FE	CC	CCC	ADO	ATAO	P&D	INP	SEG	MA
CT	1,000															
CP	0,224	1,000														
CPED	0,017	-0,764	1,000													
PMC	-0,273	-0,779	0,675	1,000												
VE	-0,556	-0,336	0,366	0,497	1,000											
CE	-0,002	-0,820	0,852	0,744	0,393	1,000										
FV	0,372	0,362	-0,757	-0,449	-0,636	-0,494	1,000									
FE	0,227	0,350	-0,782	-0,303	-0,433	-0,434	0,955	1,000								
CC	0,103	0,136	0,344	0,224	0,425	-0,016	-0,606	-0,565	1,000							
CCC	0,372	0,756	-0,381	-0,418	-0,135	-0,662	0,069	0,045	0,678	1,000						
ADO	-0,006	-0,077	0,245	0,224	0,800	0,217	-0,399	-0,267	0,612	0,259	1,000					
ATAO	-0,267	-0,411	-0,089	-0,027	0,250	0,048	0,253	0,237	-0,446	-0,477	0,212	1,000				
P&D	-0,460	0,009	0,411	0,171	0,523	0,038	-0,884	-0,851	0,707	0,268	0,314	-0,350	1,000			
INP	-0,569	-0,105	0,191	0,027	0,206	-0,237	-0,534	-0,604	0,357	0,116	-0,051	0,059	0,745	1,000		
SEG	0,236	-0,565	0,310	0,353	-0,523	0,258	0,233	0,089	-0,301	-0,370	-0,561	0,114	-0,380	0,051	1,000	
MA	-0,004	-0,480	0,470	0,126	-0,370	0,157	-0,219	-0,436	-0,077	-0,279	-0,498	0,080	0,166	0,573	0,754	1,000

Tabela 4.4: Autovalores dos componentes principais. Fonte: Elaboração própria.

	Autovalores		
	Latent	% da variância	% Acumulada
CP ₁	5,73	35,82%	35,82%
CP ₂	4,05	25,30%	61,12%
CP ₃	2,56	16,01%	77,13%
CP ₄	1,97	12,33%	89,46%
CP ₅	0,97	6,06%	95,52%
CP ₆	0,72	4,48%	100,00%
CP ₇	0	0%	100,00%
CP ₈	0	0%	100,00%
CP ₉	0	0%	100,00%
CP ₁₀	0	0%	100,00%
CP ₁₁	0	0%	100,00%
CP ₁₂	0	0%	100,00%
CP ₁₃	0	0%	100,00%
CP ₁₄	0	0%	100,00%
CP ₁₅	0	0%	100,00%
CP ₁₆	0	0%	100,00%

Tabela 4.5: Loadings dos critérios nos Componentes Principais não rotacionados, sendo ressaltados os componentes retidos (> 85% da variabilidade). Fonte: Elaboração própria.

Critérios	Componentes Principais extraídos do PCA															
	CP ₁	CP ₂	CP ₃	CP ₄	CP ₅	CP ₆	CP ₇	CP ₈	CP ₉	CP ₁₀	CP ₁₁	CP ₁₂	CP ₁₃	CP ₁₄	CP ₁₅	CP ₁₆
CT	0,17	-0,02	-0,07	0,59	-0,30	0,29	0,01	0,22	-0,20	-0,19	0,06	0,14	-0,04	-0,12	-0,34	-0,41
CP	0,27	0,37	-0,10	0,01	0,16	0,09	-0,22	-0,23	-0,25	-0,55	0,02	0,40	-0,07	0,01	0,20	0,29
CPED	-0,36	-0,16	-0,05	0,25	-0,04	0,18	-0,36	0,01	-0,09	-0,16	-0,55	-0,19	0,25	0,39	0,07	0,16
PMC	-0,28	-0,19	0,15	0,15	0,09	-0,63	0,22	-0,20	-0,44	-0,19	-0,09	0,07	-0,04	-0,11	-0,29	0,06
VE	-0,29	0,15	0,38	-0,16	-0,05	-0,09	-0,69	0,07	0,18	-0,03	0,04	0,14	-0,13	-0,30	-0,22	-0,17
CE	-0,27	-0,27	0,20	0,26	0,18	0,17	0,06	-0,02	0,16	0,20	0,35	0,60	0,01	0,32	0,01	0,19
FV	0,39	-0,12	0,07	-0,01	-0,15	-0,17	-0,12	-0,44	0,36	-0,13	0,09	-0,02	0,47	0,21	-0,38	-0,02
FE	0,37	-0,09	0,20	-0,03	-0,04	-0,34	-0,09	0,75	-0,03	-0,06	-0,02	0,08	0,13	0,19	0,01	0,25
CC	-0,22	0,34	-0,09	0,26	-0,26	-0,26	0,29	0,07	0,62	-0,23	-0,21	0,11	-0,15	-0,03	0,09	0,10
CCC	0,11	0,41	-0,17	0,21	-0,26	-0,23	-0,19	-0,14	-0,23	0,67	-0,12	0,17	0,04	0,08	-0,02	0,14
ADO	-0,18	0,24	0,39	0,11	-0,42	0,06	0,05	-0,05	-0,19	-0,12	0,50	-0,39	0,10	0,13	0,19	0,20
ATAO	0,02	-0,20	0,26	-0,40	-0,58	0,20	0,22	-0,08	-0,13	0,00	-0,34	0,38	0,06	-0,12	0,09	0,02
P&D	-0,31	0,28	-0,19	-0,13	0,12	0,02	0,13	0,21	-0,07	-0,04	0,10	0,18	0,76	-0,22	0,01	-0,14
INP	-0,21	0,11	-0,36	-0,40	-0,20	-0,12	-0,03	0,10	-0,11	-0,14	0,18	0,10	-0,21	0,59	-0,20	-0,29
SEG	0,00	-0,40	-0,28	0,13	-0,23	-0,33	-0,27	-0,08	0,02	-0,05	0,20	0,08	0,07	-0,13	0,61	-0,26
MA	-0,13	-0,25	-0,47	-0,07	-0,24	0,11	-0,12	0,09	0,03	-0,03	0,21	-0,05	-0,05	-0,31	-0,32	0,59

Etapa Sete: Os componentes principais responsáveis por explicar mais de 85% da variabilidade foram retidos, neste caso os quatro primeiros, conforme Tabela 4.4. Após a

retenção, estes componentes foram rotacionados através do método VARIMAX. O valor dos *loadings* originais dos componentes principais estão ressaltados na Tabela 4.5, enquanto os valores após a rotação encontram-se na Tabela 4.6.

Tabela 4.6: *Loadings* dos critérios nos Componentes Principais retidos e rotacionados pelo método VARIMAX. Fonte: Elaboração própria.

Critérios	Loadings rotacionados pelo VARIMAX			
	CP ₁	CP ₂	CP ₃	CP ₄
CT	0,27	-0,14	-0,10	0,53
CP	0,02	0,40	0,09	0,21
CPED	-0,16	-0,42	-0,07	0,14
PMC	-0,03	-0,40	0,06	-0,02
VE	-0,15	-0,13	0,44	-0,21
CE	0,06	-0,49	0,06	0,03
FV	0,37	0,16	-0,08	-0,05
FE	0,39	0,13	0,05	-0,10
CC	-0,26	-0,03	0,16	0,38
CCC	-0,09	0,26	0,08	0,41
ADO	-0,03	-0,13	0,48	0,07
ATAO	0,10	0,00	0,09	-0,50
P&D	-0,46	0,08	0,06	0,04
INP	-0,47	0,21	-0,19	-0,21
SEG	0,07	-0,20	-0,45	0,02
MA	-0,23	-0,06	-0,50	-0,04

Etapa Oito: Foram gerados os scores dos fornecedores em cada componente através da multiplicação de três fatores: os *loadings* rotacionados dos critérios em cada componente, a variabilidade do componente e os valores originais dos critérios. Os pesos de cada critério foram calculados pela multiplicação dos *loadings* pela variabilidade do componente conforme equação 12 e estão apresentados na Tabela 4.7. Já os scores dos fornecedores foram obtidos através da multiplicação dos pesos dos critérios pelos valores originais de cada critério, de acordo com a equação 13 e estão evidenciados na Tabela 4.8.

Tabela 4.7: Peso de cada critério (*Loadings* rotacionados * % da variância de cada CP).

Fonte: Elaboração própria.

Critérios	Pesos dos critérios			
	CP ₁	CP ₂	CP ₃	CP ₄
CT	0.10	-0.04	-0.02	0.06
CP	0.01	0.10	0.01	0.03
CPED	-0.06	-0.11	-0.01	0.02
PMC	-0.01	-0.10	0.01	0.00
VE	-0.06	-0.03	0.07	-0.03
CE	0.02	-0.13	0.01	0.00
FV	0.13	0.04	-0.01	-0.01
FE	0.14	0.03	0.01	-0.01
CC	-0.09	-0.01	0.03	0.05
CCC	-0.03	0.07	0.01	0.05
ADO	-0.01	-0.03	0.08	0.01
ATAO	0.03	0.00	0.01	-0.06
P&D	-0.17	0.02	0.01	0.01
INP	-0.17	0.05	-0.03	-0.03
SEG	0.03	-0.05	-0.07	0.00
MA	-0.08	-0.02	-0.08	-0.01

Tabela 4.8: Scores dos fornecedores em cada CP [(*Loadings* rotacionados * % da variância de cada CP)*(Dados originais normalizados)]. Fonte: Elaboração própria.

Fornecedores	Scores nos Componentes Principais			
	CP ₁	CP ₂	CP ₃	CP ₄
01	-0.26	-0.24	-0.06	0.09
02	-0.19	-0.03	-0.02	0.08
03	-0.12	-0.21	0.04	0.09
04	-0.05	-0.24	-0.05	0.01
05	-0.02	-0.24	-0.06	0.06
06	-0.05	-0.10	-0.04	0.07
07	-0.36	-0.32	0.02	0.02
Forn. Ótimo	-0.22	-0.19	0.03	0.08

Etapa Nove: Consistiu em inserir na análise um fornecedor ótimo, o qual possui desempenho máximo em todos os critérios analisados, ou seja, valor normalizado igual a 1,0. Os scores do fornecedor ótimo encontram-se na Tabela 4.8 e foram calculados de forma idêntica aos demais, pela equação 13, embora, pelo fato de ter valor 1,0 em todos os critérios, consista simplesmente na soma dos pesos dos critérios em cada componente principal.

Etapa Dez: Analisou-se o quão distante os fornecedores 1 a 7 estavam do fornecedor ideal, através da Distância Euclidiana de seus scores, conforme equação 14. As distâncias de cada fornecedor ao ótimo e o ranqueamento dos melhores fornecedores estão contidos na Tabela 4.9, considerando melhor aquele com a menor distância ao fornecedor ótimo, enquanto a Figura 4.5 apresenta uma representação gráfica do melhor fornecedor.

Tabela 4.9: Distância Euclidiana dos fornecedores ao fornecedor ótimo e posição no Ranking dos melhores fornecedores. Fonte: Elaboração própria.

Fornecedores	Distância ao fornecedor ótimo	Posição no Ranking
01	0.11	2º
02	0.17	3º
03	0.10	1º
04	0.21	6º
05	0.23	7º
06	0.21	5º
07	0.19	4º

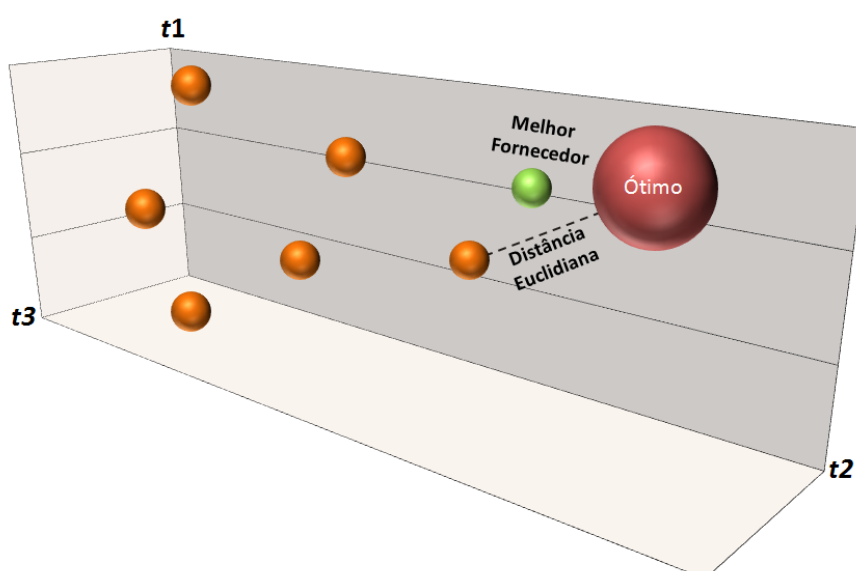


Figura 4.5: Representação gráfica do melhor fornecedor de acordo com a menor distância euclidiana para o fornecedor ótimo. Fonte: Elaboração própria.

4.5 Discussões

As discussões a respeito da sistemática proposta são apresentadas nesta seção, e estão divididas em duas áreas, mitigação da subjetividade e implicações de negócios.

Em relação à mitigação da subjetividade, a sistemática proposta tem três grandes efeitos intrínsecos. Primeiro, a transformação de dados qualitativos em quantitativos foi ressaltada. Métodos multicriteriais estão expostos a decisões subjetivas, o que reduz sua robustez uma vez que, usualmente, não possuem meios para mitigar tal subjetividade. A sistemática proposta provou sua capacidade de eliminação da subjetividade presente na avaliação do

desempenho dos fornecedores pelos executivos. Portanto, a robustez da sistemática apresentada é maior comparada aos métodos multicriteriais presentes na literatura. Segundo, observou-se a geração automática de pesos para os critérios de avaliação, o que contribui para a redução da subjetividade, uma vez que elimina a interferência humana por ser automática. Terceiro, em um novo processo de seleção, com um conjunto de dados diferente, será necessário o cálculo de novos *scores* para o fornecedor ótimo, uma vez que estes são baseados nos componentes principais, os quais são gerados a partir dos dados de entrada. Após a repetição do processo de seleção de fornecedores para um determinado material, será possível analisar um banco de dados com os *scores* dos fornecedores ótimos e traçar um perfil ideal para aquele material.

Com relação ao negócio, a sistemática proposta possui cinco implicações. Primeira, apresentou-se um suporte à tomada de decisão. A seleção de fornecedores tem sido amplamente discutida como uma atividade de negócio complexa. A presente abordagem provou ser um meio objetivo de simplificar a tarefa para os tomadores de decisão, dado que seu resultado final consiste em um bem desenvolvido *ranking* de fornecedores. Segunda, introduziu-se a natureza multicriterial. Normalmente, a seleção de fornecedores tem sido estritamente orientada pelo menor preço. A sistemática apresentada introduziu critérios adicionais, qualitativos e quantitativos, no processo decisório, eliminando o paradigma da seleção pelo preço. Terceira, discutiu-se *benchmarking* ao desenvolver objetivamente um *ranking* de fornecedores, comparando seus desempenhos em relação ao de um fornecedor ótimo. Quarta, ressaltou-se a melhoria contínua, alcançada através do desenvolvimento da prática de fornecer *feedbacks* periódicos aos fornecedores, no intuito de desenvolvê-los e aprimorar o desempenho da cadeia. Quinta, enfatizou-se o potencial de aumento da lucratividade. A sistemática proposta relacionou a acuracidade do processo de seleção de fornecedores com potenciais ganhos de lucratividade, dado que na indústria da construção os custos gastos em materiais e sub-empregados representam 60% do custo total do empreendimento.

4.6 Conclusões

O processo de competição entre cadeias de suprimentos exige a gestão pró-ativa dos parceiros externos à organização através de uma visão holística do negócio, englobando os fornecedores e os consumidores finais. A tendência das empresas de aprofundar seus conhecimentos nas competências centrais e terceirizar as demais funções conferiu às aquisições um papel

determinante no desempenho global do sistema. Considerando o processo de seleção de fornecedores, em específico para materiais críticos da construção civil, este artigo oferece uma abordagem multicritério de auxílio à tomada de decisão resultante da combinação de dois métodos, TCD–ACP, que permite a entrada de informações oriundas das avaliações de diversos agentes. Foi ilustrada a aplicação em uma construtora de grande porte para escolha do melhor fornecedor dentre sete alternativas. Como pontos fortes da implementação e contribuições desta sistemática destacam-se: a eliminação da prática de selecionar pelo menor preço ao considerar critérios qualitativos e quantitativos, a quantificação estruturada de dados de entrada qualitativos considerando a imprecisão, a eliminação da correlação entre os critérios através da criação dos componentes principais possibilitando uma análise sem sobreposição de informações, a geração automática de pesos para os critérios reduzindo a subjetividade do processo, o ranqueamento e seleção do melhor fornecedor através da comparação do seu desempenho ao de um fornecedor ótimo e a disponibilidade de informações do desempenho dos fornecedores para a criação de uma estrutura de *feedback* que suporte a melhoria contínua dos mesmos e por consequência da cadeia de suprimentos

Como futuras pesquisas, sugere-se que a implantação deste modelo pode ser expandida para a etapa de pré-qualificação, com um grupo de critérios reduzido. Tal aplicação irá contribuir para a qualificação da base de fornecedores atual e futura. Recomenda-se também, a definição de dimensões e sub-critérios para a seleção de fornecedores de serviços, que possuem características distintas, bem como a aplicação da sistemática para seleção nesse contexto. Conforme evolução da implantação na empresa, sugere-se a utilização para selecionar fornecedores de materiais com níveis inferiores de criticidade para a empresa. Além disso, a utilização do artefato proposto pode ir além dos fornecedores de primeiro nível, avaliando possíveis fornecedores gargalos de segundo e terceiro nível, sobre os quais há uma carência de trabalhos. A extensão para outros níveis da cadeia proporcionará a mitigação dos riscos de ruptura da cadeia e baixo nível de serviço.

4.7 Referências

Amiri, M., Hadadi, B., Amirkhani, A. H., Izadbakhsh, H. (2008). Supplier Selection Via Principal Component Analysis: An Empirical Examination. *Journal of Applied Sciences* 8 (20), 3715-3720. doi: 10.3923/jas.2008.3715.3720.

Azadeh, M. A., Ebrahimipour, V. (2002). An integrated approach for assessment of manufacturing sectors based on machine performance: The cases of automotive and food and beverages industries. *Proceeding of the 2nd International Conference Manufacturing Complexity*, April 9–10, University of Cambridge, UK, 1–11.

Azadeh, M. A., Ebrahimipour, V., Ataei, G. H. (2003). A total machine productivity model for assessment and improvement of electrical manufacturing systems. *Proceedings of the 32nd International Conference Computers & Industrial Engineering*, August 11–13, Ireland, 218–227.

Banker, R. D., Khosla, I. S. (1995) Economics of operations management: A research perspective. *Journal of Operations Management* 12 (3–4), 423–435. doi: 10.1016/0272-6963(95)00022-K.

Chen, C. T., Lin, C. T., Huang, S. F. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International Journal of Production Economics* 102 (2), 289–301. doi: 10.1016/j.ijpe.2005.03.009.

De Boer, L., Labro E., Morlacchi, P. (2001). A review of methods supporting supplier selection. *European Journal of Purchasing & Supply Management* 7 (2), 75–89. doi: 10.1016/S0969-7012(00)00028-9.

Degraeve, Z., Labro, E., Roodhooft, F. (2004). Total cost of ownership purchasing of a service: The case of airline selection at Alcatel Bell. *European Journal of Operational Research* 156 (1), 23–40. doi: 10.1016/j.ejor.2003.08.002.

- Dickson, G. W. (1966). An analysis of vendor selection systems and decisions. *Journal of Purchasing* 16 (2), 5–17.
- Egan, J. (1998). *Rethinking Construction*. Department of Environment, Transport and the Regions, London.
- Florez-Lopez, R. (2007). Strategic supplier selection in the added-value perspective: a CI approach. *Information Sciences* 177 (5), 1169–1179. doi: 10.1016/j.ins.2006.08.009.
- Gamesalingam, S., Kumar, K. (2001). Detection of financial distress via multivariate statistical analysis. *Managerial Finance* 27 (4), 45–55. doi: 10.1108/03074350110767132.
- Gosling, J., Naim, M. M. (2009). Engineer-to-order supply chain management: A literature review and research agenda. *International Journal of Production Economics* 122 (2), 741–754. doi: 10.1016/j.ijpe.2009.07.002.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E. (2006). *Multivariate Data Analysis* (6th ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall International.
- Hatash, Z., Skitmore, M. (1997). Assessment and evaluation of contractor data against client goals using PERT approach. *Construction Management Economics* 15 (4), 327–340. doi: 10.1080/014461997372881.
- Ho, W., Xu, X., Dey, P. K. (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: a literature review. *European Journal of Operational Research* 202(1), 16–24. doi: 10.1016/j.ejor.2009.05.009.
- Ho, W., Dey, P. K., Lockström, M. (2011). Strategic sourcing: A combined QFD and AHP approach in manufacturing. *Supply Chain Management: An International Journal* 16 (6), 446–461. doi: 10.1108/13598541111171093.
- Hollis, J. (1996). Supply chain re-engineering: The experience of littlewoods chain stores. *Supply Chain Management* 1 (1), 5–10. doi: 10.1108/13598549610799022.

Holt, G. D. (1998). Which contractor selection methodology? *International Journal of Project Management* 16 (3), 153-164. doi: 10.1016/S0263-7863(97)00035-5.

Hosny, O., Nassar, K., Esmail, Y. (2013). Pre-qualification of Egyptian construction contractors using fuzzy-AHP models. *Engineering, Construction and Architectural Management* 20 (4), 381-405. doi: 10.1108/ECAM-09-2011-0088.

Hotelling, H. (1933). Analysis of a complex of statistical variables into principal components. *Journal of Education Philosophy* 24, 417–441. doi: 10.1037/h0071325.

Kahraman, C., Cebeci, U., Ruan, D. (2004). Multi-attribute comparison of catering service companies using fuzzy AHP: the case of Turkey. *International Journal of Production Economics* 87 (2), 171–184. doi: 10.1016/S0925-5273(03)00099-9.

Koch, C., Larsen, C. S. (2006). Quality in construction: a supply chain perspective. *Proceedings of the 22nd Association of Researchers in Construction Management (ARCOM)*, 4–6 September, Birmingham, UK, 459–469.

Koskela, L. (2000). *An Exploration Towards a Production Theory and its Application to Construction*. Ph.D. Dissert., VTT Publications 408, Espoo, Finland, 296.

Kwong, C. K., Ip, W. H., Chan, J. W. K. (2002). Combining scoring method and fuzzy expert systems approach to supplier assessment: a case study. *Integrated manufacturing systems*, 13 (7), 512-519. doi: 10.1108/09576060210442671.

Lam, K. C., Ng, T., Hu, T. S., Skitmore, M., Cheung, S. O. (2000). Decision support system for contractor prequalification-artificial neural network model. *Journal of Engineering Construction and Architectural Management* 7 (3), 251–266. doi: 10.1108/eb021150.

Lam, K. C., Hu, T. S., Ng, S. T., Skitmore, M., Cheung, S. O. (2001). A fuzzy neural network approach for contractor prequalification. *Journal of Construction Management and Economics* 19 (2), 175–188. doi: 10.1080/01446190150505108.

Lam, K. C., Hu, T. S., Ng, S. T. (2005). Using the principal component analysis method as a tool in contractor pre-qualification. *Journal of Construction Management and Economics* 23 (7), 673–684. doi: 10.1080/01446190500041263.

Lam, K. C., Palaneeswaran, E., Yu, C. Y. (2009). A support vector machine model for contractor prequalification. *Automation in Construction* 18 (3), 321–329. doi: 10.1016/j.autcon.2008.09.007.

Lam, K. C., Lam, M. C., Wang, D. (2010a). Efficacy of Using Support Vector Machine in a Contractor Prequalification Decision Model. *Journal of Computing in Civil Engineering* 24 (3), 273–280. doi: 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000030.

Lam, K. C., Tao, R., Lam, M. C. (2010b). A material supplier selection model for property developers using Fuzzy Principal Component Analysis. *Automation in Construction* 19 (5), 608–618. doi:10.1016/j.autcon.2010.02.007.

Lambert, D., Cooper, M., Pagh, J. (1998). Supply chain management: implementation issues and research opportunities. *International Journal of Logistics Management* 9 (2), 1–20. doi: 10.1108/09574099810805807.

Latham, M. (1994). *Constructing the Team*. HMSO, London.

Liu, B., Song, Y. (2009). Research on strategic supplier selection of supply chain based on Principal Component Analysis. *Chinese Control and Decision Conference*, June 17–19, 986–989. doi:10.1109/CCDC.2009.5192815.

Mamdani, E. H., Assilian, S. (1975). An experiment in linguistic synthesis with logic controller. *International Journal Man-Machine Studies* 7 (1), 1–13. doi: 10.1016/S0020-7373(75)80002-2.

Martin, E. B., Morris, A. J., Kiparissides, C. (1999). Manufacturing performance enhancement through multivariate statistical process control. *Annual Reviews in Control* 23 (1), 35–44. doi: 10.1016/S1367-5788(99)00005-X.

Mehrjerdi, Y. Z. (2012). Measuring the leanness of suppliers using principal component analysis technique. *South African Journal of Industrial Engineering* 23 (1), 130–138. ISSN 2224–7890.

Nagai, E., Cheng, T. C. E. (1997). Identifying potential barriers to total quality management using principal component analysis and correspondence analysis. *International Journal of Quality and Reliability Management* 14 (4), 391–408. doi: 10.1108/02656719710170657.

Nguyen, V. U. (1985). Tender evaluation by fuzzy sets. *Journal of Construction Engineering and Management* 111 (3), 231–243. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9364(1985)111:3(231).

O'Brien, W. J., Formoso, C. T., Vrijhoef, R., London, K. A. (2009). *Construction supply chain management handbook*, CRC Press, Boca Raton.

Pearson, K. (1901). On line and planes of closest fit to systems of points in space. *Philosophical Magazine Series 6* 2 (11), 559–572. doi: 10.1080/14786440109462720.

Petroni, A., Braglia, M. (2000). Vendor selection using principal component analysis. *Journal of Supply Chain Management* 36 (1), 63–69. doi: 10.1111/j.1745-493X.2000.tb00078.x.

Rencher, A. C. (2002). *Methods of Multivariate Analysis*. 2 edition. John Wiley & Sons Inc., New York.

Rossi, F., Thomas, A. A. (2001). Analysis of the beverage data using cluster analysis, rotated principal components analysis and LOESS curves. *Food Quality and Preference* 12 (5–7), 437–445. doi: 10.1016/S0950-3293(01)00035-0.

Russell, J. S., Hancher, D., Skibniewski, M. J. (1992). Contractor prequalification data for construction owners. *Construction Management and Economics* 10 (2), 117–135. doi: 10.1080/01446199200000012.

- Sarkar, A., Mohapatra, P. K. J. (2006). Evaluation of supplier capability and performance: a method for supply base reduction. *Journal of Purchasing & Supply Management* 12 (3), 148–163. doi: 10.1016/j.pursup.2006.08.003.
- Setak, M., Sharifi, S., Alimohammadian, A. (2012). Supplier Selection and Order Allocation Models in Supply Chain Management: A Review. *World Applied Sciences Journal* 18 (1), 55–72. doi:10.5829/idosi.wasj.2012.18.01.3258.
- Tommelein, I. D., Ballard, G., Kaminsky, P. (2009). Supply chain management for lean project delivery. In: O'Brien, W. J., Formoso, C. T., Vrijhoef, R., London, K. A. (eds). *Construction supply chain management handbook*. Boca Raton: CRC Press, 105–126.
- Van der Vorst, J. G. A. J., Beulens, A. J. M. (2002). Identifying sources of uncertainty to generate supply chain redesign strategies. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management* 32 (6), 409–430. doi: 10.1108/09600030210437951.
- Wang, F. K., Du, T. C. T. (2000). Using principal component analysis in process performance for multivariate data. *Omega* 28 (2), 185–194. doi: 10.1016/S0305-0483(99)00036-5.
- Weber, C. A., Current, J. R., Benton, W. C. (1991). Vendor selection criteria and methods. *European Journal of Operational Research* 50 (1), 2–18. doi: 10.1016/0377-2217(91)90033-R.
- Womack, J. P., Jones, D. T. (1996). *Lean thinking, banish waste and create wealth in your corporation*. Simon & Schuster, New York, NY.
- Wu, D. S., Feng, X., Wen, Q. Q. (2011). The Research of Evaluation for Growth Suitability of *Carya Cathayensis* Sarg. Based on PCA and AHP. *Procedia Engineering* 15, 1879–1883. doi:10.1016/j.proeng.2011.08.350.
- Yang, Z., Xu, Q., Qiu, X., Wang, H. (2008). An Applied Study on the Method for Supplier Selection with PCA and ELECTRE. *Service Operations and Logistics, and Informatics (IEEE/SOLI)*. October 12–15, Beijing, 2151–2156. doi: 10.1109/SOLI.2008.4682890.

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control* 8 (3), 338–353. doi: 10.1016/S0019-9958(65)90241-X.

Zadeh, L. A. (1999). From computing with numbers to computing with words—from manipulation of measurements to manipulation of perceptions. *IEEE Transactions on Circuit and Systems I Fundamental Theory and Applications* 46 (1), 105–119. doi: 10.1109/81.739259.

Zimmerman, H. J. (1983). Using fuzzy sets in operational research. *European Journal of Operational Research* 13 (3), 201–216. doi: 10.1016/0377-2217(83)90048-6.

5 Considerações finais

5.1 Conclusões

Essa dissertação apresentou uma sistemática para selecionar fornecedores de materiais críticos no setor da construção civil, com a finalidade de melhorar a produtividade desta indústria, através da mitigação de riscos provenientes de falhas dos fornecedores durante o relacionamento. Para o desenvolvimento e aplicação desta sistemática, foram propostos três artigos, ao longo dos quais os objetivos específicos desse trabalho foram atingidos.

No primeiro artigo, realizou-se uma revisão sistemática para identificar quais métodos, qualitativos e quantitativos, estão sendo utilizados para auxiliar na seleção de fornecedores, bem como suas vantagens e desvantagens. Como resultados, observou-se que a combinação de dois ou mais métodos quantitativos, explorando suas complementaridades, oferece resultados mais confiáveis e menor perda de informações.

No segundo artigo, através de revisão da literatura, foram identificadas e caracterizadas as fases da gestão do relacionamento com o fornecedor, planejamento, pré-qualificação, seleção, controle e desenvolvimento. Após, fundamentado na análise da literatura sobre gestão de risco de suprimentos e dimensões competitivas da produção, foi construído um conjunto de dimensões competitivas, que foram explicitadas em sub-critérios, para avaliar o desempenho dos fornecedores na etapa de seleção. Expandiu-se a análise de forma que, para cada sub-critério, foi explicitado um benefício que a sua utilização no processo de seleção de fornecedores proporcionará ao comprador.

No terceiro artigo, foi realizada a proposição do modelo considerando os resultados dos dois primeiros trabalhos. A partir da análise realizada no primeiro artigo, concluiu-se que a combinação mais adequada foi a dos métodos Teoria dos Conjuntos Difusos (TCD) e Análise de Componentes Principais (ACP). Do segundo artigo, foi considerado o conjunto de dimensões e seus sub-critérios que foi construído. Após, a sistemática foi validada através da aplicação em uma construtora de grande porte, para selecionar o melhor fornecedor dentre sete alternativas.

A sistemática proposta oferece os seguintes benefícios: a avaliação do fornecedor em critérios além do custo, avaliando sua capacidade atual e práticas que se executadas tendem a melhorar seu desempenho futuro; a quantificação estruturada dos julgamentos dos avaliadores, expressos em variáveis linguísticas, considerando a incerteza; a definição automática de pesos para os critérios avaliados, eliminando a subjetividade; a eliminação da multicolinearidade

entre os critérios avaliados, pela geração de um novo grupo de variáveis não-correlacionadas; a criação de um *ranking* dos fornecedores, através da comparação do desempenho destes com o de um fornecedor ótimo; e a disponibilidade de informações a respeito das capacidades e desempenhos destes fornecedores, que pode contribuir para a estruturação de um processo de feedback para os fornecedores, desenvolvendo continuamente a cadeia de suprimentos.

5.2 Sugestões para futuras pesquisas

Como possíveis extensões ao estudo apresentado nesta dissertação, são sugeridas as seguintes diretrizes de pesquisa:

- Aplicação desta sistemática para selecionar fornecedores em mais casos dentro da indústria da construção;
- Avaliar a efetividade da aplicação da sistemática durante o desenvolvimento da obra e após a sua conclusão;
- Aplicação em outros setores industriais, especialmente em ambientes *Engineer-to-Order* como o naval, o aeroespacial e plataformas de óleo e gás, para posterior comparação entre os mesmos;
- Aplicação da sistemática para selecionar fornecedores além do primeiro nível da cadeia, examinando possíveis fornecedores gargalos para a operação no segundo e terceiro nível;
- Adaptação dos critérios para aplicação em outras fases do processo de gestão do relacionamento com os fornecedores, como a pré-qualificação e o controle;
- Adaptação dos critérios para selecionar fornecedores de serviços, os quais possuem características distintas em relação aos de produtos;
- Exploração das dimensões propostas para relacioná-las com famílias de fornecedores, através da definição de grupos de critérios que sejam compatíveis com grau estratégico de cada família.