

ANÁLISE DOS MÉTODOS DE SELEÇÃO DE FORNECEDORES

Luís Pedro Leite de Sousa Mendes



Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
Área de Especialização de Sistemas e Planeamento Industrial

Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

2013

Este relatório satisfaz, parcialmente, os requisitos que constam da Ficha de Disciplina de Tese/Dissertação, do 2º ano, do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Candidato: Luís Pedro Leite de Sousa Mendes, N° 1060980, 1060980@isep.ipp.pt

Orientação científica: Paulo Ávila, psa@isep.ipp.pt

Coorientação científica: João Bastos, jab@isep.ipp.pt



Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
Área de Especialização de Sistemas e Planeamento Industrial

Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

17 de novembro de 2013

Dedico este trabalho aos meus Pais

Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao meu orientador Eng. Paulo Ávila, pela disponibilidade e apoio demonstrados na elaboração desta dissertação.

Aos meus pais, por me terem proporcionado a oportunidade de estudar, me incentivarem e apoiarem durante todos estes anos.

Aos meus amigos e namorada, por todo o apoio durante, não só a elaboração desta dissertação como ao longo destes últimos anos.

Resumo

No ambiente altamente competitivo de hoje, um processo eficaz de seleção de fornecedores é muito importante para o sucesso de qualquer organização [33].

Esta dissertação procura determinar quais os critérios e métodos mais utilizados no problema da seleção de fornecedores, contribuindo assim para o apoio a entidades que pretendam iniciar uma seleção de fornecedores de uma forma mais eficaz. Para atingir os objetivos propostos, foi realizada uma análise de artigos que fazem a revisão literária dos métodos e critérios desde o ano de 1985 até ao ano 2012. Com os dados obtidos destas revisões, foi possível identificar quais os três principais métodos utilizados ao longo dos anos, sendo eles o DEA, AHP e Fuzzy set theory e os principais critérios utilizados na seleção de fornecedores.

Nesta dissertação, é apresentada uma visão geral da tomada de decisão e os métodos utilizados na tomada de decisão multicritério. É abordado o problema da seleção de fornecedores, o seu processo de seleção e as revisões literárias dos métodos e critérios de seleção utilizados nos últimos anos. Por fim, é apresentada a contribuição para a seleção de fornecedores do estudo realizado durante o desenvolvimento desta dissertação, sendo apresentados e explicados os principais métodos de seleção de fornecedores, bem como os critérios utilizados.

Palavras-Chave

Tomada de decisão multicritério, Seleção de fornecedores, Critérios de seleção, Métodos de seleção, DEA, AHP, Fuzzy set theory

Abstract

In today's highly competitive environment, an effective supplier selection process is very important to the success of any manufacturing organization [33].

This work seeks to determine the criteria and methods used in the problem of selecting suppliers, thus contributing to the support of entities wishing to start a selection of suppliers more effectively. To achieve these objectives, an analysis was performed of articles that make the literature review of the methods and criteria from the year 1985 to the year 2012. With the data obtained from these reviews, it was possible to verify which are the three main methods used over the years, namely DEA, AHP and Fuzzy set theory and the main criteria used in the selection of suppliers.

In this work, we present an overview of the decision making and the methods used in multi-criteria decision making. It's tackled the problem of supplier selection, the process of selection and the reviews of literary methods and criteria used in recent years. Finally is presented the contribution to the selection of suppliers of the study conducted during the development of this dissertation, being presented and explained the main methods of selection of suppliers as well as the criteria used.

Keywords

Multi-criteria decision making, Supplier selection, selection criteria, selection methods, DEA, AHP, Fuzzy set theory

Índice

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABELAS	XI
ACRÓNIMOS	XIII
1. INTRODUÇÃO	17
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	17
1.2. OBJETIVOS.....	18
1.3. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO	18
2. TOMADA DE DECISÃO	19
2.1. VISÃO GERAL	19
2.2. TÉCNICAS	21
3. REVISÃO DO PROBLEMA DA SELEÇÃO DE FORNECEDORES	28
3.1. O PROBLEMA DA SELEÇÃO DE FORNECEDORES	28
3.2. O PROCESSO DE SELEÇÃO DE FORNECEDORES.....	29
3.3. CRITÉRIOS UTILIZADOS.....	32
3.4. REVISÃO DOS MÉTODOS UTILIZADOS NA SELEÇÃO DE FORNECEDORES.....	36
4. CONTRIBUIÇÃO PARA A SELEÇÃO DE FORNECEDORES	53
4.1. PRINCIPAIS CRITÉRIOS PARA A SELEÇÃO DE FORNECEDORES	53
4.2. PRINCIPAIS MÉTODOS PARA A SELEÇÃO DE FORNECEDORES.....	55
5. CONCLUSÕES	77
REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS	80
ANEXO A	83

Índice de figuras

Figura 1	O processo da seleção de fornecedores adaptado de Boer (2003).....	30
Figura 2	Distribuição das revisões literárias.....	37
Figura 3	Total de referências por método.....	55
Figura 4	Valor máximo de referências por artigo.....	56
Figura 5	Percentagem de fontes encontradas por artigo.....	57
Figura 6	Estrutura hierárquica do problema.....	59
Figura 7	Variáveis linguísticas peso de importância de cada critério de Chen et al. [12].....	68
Figura 8	Variáveis linguísticas para as classificações de Chen et al. [12].....	69
Figura 9	Estrutura hierárquica do problema de Chen et al. [12].....	69

Índice de Tabelas

Tabela 1	Fases da seleção de fornecedores de Wu et al. [38]	31
Tabela 2	Lista de critérios de Genovese et al. [17], adaptado de Krishnan [22].....	33
Tabela 3	Critérios e subcritérios de Ware et al. [37].....	34
Tabela 4	Critérios para a seleção de fornecedores, adaptado de Jain et al. [20]	35
Tabela 5	Critérios de avaliação de Ho et al. [19].....	36
Tabela 6	Síntese da revisão literária dos critérios por Ávila et al [3]	36
Tabela 7	Lista dos métodos encontrados nos artigos revistos por Sonmez [32].....	39
Tabela 8	Lista dos métodos encontrados nos artigos revistos por Ware et al [37]	41
Tabela 9	Resumo dos Métodos por Ho, W. et al. [19].....	43
Tabela 10	Resumo das abordagens com mais de um método de Ho, W. et al. [19]	43
Tabela 11	Lista dos métodos encontrados nos artigos revistos por Agarwal et al [2]	45
Tabela 12	Lista dos métodos encontrados na etapa da qualificação nos artigos revistos por Wu et al [38] 46	
Tabela 13	Lista dos métodos encontrados na etapa selecção final nos artigos revistos por Wu et al [38] 47	
Tabela 14	Técnicas de tomada de decisão encontradas por Chai et al. [11]	50
Tabela 15	Resumo das abordagens de decisão relativamente às técnicas DM Chai et al. [11]	52
Tabela 16	Principais critérios para a seleção de fornecedores	54
Tabela 17	Escala fundamental de Saaty (1991)	58
Tabela 18	Matriz de comparação de pares	59
Tabela 19	Soma de cada coluna	60
Tabela 20	Divisão de cada elemento da matriz pela soma da respetiva coluna	60
Tabela 21	Índice de consistência aleatório.....	61
Tabela 22	Matriz de comparação de pares em relação ao critério A	61
Tabela 23	Matriz de comparação de pares em relação ao critério B.....	62
Tabela 24	Peso composto dos fornecedores.....	63
Tabela 25	Dados do modelo DEA de Parthiban et al. [26]	65
Tabela 26	Ranking e eficiência dos fornecedores.....	66
Tabela 27	Importância dos critérios por parte dos decisores de Chen et al. [12].....	70
Tabela 28	Classificação dos 5 candidatos pelos decisores em relação aos critérios de Chen et al. [12] 70	
Tabela 29	Classificação dos 5 candidatos pelos decisores em relação aos critérios adaptada de Chen et al. [12].....	72
Tabela 30	Matriz de decisão Fuzzy e pesos Fuzzy dos 5 candidatos de Chen et al. [12]	73
Tabela 31	Matriz de decisão normalizada de Chen et al. [12]	74

Tabela 32	Matriz de decisão Fuzzy ponderada normalizada de Chen et al. [12]	74
Tabela 33	Distâncias entre $A_i(i= 1,2,\dots,5)$ e A^* de Chen et al. [12]	75
Tabela 34	Distâncias entre $A_i(i= 1,2,\dots,5)$ e A^- de Chen et al. [12]	75
Tabela 35	Resultados de d^* , d^- e CC de Chen et al. [12]	76
Tabela 36	Status de aprovação de Chen et al. [12]	76

Acrónimos

MCDM	– Tomada de decisão multicritério
MP	– Programação matemática
MODM	– Tomada de decisão multiobjectivo
MADM	– Tomada de decisão multiatributo
AHP	– Processo analítico hierárquico
ANP	– Processo analítico de rede
ELECTRE	– Eliminação e escolha expressando a realidade
PROMETHEE	– Método de organização de rankings de preferência para enriquecimento de avaliações
TOPSIS	– Técnica para ordenar as preferências por semelhança com a solução ideal
VIKOR	– Classificação de compromisso multicritério
DEMATEL	– Laboratório de teste e avaliação de tomada de decisão
DEA	– Análise envoltória de dados
LP	– Programação linear
NLP	– Programação não linear
MOP	– Programação multiobjetivo
GP	– Programação por metas
SP	– Programação estocástica

GA	– Algoritmos genéticos
NN	– Rede neural
GST	– Teoria do sistema cinza
RST	– Teoria dos conjuntos brutos
CBR	– Raciocínio baseado em casos
BN	– Rede Bayesiana
PSO	– Otimização por enxame de partículas
ACA	– Algoritmo de colônia de formigas
DST	– Teoria de Dempster-Shafer
AR	– Regra de associação
SVM	– Máquina de vetor de suporte
DT	– Árvore de decisão
JIT	– Just-in-time
WSM	– Modelo das somas ponderadas
DMU	– Unidades de tomada de decisão
SWOT	– Forças fraquezas oportunidades e ameaças

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

No ambiente altamente competitivo de hoje, um processo eficaz de seleção de fornecedores é muito importante para o sucesso de qualquer organização [33].

A seleção de fornecedores é uma das áreas mais importantes da divisão de compras. Os consumidores de hoje em dia procuram, produtos de alta qualidade, entrega na hora e excelente serviço pós-venda. Por isto, as organizações estão sobre intensa pressão para diminuir os custos dos produtos e dos materiais mantendo um elevado nível de qualidade e um bom serviço pós-venda. Alcançar isto, começa pela seleção de fornecedores. Assim, um processo de seleção de fornecedores eficaz tem de ser implementado para uma gestão de sucesso da cadeia de abastecimento [32].

A seleção de fornecedores, tendo em conta apenas um critério de seleção está obsoleta, uma vez que este tipo de abordagem não permite a redução do risco de compra, relações de proximidade, nem a maximização do valor total para o comprador. Atualmente as organizações procuram criar relações duradouras e de confiança com os seus fornecedores, obtendo assim uma forte barreira à entrada de concorrência.

Nos dias de hoje, como determinar fornecedores adequados na cadeia de abastecimento tornou-se uma consideração estratégica [12]. Assim, para se selecionar um fornecedor é necessário definir critérios. Critérios estes que devem ir de encontro às preocupações e filosofias de cada empresa. Assim, com um variado número de critérios torna-se mais complexa a tomada de decisão. Para resolver este problema têm surgido ao longo dos anos

vários métodos de seleção de fornecedores, sendo uns mais complexos do que outros e cada um com as suas vantagens e desvantagens. Perante este elevado número de métodos, torna-se necessário para uma organização saber quais os métodos mais eficazes para lidar com este problema.

1.2. OBJETIVOS

Os objetivos propostos para esta dissertação são a pesquisa dos critérios e métodos mais utilizados na seleção de fornecedores, bem como a pesquisa de *software* de gestão de fornecedores que utilize algum dos métodos de tomada de decisão multicritério para resolver este problema. Este estudo será uma mais-valia para as entidades que queiram iniciar a seleção de fornecedores recorrendo a estas metodologias.

1.3. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

Esta dissertação encontra-se dividida em 5 capítulos. No 1º capítulo é feita uma introdução do trabalho, esta introdução faz uma contextualização da dissertação, apresenta os objetivos do trabalho e a organização do mesmo. No capítulo 2 é introduzido o tema da tomada de decisão, os passos em que se divide e as técnicas utilizadas na tomada de decisão. O 3º capítulo aborda o problema da seleção de fornecedores, o processo de seleção, os critérios a ter em conta e os métodos encontrados na revisão literária. Os dados obtidos da revisão literária são então estudados e apresentados no capítulo 4 os principais métodos (mais referidos na literatura), bem como a explicação pormenorizada desses métodos. Por último, as conclusões são apresentadas no capítulo 5.

2. TOMADA DE DECISÃO

2.1. VISÃO GERAL

A análise da forma como as pessoas tomam decisões ou a forma como as pessoas devem tomar decisões é talvez tão antiga quanto a história registrada da humanidade. É claro que nem todas as análises foram caracterizadas pelas rigorosas abordagens científicas que vemos na literatura hoje em dia. Assim, não é de estranhar que a literatura sobre a tomada de decisão seja imensa e continue a aumentar. No entanto, o desenvolvimento do método perfeito para a tomada de decisão na vida real continua a ser uma meta distante. Esta contradição entre a extensão do estudo sobre este assunto e a indefinição da aplicabilidade na vida real dos resultados constitui, de certa forma, o derradeiro paradoxo da tomada de decisão [36].

Segundo Santos et al. [30] que cita Lemes [23], “as pessoas no seu dia-a-dia ou em situações especiais tomam decisões diferentes umas das outras. Mesmo diante de um mesmo problema de alternativas idênticas em cenários iguais, as opções recairão sobre caminhos, se não opostos pelo menos bem diferenciados. Isto ocorre porque cada pessoa percebe a realidade de uma forma específica reflexo de um quadro de referências resultantes das suas experiências de vida, além da influência dos aspetos culturais, crenças e valores, formação intelectual, informação acumulada convívio com grupos sociais etc.”

Por outro lado, a obtenção da eficácia está condicionada ao direcionamento integrado das decisões tomadas pelos diversos gestores, convergindo para os objetivos da organização. Daí a necessidade de dotar os gestores de um instrumento que os apoie na escolha da melhor alternativa de ação [30].

De acordo com Fülöp [16] que cita Baker et al. [4], a tomada de decisão começa com a identificação dos decisores e das partes interessadas na decisão, reduzindo o possível desacordo quanto à definição do problema, requisitos, objetivos e critérios. O processo da tomada de decisão pode ser dividido nos seguintes passos:

1º Passo. Definição do problema

“Este processo deve no mínimo identificar as principais causas, limitar suposições, limites e interfaces do sistema e problemas operacionais com as partes interessadas. O objetivo é expressar o problema numa frase clara que descreva as condições iniciais, bem como as condições desejadas.”

2º Passo. Determinar os requisitos

“Requisitos são condições que qualquer solução aceitável do problema deve reunir. Requisitos explicitam o que a solução do problema deve fazer.” Matematicamente estes requisitos são as restrições que definem o conjunto de soluções admissíveis do problema de decisão.

3º Passo. Definir metas

“As metas são declarações amplas de intenções e valores programáticos desejáveis [...] As metas vão para além do mínimo essencial (requisitos) são os desejos e os querereres.” Matematicamente as metas são os objetivos, ou seja, são a função objetivo do problema contrariamente aos requisitos que são as restrições.

4º Passo. Identificar alternativas

“As alternativas oferecem diferentes abordagens para alterar a condição inicial na condição desejada.”

5º Passo. Definir os critérios

“Os critérios de decisão, os quais vão discriminar entre as alternativas, devem ser baseados em metas. É necessário definir critérios discriminativos como medidas objetivas das metas para medir o quão bem cada alternativa atinge as metas.”

6º Passo. Selecionar uma ferramenta de tomada de decisão

Existem muitas ferramentas para resolver problemas de tomada de decisão. A seleção da ferramenta apropriada não é uma tarefa fácil e depende do problema de decisão em concreto, bem como dos objetivos dos decisores. Por vezes quanto mais simples o método melhor, mas problemas de decisão complexos podem necessitar de métodos complexos.

7º Passo. Avaliar alternativas com base nos critérios

Cada método correto para a tomada de decisão necessita, como dados de entrada, a avaliação das alternativas com base nos critérios. Dependendo dos critérios, a avaliação pode ser objetiva (factos), tendo em conta algumas escalas de medição geralmente partilhadas e compreendidas (dinheiro), ou pode ser subjetiva, refletindo a avaliação subjetiva do avaliador. Após as avaliações a ferramenta de decisão escolhida pode ser aplicada para classificar as alternativas ou para escolher um subconjunto das alternativas mais promissoras.

8º Passo. Validar soluções com base na declaração do problema

As alternativas escolhidas pela ferramenta de tomada de decisão escolhida, devem ser sempre validada com base nos requisitos e metas do problema de decisão. Pode acontecer que a ferramenta de decisão tenha sido mal aplicada. Em problemas complexos as alternativas selecionadas podem chamar à atenção dos decisores e das partes interessadas que devem ser adicionadas metas ou requisitos adicionais ao modelo de decisão.

2.2. TÉCNICAS

Diversos autores utilizam classificações diferentes das técnicas de tomada de decisão. Na presente dissertação, vai ser seguida a classificação de Chai et al. (6) que classificaram as técnicas de tomada de decisão em três categorias, nomeadamente: Técnicas multicritério de

tomada de decisão (MCDM), técnicas de programação matemática (MP) e técnicas de inteligência artificial (AI).

2.2.1. TÉCNICAS MCDM

A tomada de decisão multicritério (MCDM do inglês *multi-criteria decision making*) é um dos mais conhecidos ramos da tomada de decisão [36]. A análise multicritério surgiu nos anos 60 enquanto instrumento de apoio à decisão. É aplicada na análise comparativa de projetos alternativos ou medidas heterogêneas. Através desta técnica podem ser tidos em conta diversos critérios, em simultâneo, na análise de uma situação complexa [25]. De acordo com alguns autores (ver por exemplo Zimmermann, 1996) MCDM estão dívidas em tomadas de decisão multiobjetivo (MODM do inglês *multi-objective decision making*) e em tomadas de decisão multiatributo (MADM do inglês *multi-attribute decision making*). Contudo, muitas vezes os termos MADM e MCDM são utilizados para referir a mesma classe de modelos.

MODM estuda problemas de decisão em que o espaço de decisão é contínuo. Um exemplo típico são os problemas de programação matemática com múltiplas funções objetivo. Por outro lado, MCDM/MADM concentram-se em problemas com um espaço de decisão discreto. Nestes problemas o conjunto de alternativas de decisão é predeterminado [36].

Esta é uma estrutura metodológica que tem como objetivo providenciar ao decisor a melhor recomendação entre um conjunto finito de alternativas, enquanto é avaliada de vários pontos de vista, chamados de critérios. Na literatura o problema estrutural da seleção de fornecedores é geralmente considerado um problema MCDM. Assim sendo, muitas técnicas MCDM foram aplicadas na resolução de problemas de seleção de fornecedores. Os métodos baseados nos princípios das técnicas MCDM podem ser classificados em quatro categorias [11]:

Métodos de utilidade multiatributo

O processo hierárquico analítico (AHP) e o processo de rede analítico (ANP) são exemplos destes métodos. Estes métodos essencialmente tentam atribuir um valor a cada alternativa. Este valor representa o grau de preferência que é a base do *ranking*. AHP utiliza comparações de pares, juntamente com juízos de especialistas para lidar com a medição dos atributos qualitativos ou intangíveis. Como uma extensão do AHP, o ANP é uma teoria

geral de medida dos atributos intangíveis. AHP e ANP continuam como os mais importantes e mais utilizados métodos na seleção de fornecedores.

Métodos Outranking

ELECTRE e PROMETHEE. Estes métodos baseiam-se na definição do conceito *outranking*. Este conceito foi definido, por Roy [27] citado por Boer et al. [9]:

“Uma relação *outranking* é uma relação binária S , definida no conjunto de alternativas potenciais tais que aSb (“ a outranks b ”), onde a e b são critérios de decisão. Se dado o que é sabido acerca das preferências do decisor e dada a qualidade das avaliações das ações e a natureza do problema, existem argumentos suficientes para decidir que a é pelo menos tão bom como b , enquanto não existe uma razão essencial para refutar a afirmação”. [16] O método ELECTRE segue este conceito à risca. O método PROMETHEE é para além disso baseado na comparação de pares de alternativas.

Métodos Compromisso

TOPSIS e VIKOR. Uma solução de compromisso é a mais próxima de uma solução ideal e um compromisso denota um acordo com base em concessões mútuas. Como métodos típicos de programação de compromisso, tanto TOPSIS como VIKOR baseiam-se numa função agregação que representa a proximidade com o ideal. Segundo Boer et al. [9] a diferença é que o método TOPSIS utiliza normalização linear para eliminar as unidades da função critério, enquanto o método VIKOR utiliza o vetor normalização.

Outros métodos MCDM

SMART e DEMATEL. SMART é uma técnica de classificação básica que utiliza o método simples da soma dos pesos para obter valores totais como os índices das classificações. Esta técnica pode lidar com ambos os critérios quantitativos e qualitativos, mas não consegue lidar com informação incerta eficazmente, como termos linguísticos, valores de intervalo e vários valores fuzzy.

DEMATEL é um modelo estrutural para analisar a relação de influência entre os critérios de avaliação complexos.

2.2.2. TÉCNICAS MP

Dada uma definição adequada do problema, a programação matemática permite à pessoa que toma decisões formular o seu problema em termos de uma função objetivo, que conseqüentemente terá de ser maximizada ou minimizada variando os valores das variáveis na função objetivo. É referido em muitos estudos que a programação matemática é mais objetiva que os modelos de ponderação (MCDM) porque implica que a pessoa que toma a decisão explique o estado da função objetivo. Por outro lado, estes modelos apenas consideram critérios quantitativos [35].

Análise envoltória de dados (DEA)

É uma técnica não paramétrica para avaliar a eficiência de entidades comparáveis em termos de unidades de tomada de decisão (DMUs). De acordo com Chai et al. [11] que cita Adler [1] o modelo DEA básico é um medidor de desempenho que pode ser utilizado para avaliar a eficácia relativa de DMUs de acordo com várias entradas e saídas. Dada a sua eficácia, pode ser um complemento valioso a vários modelos de seleção de fornecedores.

Programação linear (LP)

Programação linear é um método de otimização matemática para determinar uma forma de alcançar o melhor resultado num dado modelo matemático sob um certo número de requisitos representados como relações lineares [11].

Programação não linear (NLP)

Em contraste com o modelo LP, o NLP permite que algumas restrições ou funções objetivo sejam não lineares [11].

Programação multiobjetivo (MOP)

Programação multiobjectivo é um tipo de programação matemática linear para problemas de decisão caracterizados por múltiplas e conflituosas funções objetivo que podem ser otimizadas ao longo de um conjunto de soluções admissíveis [11].

Programação por metas (GP)

Esta técnica pode ser considerada como uma extensão ou generalização do modelo MOLP (programação linear multiobjetivo) que pode ser utilizada para lidar com múltiplas e conflituosas medidas objetivo. A cada uma destas medidas é atribuído um valor objetivo a ser alcançado [11].

Programação estocástica (SP)

Programação estocástica é uma estrutura para modelar problemas de otimização com incerteza em que as distribuições de probabilidade que regem os dados são conhecidas ou podem ser estimadas apesar do envolvimento de um número de parâmetros desconhecidos. Esta técnica é uma ferramenta adequada para lidar com vários problemas de seleção de fornecedores (SS) do mundo real [11].

2.2.3. TÉCNICAS AI

De acordo com Chai et al. [11], doze técnicas podem ser consideradas como técnicas AI. Quatro destas técnicas são consideradas como de maior relevância: Algoritmos genéticos (GA), rede neural (NN), Teoria aproximada dos conjuntos (RST) e teoria do sistema cinza (GST). As consideradas de menor relevância são: Raciocínio baseado em casos (CBR), redes bayesianas (BN), otimização por enxame de partículas (PSO), Algoritmo de colônia de formigas (ACA), máquina vetor de suporte (SVM) e árvore de decisão (DT).

Algoritmos genéticos (GA)

É um tipo de pesquisa global utilizada para identificar soluções aproximadas para problemas de otimização complexos. Concetualmente seguindo os passos do processo biológico de evolução, GA é considerado um método heurístico considerando que não pode garantir uma verdadeira solução ótima.

Rede neural (NN)

Uma rede neural é geralmente um conjunto de entradas ou unidades de saída ligadas em que cada ligação tem um peso associado. Os pesos são ajustados durante a fase de aprendizagem para ajudar a rede a prever o rótulo de classe correto para os objetos de entrada.

Teoria do sistema cinzento (GST)

É um modelo matemático que é aplicado à informação imprecisa na forma de intervalos de valores.

Teoria dos conjuntos em bruto (RST)

Este método pode ser utilizado para identificar relações estruturais dentro de dados imprecisos ou com ruído. O RST clássico baseia-se em relações binárias de indiscernibilidade binárias, que resultam na criação de classes de equivalência.

Raciocínio baseado em casos (CBR)

Esta abordagem utiliza um grupo de soluções para resolver novos problemas. A premissa é que novos problemas são muitas vezes similares àqueles previamente encontrados. Assim, soluções de sucesso passadas podem ser úteis nas novas situações.

Rede Bayesian (BN)

Também conhecido como rede de crença e rede probabilística, são modelos gráficos probabilísticos. A premissa é que estados futuros da natureza podem ser caracterizados através de probabilidades. Esta técnica é eficaz para lidar com problemas SS em situações de incerteza através de distribuições de probabilidade.

Otimização por enxame de partículas (PSO)

É um algoritmo evolucionário que simula o comportamento animal social das aves que migram para um local desejado num espaço multidimensional para determinados objetivos.

Algoritmo da colônia de formigas (ACA)

É um método típico de otimização de inteligência artificial que simula uma colônia de formigas artificial que se ajudam umas às outras para obter soluções eficazes em problemas de otimização complexos.

Teoria Dempster-Shafer (DST)

É uma ferramenta de raciocínio de incerteza que pode ser utilizada para combinar evidências empíricas inesperadas sobre a opinião de um indivíduo e conseqüentemente organizar um quadro coerente da realidade.

Regra da associação (AR)

É uma técnica de procura de padrões frequentes que utiliza regras na forma de implicações para descobrir as associações entre entidades de dados.

Máquina vetor de suporte (SVM)

SVM é a classificação e previsão dados tanto lineares como não lineares.

Árvore de decisão (DT)

Esta é uma técnica muito utilizada para classificação e predição [11].

3. REVISÃO DO PROBLEMA DA SELEÇÃO DE FORNECEDORES

3.1. O PROBLEMA DA SELEÇÃO DE FORNECEDORES

A gestão de compras nos dias de hoje tende a estabelecer parcerias de longa duração com os compradores e utilizar menos fornecedores mas mais confiáveis. Assim, a escolha do fornecedor certo envolve muito mais do que a análise de listas de preços. Posto isto, é natural que o problema da seleção de fornecedores e a sua avaliação se tenha tornado num dos maiores tópicos na literatura de produção e gestão de operações [17].

Para o caso de uma nova compra, a definição do problema consiste na decisão de iniciar um processo de seleção de um novo fornecedor ou de consultar os fornecedores habituais. Para o grupo de compras de produtos que alavanca a definição do problema, é saber até que ponto é preferível aumentar ou restringir o leque de fornecedores habituais. No caso de se tratar de uma compra de rotina, a definição do problema consiste na decisão de substituir ou não o fornecedor habitual [13].

O principal objetivo do processo de seleção de fornecedores é reduzir o risco da compra, maximizar o valor total para o comprador e desenvolver relações de proximidade e de longa duração entre compradores e fornecedores, que ajuda a empresa a alcançar a filosofia “*just-in-time*” (JIT). Assim sendo, é requerido aos fornecedores um conjunto de competências para fazerem parte de um sistema competitivo de aprovisionamento. Para tal, as empresas que se focam no desempenho da cadeia de fornecimento, realizam várias ações e estratégias em particular, os processos de avaliação têm assumido uma importância crucial. Isto representa um ponto de partida obrigatório e crítico para a realização de um sistema cliente-fornecedor colaborativo [17].

3.2. O PROCESSO DE SELEÇÃO DE FORNECEDORES

Como vimos anteriormente, o melhor fornecedor não é necessariamente o que apresenta melhor preço. A seleção de fornecedores deve ter em consideração diversos fatores para escolher entre os potenciais fornecedores. Cunha [13] analisa a importância da seleção de fornecedores e salienta que parte dessa importância advém do facto da mesma poder comprometer os recursos da organização, influenciando diretamente a produção, o planeamento, a tesouraria e a qualidade do produto final.

Diversos autores, consideram diferentes números de fases para a seleção de fornecedores. Após uma pequena revisão, foram encontrados três tipos de processo para a seleção de fornecedores. Assim, Boer [10] citado por Sonmez [32], considera as fases no processo de seleção de fornecedores, apresentadas na figura 1.

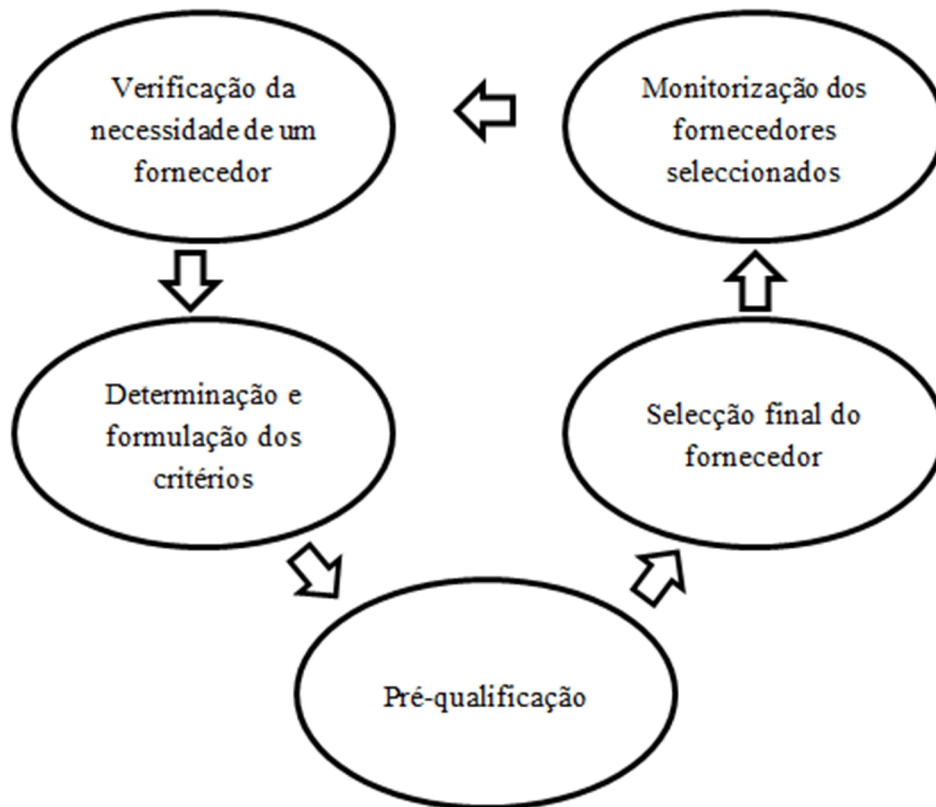


Figura 1 O processo da seleção de fornecedores adaptado de Boer (2003)

Uma outra abordagem a este processo foi encontrada por Wu et al. [38] que baseado em Boer et al. [8], que diz que o processo da seleção de fornecedores, tem quatro fases, descritas na tabela 1.

Tabela 1 Fases da seleção de fornecedores de Wu et al. [38]

Fase	Nova tarefa	Recompra	
	Cadeia de fornecimento ágil	Recompra modificada	Recompra direta
Formulação de critérios	Não existem critérios utilizados anteriormente; Conjunto inicial de parceiros moderado	Critérios utilizados anteriormente disponíveis; Grande conjunto de parceiros iniciais	Critérios utilizados anteriormente disponíveis; Pequeno conjunto de parceiros
Qualificação	Triagem em vez de qualificação; Sem registros históricos disponíveis	Triagem bem como classificação; Dados históricos disponíveis	Triagem em vez de qualificação; Dados históricos disponíveis;
Seleção final	Qualificação em vez de triagem; Muitos critérios; Muita interação; Modelo utilizado uma vez;	Classificação em vez de triagem; Menos critérios; Menor interação; Modelo utilizado novamente	Avaliação em vez de seleção; Alguns critérios; Alguma interação; Modelo utilizado novamente
Feedback aplicação	Alguma procura nova por parte dos consumidores? Modificar ou reconstruir os modelos utilizados anteriormente?	Alterar a estrutura atual de fornecimento? A performance da estrutura da cadeia atual de abastecimento cobre a procura?	Fortes relações? Mais alternativas?

A seleção de fornecedores envolve duas tarefas principais que são também centrais para qualquer problema de decisão:

- Processo de avaliação e apreciação;
- Agregação da avaliação e apreciação para tomar a decisão;

A tarefa de apreciação requer a identificação dos atributos de decisão (critérios) pelos quais os potenciais fornecedores devem ser apreciados. De seguida, escalas de avaliação são determinadas de forma a verificar a adequação dos fornecedores. Estas escalas são úteis e necessárias para determinar os piores e os melhores resultados mais prováveis de cada atributo. O próximo requisito é a atribuição dos pesos aos atributos para indicar a relativa importância e contributo de cada critério para a apreciação do decisor. Além disso, um atributo (atributo pai) pode abranger vários subatributos (atributos filho). Neste caso, são atribuídos pesos aos subatributos de acordo com a sua importância e contribuição para o seu respetivo atributo pai. O último passo na avaliação e apreciação de fornecedores de acordo com os atributos identificados no início utilizando as escalas estabelecidas [32].

3.3. CRITÉRIOS UTILIZADOS

Desde os anos 60, a identificação de atributos e critérios relevantes a serem considerados em problemas de seleção de fornecedores tem constituído uma área de pesquisa atrativa. Tradicionalmente a avaliação dos fornecedores foi fundamentalmente baseada em critérios financeiros. Mais recentemente, tem-se dado mais ênfase a outros aspetos, trazendo múltiplos critérios para o processo de avaliação. Dickson [14], citado por Genovese et al. [17], listou vinte e três critérios para a seleção de fornecedores, baseado num levantamento feito junto de alguns gestores de compras. A análise mostrou que a qualidade, entrega e histórico de performance podem ser considerados por esta ordem, os três critérios mais importantes. Krishnan [22] citado por Genovese et al. [17] atualizou este conjunto de atributos, tendo em conta trinta critérios. Esta lista de atributos (Tabela 2) é uma primeira amostra da complexidade do problema, uma vez que devem ser levados em conta muitos fatores.

Além disso, enquanto alguns desses fatores podem ser facilmente medidos, conceitos qualitativos e intangíveis também estão envolvidos [17]. Segundo Sonmez [32], os critérios de decisão utilizados para a seleção de fornecedores e os pesos a eles atribuídos podem ser diferentes devido a um vasto número de fatores, como as características demográficas dos gestores de compras, o tamanho da organização compradora, a estratégia de aquisição preferida, a existência de uma estratégia de cadeia de abastecimento e o tipo de produtos ou serviços comprados. A agregação desses atributos numa decisão final pode resultar num problema complicado. Por estas razões, um amplo espectro de metodologias foram desenvolvidas e aplicadas nos últimos anos para lidar com o problema da seleção de fornecedores. Mais uma vez, olhando para a natureza do problema, é expectável que as metodologias de tomada de decisão multicritério tenham um papel fundamental nas abordagens propostas para resolver o problema [17].

Tabela 2 Lista de critérios de Genovese et al. [17], adaptado de Krishnan [22]

Critérios	Subcritérios
Serviço pós Venda	Não específica
Localização	
Aparência do produto	
Número de negócios realizados	
Marca	
Capacidade e instalações da produção	
Atitude	
Capacidade JIT	
Qualidade	
Tecnologia	
Relações de trabalho	
Acordos Recíprocos	
Serviço de comunicação	
Capacidade de manutenção	
Reputação e posicionamento na indústria	
Organização e gestão	
Resposta aos requisitos do cliente	
Facilidade de utilização	
Controlo operacional	
Capacidade técnica	
Capacidade de comércio eletrónico	
Capacidade de embalagem	
Suporte técnico	
Produtos amigos do ambiente	
Histórico de performance	
Apoio à formação	
Situação financeira	
Preço	
Garantia e reclamações	
Entrega	

Ware et al. [37], identificaram a grande maioria dos critérios e dos seus subcritérios, que influenciam direta ou indiretamente no processo de seleção de fornecedores. Os autores identificaram como critérios o custo, qualidade, serviços, experiência, fatores de risco, conhecimento de tecnologia de informação, disponibilidade, meio-ambiente. Na tabela 3 estão representados os critérios e subcritérios segundo Ware et al. [37].

Tabela 3 Critérios e subcritérios de Ware et al. [37]

Critérios		Subcritérios	
Custo		Preço Custo logístico	Tarifas e taxas
Qualidade		Conformidade com as especificações Lead time	Avaliação da qualidade Capacidade do processo
Serviço		Fiabilidade da entrega Capacidade de resposta e fiabilidade	Partilha de informação
Histórico		Pesquisa e desenvolvimento Tecnologia Reputação no mercado	Finanças Abertura à comunicação Padrões de ética
Risco		Terrorismo Políticas estrangeiras Estabilidade política	Preceção de corrupção Localização geográfica
Conhecimentos TI		Padrões TI Experiencia TI	Adaptabilidade às TI Disponibilidade de software
Disponibilidade		Habilidade humana Amplitude da linha de produtos Proximidade cultural Política de reembolso	Proximidade geográfica Sistema de gestão de desperdícios Desconto atrativo
Ambiente	Qualitativo	Competencia da gestão Imagem ecológica Projeto para o meio ambiente	Sistema de gestão do meio ambiente Competências ambientais
	Quantitativo	Custo ambiental (efeito poluente)	Custo ambiental (melhoria)

Da mesma forma, Jain et al. [20] realizou uma revisão literária onde construiu uma tabela (tabela 4) com os critérios e subcritérios encontrados.

Tabela 4 Critérios para a seleção de fornecedores, adaptado de Jain et al. [20]

Critérios	Subcritérios	
Custo	Preço Custos de operação	Custo logístico Custos do serviço pós venda
Qualidade	Confiança Durabilidade Qualidades ergonómicas Simplicidade da operação	Comercialização Performance de qualidade Flexibilidade da operação
Serviço	Frequência de entregas Variedade de fornecimento Disponibilidade para modificar o produto Serviço pós venda	Flexibilidade de pagamento Suporte técnico Reação à procura
Relacionamento	Disponibilidade de fornecimento Riscos Visitas às instalações do fornecedor Compatibilidade entre as organizações Estabilidade financeira Confiança Dependencia Semelhança cultural Capacidade de manter relações comerciais	Relações industriais Referências de negócios Número de negócios realizados Base de clientes do fornecedor Contribuição estratégica Expectativa de continuidade Capacidade de identificação de necessidades Capacidade de negociação Confiança e parceria
Organização	Crescimento Inovação Performance ambiental	Capacidade tecnológica Práticas de recursos humanos Tecnologia atual
Tempo de ciclo	Tecnologia futura Localização geográfica Sistemas de gestão financeira Posicionamento na industria e reputação Capacidade de acompanhar o mercado Entregas a horas Lead time da entrega	Capacidade de gestão Gestão de fornecedores Capacidade de produção Histórico de performance Taxa de ocupação velocidade de desenvolvimento

Ho et al. [19] na sua revisão literária tinham como um dos objetivos descobrir o critério de seleção de fornecedor mais popular. Milhares de critérios são propostos. O critério mais popular é a qualidade seguida do prazo de entrega, preço/custo, capacidade de produção, serviço, gestão, tecnologia, pesquisa e desenvolvimento, finanças, flexibilidade, reputação, relacionamento, risco, segurança e ambiente como se pode verificar na tabela 5.

Baseando-se na análise anterior, os autores concluíram que a análise tradicional de apenas um critério, não é robusta o suficiente para lidar com a gestão de fornecedores nos dias de hoje.

Tabela 5 Critérios de avaliação de Ho et al. [19]

Critérios	Subcritérios
Qualidade	Não específica
Entrega	
Preço/Custo	
Capacidade de Produção	
Serviço	
Gestão	
Tecnologia	
Pesquisa e desenvolvimento	
Finanças	
Flexibilidade	
Reputação	
Relacionamento	
Risco	
Segurança e meio ambiente	

Ávila et al. [3], realizaram uma revisão da literatura que abrange os anos de 1966 a 2010, tendo obtido a tabela 6 como resultado de uma síntese dos dados encontrados.

Tabela 6 Síntese da revisão literária dos critérios por Ávila et al [3]

Critérios	Subcritérios	
Custo	Custo do produto Custo logístico Flexibilidade de pagamento	custos do serviço pós venda Custos de formação
Qualidade	Sistemas de gestão da qualidade Grantias Nível de serviço	Orientação para o cliente Sistemas de gestão de qualidade total
Finanças	Rácios Económicos/Financeiros Indicadores de valor acrescentado Estabilidade financeira	Contratualização Preço cotado no mercado financeiro
Sinergias	Potencial das sinergias Localização Aspetos estratégicos	Relacionamentos entre as organizações Aspetos culturais
Produção	Preocupações ambientais Funcionalidades produtivas na produção Inovação	Gama de produtos Capacidade de produção

3.4. REVISÃO DOS MÉTODOS UTILIZADOS NA SELEÇÃO DE FORNECEDORES

Com o intuito de encontrar os modelos multiatributo utilizados na seleção de fornecedores, realizou-se uma pesquisa. Esta pesquisa foi realizada recorrendo a artigos científicos disponíveis na B-on. No decorrer da pesquisa, foram encontradas revisões bibliográficas realizadas ao longo dos anos. Assim sendo, e como o mais importante neste trabalho são os

modelos mais utilizados atualmente, foram utilizadas as revisões bibliográficas encontradas. No levantamento das revisões de literatura, foram encontradas pesquisas que fazem análises entre os anos 1985 e 2012.

No gráfico 1 é possível verificar a distribuição das revisões literárias ao longo dos anos.

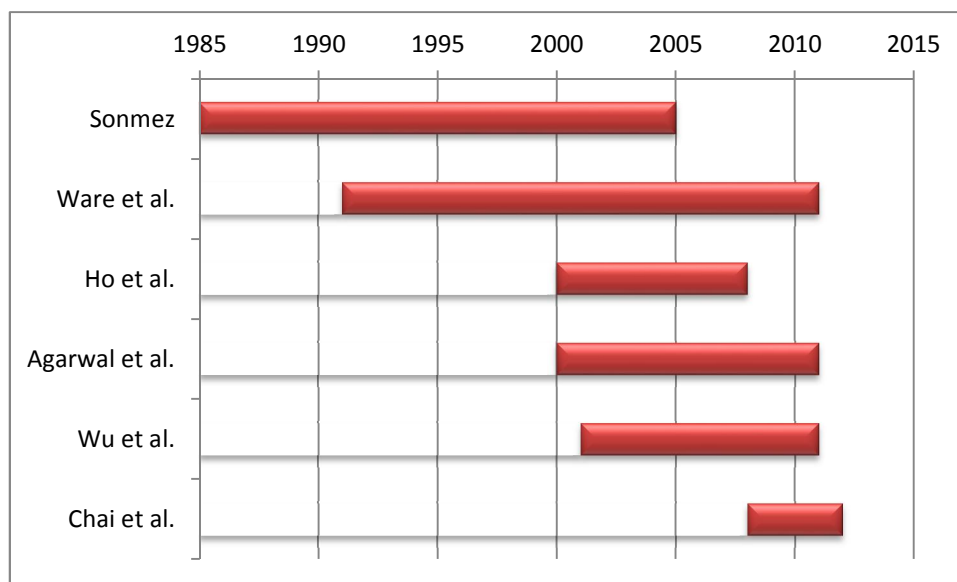


Figura 2 Distribuição das revisões literárias

Um resumo de cada um dos artigos encontrados é descrito de seguida, de forma cronológica das literaturas revistas.

3.4.1. REVISÃO LITERÁRIA DE SONMEZ (2006)

Em 2006 Sonmez [32] realizou uma revisão literária referente aos anos 1985 a 2005. Na sua pesquisa utilizou os termos “*Supplier selection*” e “*Vendor selection*”. Foi realizada uma extensa revisão da literatura, focando os artigos de revistas indexadas como gestão da cadeia de abastecimento. A revisão da literatura foi realizada utilizando as seguintes bases de dados: Science Direct, NESLI, Proquest (ABI/INFORM), Ingenta, Blackwell, Willey science, Emerald, USTOR, Web of science, Swetsnet, EBSCO e Inderscience. Após uma triagem dos artigos, foram selecionados cento e quarenta e sete para a revisão, destes apenas noventa e um fazem referência a métodos de seleção de fornecedores. Os restantes fazem referência a critérios de decisão e/ou relação comprador-vendedor. Foi possível, com a pesquisa realizada, verificar um aumento significativo no número de artigos encontrados com o passar dos anos, começando com quatro entre 1985 e 1989, acabando com oitenta e dois entre 2000 e a primeira metade de 2005.

Com a revisão efetuada, Sonmez [32], constatou que mais de metade dos artigos reviam, reportavam e/ou introduziam o uso de diferentes métodos de tomada de decisão e ferramentas para a seleção de fornecedores. Os métodos de tomada de decisão reportados para a seleção de fornecedores podem ser agrupados em várias categorias: Tomada de decisão multicritério, Programação matemática, inteligência artificial e sistemas inteligentes e análise estatística multivariada. Para além disso, há mais duas categorias, que são um pouco diferentes das categorias mencionadas anteriormente: Tomada de decisão em grupo e vários métodos. Devido à importância estratégica e envolvimento de várias incertezas e riscos associados ao processo de seleção de fornecedores, a atividade de compra é habitualmente levada a cabo por equipas de compras em vez de um só indivíduo. O processo de seleção de fornecedores também diz respeito a outros departamentos para além do departamento de compras, tal como o departamento de produção, financeiro e marketing. Assim, alguns autores salientam a importância de um grupo de decisão racional para o processo de tomada de decisão.

A seleção de fornecedores pode ser feita tendo como objetivo apenas um fornecedor ou vários fornecedores, dependendo da estratégia utilizada pela entidade que efetua a compra. Se uma entidade segue uma estratégia de apenas um fornecedor, a tarefa é a seleção do melhor fornecedor de entre as alternativas que satisfazem os requisitos da entidade compradora. Nestes casos, um único método de decisão capaz de classificar as alternativas, tal como teoria da utilidade multiatributo (MAUT) e o AHP, podem ser utilizados. Vários métodos podem ser necessários para seleccionar vários fornecedores caso seja seguida uma estratégia multifornecedor. Isto porque existem dois tipos de decisão quando temos uma filosofia multifornecedor: (i) Quantos e quais os fornecedores seleccionar e (ii) Quanto devo comprar a cada um dos fornecedores seleccionados. Na tabela 7, são apresentados os métodos de tomada de decisão utilizados na seleção de fornecedores encontrados na revisão bibliográfica realizada por Sonmez [32].

Como pode ser verificado na tabela 7, os métodos de tomada de decisão mais utilizados no espaço de tempo a que o estudo se refere foi a programação matemática, mais especificamente a abordagem baseada no custo total. Contudo, estas abordagens não têm em conta os critérios subjetivos (qualitativos) para a seleção de fornecedores.

Sonmez [32], concluiu ainda que era necessário um modelo que contemplasse os critérios tanto qualitativos como quantitativos. A revisão mostra, que pouco esforço tem sido feito nesta direção.

Tabela 7 Lista dos métodos encontrados nos artigos revistos por Sonmez [32]

Categoria	Métodos	Número de artigos
Inteligência artificial & Sistemas inteligentes	Redes neurais	2
	Raciocínio baseada em casos	8
	Redes Bayesianas	1
Programação matemática	Abordagens baseadas no custo total	16
	Programação não-linear	1
	Programação inteira mista	3
	Programação linear	3
	Programação inteira	2
	Heurísticas	4
	Programação por objetivos	4
MCDM	DEA	5
	AHP	10
	Métodos <i>outranking</i>	2
	MAUT	2
	Ponto ponderado linear	1
	Modelação por opinião	2
	Modelação interpretativa estrutural	1
	Método de categorias	1
Conjuntos Fuzzy	1	
Análise estatística multivariável	Modelação da equação estrutural	2
	Análise do componente principal	1
	Análise do fator	2
	Aproximação do intervalo de confiança	1
Outros métodos de decisão	Tomada de decisão de grupo	8
	Múltiplos métodos	8

3.4.2. REVISÃO LITERÁRIA DE WARE ET AL. (2012)

Em 2012 Ware et al. realizaram uma revisão literária referente aos anos 1991 a 2011. Ware et al. [37] realizaram uma revisão literária de artigos publicados e não publicados sobre as abordagens de tomada de decisão multicritério para o problema de seleção de fornecedores para identificar as tendências passadas e atuais. Os autores procuraram responder às

seguintes perguntas: (i) Quais os critérios de seleção de fornecedores têm tido mais atenção? (ii) Quais abordagens/métodos foram predominantemente aplicadas? (iii) Existe alguma inadequação dos métodos e critérios de seleção que necessitem de maior atenção?

Por vezes, as empresas preferem encontrar um novo fornecedor a manter os mesmos por várias razões. Primeiro, pode haver novos fornecedores, que sejam superiores aos existentes. Segundo, os fornecedores existentes podem sair do negócio, ou o custo das necessidades de subsistência desse fornecedor podem estar a subir. Terceiro, o comprador pode necessitar de mais fornecedores simplesmente para estimular a concorrência, reduzir os riscos de interrupção de fornecimento, ou para atender a outros objetivos empresariais, tais como a diversidade de fornecedores.

A revisão literária foi realizada utilizando frases relacionadas com fornecedor tais como: *supplier selection*, *Vendor selection*, *supplier in supply chain management*, *supplier performance*, *supplier evaluation* e *buyer-supplier relationship*. Em bases de dados como EBSCO, Scopus, Emerald, Elsevier's Science direct, Proquest e IEEE. Entre os anos 1991 e 2011 foram encontrados mais de cento e cinquenta artigos.

A lista artigos selecionados para a revisão incide essencialmente sobre os critérios de seleção, modelação matemática, metodologias utilizadas e casos de estudo baseados no problema de seleção de fornecedores.

A pesquisa realizada por Ware et al. [37], mostra que no início dos anos 90 poucos trabalhos sobre o problema da seleção de fornecedores foram publicados e que o interesse nesta área tem vindo a crescer amplamente. Pode-se concluir que o trabalho na seleção de fornecedores está a ficar popular entre os investigadores. Como se pode verificar na tabela 8, os autores na sua pesquisa encontraram dezasseis artigos que exploram a metodologia AHP, sete recorrem ao ANP, vinte e quatro a teoria Fuzzy, três utilizam o método DEA, dez recorrem à programação linear e não-linear, dezasseis utilizam o processo multiobjectivo, dezasseis recorrem a técnicas de otimização e por fim sessenta e seis utilizam outros métodos.

Tabela 8 Lista dos métodos encontrados nos artigos revistos por Ware et al [37]

Categoria	Métodos	Abreviatura	Nº artigos
Não específica	Processo hierárquico analítico	AHP	16
	Processo de rede analítico	ANP	7
		Fuzzy	24
	Análise envoltória de dados	DEA	3
	Programação linear/não linear	LP/NLP	10
	Processo multiobjectivo	MOP	16
	Técnicas de otimização	OT	11
	Outros		66

A revisão literária levou a crer a Ware et al. [37], que ainda existe muita investigação a ser realizada na seleção de fornecedores. Os autores propuseram alguns pontos que necessitam de maior atenção:

- Problemas de fornecedores globais – A seleção de fornecedores a nível mundial é uma questão mais crítica do que a seleção de fornecedores a nível interno.
- Adaptabilidade às tecnologias da informação – Recentemente tem-se discutido mais o *e-procurement* e o *e-commerce* que envolvem a utilização da internet por parte da empresa para a procura de materiais, controlo de qualidade, transações financeiras, transporte, armazenamento, desalfandegamento e documentação.
- Gestão do risco de seleção de fornecedores – A fidelidade dos fornecedores ainda não foi considerada nos critérios de seleção.
- Seleção de fornecedores com preocupações ambientais – Nos dias de hoje, a preocupação ambiental tem crescido e as empresas tentam adaptar as suas tecnologias para serem mais amigas do ambiente, deste modo as preocupações ambientais dos fornecedores tem de ser levadas em conta.
- Técnicas de otimização – Poucos artigos consideram a integração de técnicas de otimização como os algoritmos genéticos com outras abordagens existentes.

3.4.3. REVISÃO LITERÁRIA DE HO ET AL. (2010)

Em 2010, Ho W. et al., realizaram uma revisão literária referente aos anos 2000 a 2008. Ho, W. et al. [19] constataram que existem pelo menos três artigos que realizam uma revisão da literatura em relação à avaliação e modelos de seleção de fornecedores. Uma vez que esses artigos fazem uma revisão literária até ao ano 2000, Ho, W. et al. [19], estenderam essa revisão através do levantamento das abordagens multicritério para a avaliação e seleção de fornecedores através de uma revisão literária e classificação de artigos internacionais. Baseando-se em setenta e oito artigos recolhidos (procurados em Emerald, Ingenta, Meta-press, ProQuest e ScienceDirect) três questões são analisadas, incluindo: (i) Quais as abordagens predominantemente aplicadas? (ii) Quais os critérios de seleção aos quais foi dada mais atenção? (iii) Existe alguma inadequação das abordagens?

Ho, W. et al. [19], fazem uma distinção na sua análise entre abordagens em que apenas é utilizado um método e abordagens em que é utilizado mais de um método.

A revisão da literatura permitiu aos autores concluir que no período de tempo entre os anos 2000 e 2008 as abordagens que recorrem a apenas um método são ligeiramente mais utilizadas do que as abordagens que utilizam mais de um método. De acordo com a tabela 9 verifica-se ainda que o método mais utilizado é o DEA (Data Envelopment Analysis) seguido pela MP (Mathematic programming), AHP (Analytic Hierarchy Process), CBR (Case-Based Reasoning), ANP (Analytic Network Process), Fuzzy set theory, SMART (Simple multi-attribute Rating Technique) e GA (Algoritmos genéticos). O método DEA tem atraído maior atenção principalmente devido à sua robustez.

De acordo com a tabela 10, os autores verificaram que o método mais utilizado nas abordagens em que se utiliza mais de um método é o AHP. A grande aplicabilidade deste modelo deve-se à sua simplicidade, fácil utilização e grande flexibilidade. A abordagem que combina mais de um método mais utilizada é AHP-GP (GP-Programação por metas). A principal razão é que os métodos possuem vantagens únicas. O processo de verificação da consistência do AHP contribui para prevenir inconsistências porque funciona como um mecanismo de *feedback* para os decisores analisarem e reverem os seus juízos. Consequentemente é garantido que os juízos feitos são consistentes, o que é o ingrediente básico para tomar boas decisões. No entanto, a saída do AHP é meramente os coeficientes de importância relativa dos critérios e subcritérios. No problema da seleção de fornecedores, além da ponderação dos fornecedores, o decisor tem de ter também em

consideração a limitação dos recursos. Por esta razão, o método GP pode compensar o AHP. Ele pode sem dúvida fornecer mais informação e mais útil para os decisores. Baseando-se na análise anterior, os autores acreditam que deve ser benéfico para o processo de tomada de decisão se o AHP e GP forem integrados num só.

Tabela 9 Resumo dos Métodos por Ho, W. et al. [19]

Categoria	Métodos	Nº de artigos
Não específica	DEA	14
	MP	9
	AHP	7
	CBR	7
	ANP	3
	FUZZY set theory	3
	SMART	2
	GA	1

Tabela 10 Resumo das abordagens com mais de um método de Ho, W. et al. [19]

Métodos	Nº de artigos
AHP-GP	6
AHP-DEA	3
ANN-CBR	2
DEA-Multi-objective programming	2
FUZZY-SMART	2
AHP-BI-negotiation	1
AHP-DEA-ANN	1
AHP-grey relational analysis	1
AHP-mixed integer nonlinear programming	1
AHP-Multi-objective programming	1
FUZZY-AHP-cluster analysis	1
FUZZY-GA	1
FUZZY-Quality function deployment	1
ANN-GA	1
ANP-Multi-objective programming	1
ANP-GP	1
DEA-SMART	1
GA-Multi-objective programming	1

Por último, Ho, W. et al. [19], analisaram as limitações das abordagens, limitando-se a analisar apenas as mais utilizadas. Estes, indicam que podem existir três limitações ao método DEA. Primeiro, os decisores podem confundir os critérios de entrada e de saída. Por exemplo, alguns autores consideram preço/custo como um critério de saída, enquanto outros utilizam-no com critério de entrada. O segundo problema deve-se à atribuição subjetiva de classificação aos critérios qualitativos. O terceiro problema deve-se à natureza do DEA. Os fornecedores que geram mais *outputs* enquanto necessitam de menos *inputs* são considerados os fornecedores mais eficientes. Levantando-se uma questão “é um fornecedor eficiente equivalente a um fornecedor eficaz?”

Existe um potencial problema em relação ao AHP. Este pode consumir muito tempo para se chegar a um consenso relativamente aos pesos dados aos critérios.

Os autores conseguiram verificar um aumento no estudo da avaliação e seleção de fornecedores ao longo dos anos.

Embora as abordagens acima mencionadas possam lidar com múltiplos e conflituosos critérios, as abordagens não levam em consideração os impactos dos objetivos das entidades e das partes interessadas nos critérios de avaliação. A ponderação dos critérios é muito dependente das prioridades e estratégias das empresas.

Para dar “voz” às partes interessadas das entidades é proposta uma abordagem em que se integre AHP e QFD (Quality function deployment) [19].

3.4.4. REVISÃO LITERÁRIA DE AGARWAL ET AL. (2011)

Em 2011, Agarwal et al.[2] realizaram uma revisão literária referente aos anos 2000 a 2011. A revisão literária realizada teve como objetivo encontrar a abordagem mais predominante nos artigos e assim apresentar o âmbito futuro de chegar a uma solução ideal para o problema, com base nas especificações, estratégias e exigências dos compradores.

Diferentes investigadores propuseram extensas técnicas MCDM (Tomada de decisão multicritério) para proporcionar uma solução viável e eficaz para o problema de seleção de fornecedores, que inclui principalmente técnicas simples como o modelo das somas ponderadas (WSM) até aos mais complexos, como o processo de hierarquia analítica (AHP), etc.

Agarwal et al. [2], focaram-se nas várias técnicas MCDM propostas no passado e procuraram estudá-las para descobrir a mais predominante. Para isso, os autores reviram sessenta artigos de vários jornais e conferências entre os anos 2000 e 2011. Primeiro, foram estudadas várias abordagens seguidas pelos investigadores para a avaliação de fornecedores, onde foram encontradas as abordagens listadas na tabela 11. A abordagem mais predominante foi identificada, de acordo com Agarwal et al. [2], a metodologia mais aplicada foi a DEA, com 30% dos artigos revistos a fazerem referência a este método, principalmente devido à sua robustez.

Tabela 11 Lista dos métodos encontrados nos artigos revistos por Agarwal et al [2]

Categoria	Métodos	Abreviatura	Nº artigos
	Análise envoltória de dados	DEA	18
Programação matemática	Programação linear	MP	10
	Programação linear inteira		
	Programação não linear inteira		
	Programação por metas		
	Programação multiobjectivo		
	Processo hierarquico analitico	AHP	9
	Raciocinio baseado em casos	CBR	7
	Processo derede analitico	ANP	3
	Fuzzy		6
		SMART	2
	Algoritmo genético	GA	1
Métodos de tomada de decisão baseados em critérios	ELECTRE	CBM	4
	PROMETHEE		

Alguns métodos podem ser benéficos para algumas empresas, por isso, é importante avaliar os fornecedores de acordo com as especificações de cada empresa. Além disso, AHP é utilizado para avaliar os fornecedores de acordo com diferentes categorias para fornecer consistência na seleção de fornecedores. Assim, AHP pode definitivamente ajudar os investigadores e os decisores no cumprimento da tarefa desafiadora que é o problema da seleção de fornecedores de forma eficaz num futuro próximo [2].

3.4.5. REVISÃO LITERÁRIA DE WU ET AL. (2011)

Em 2011 Wu, C., Barnes, D., realizaram uma revisão literária referente aos anos 2001 a 2011. A revisão literária foi realizada uma vez que passou uma década desde a última revisão que os autores consideram como, uma revisão bem estruturada. Os autores identificaram artigos relevantes através da pesquisa realizada no ISI Web of Knowledge, utilizando as seguintes palavras-chave “partner selection”, “Supplier selection” e “Vendor selection” nso campos de “Operations research & management science” e “management”. A pesquisa considerou cento e quarenta artigos.

Uma vez identificados, os artigos foram classificados recorrendo à estrutura baseada em Boer et al. [8]. De acordo com Boer et al. [8] citados por Wu, C., Barnes, D. [38], a etapa da qualificação envolve a redução do um conjunto de todos os possíveis fornecedores num conjunto mais pequeno de fornecedores aceitáveis. Segundo os autores, os métodos utilizados na etapa da qualificação, são os listados na tabela 12.

Tabela 12 Lista dos métodos encontrados na etapa da qualificação nos artigos revistos por Wu et al [38]

Categoria	Métodos	Abreviatura	Nº artigos
Não específica	Análise envoltória de dados	DEA	9
	Modelos de análise de cluster	CAM	3
	Inteligência artificial	AI	10

Os modelos utilizados na etapa da seleção final envolvem a seleção de quais dos parceiros qualificados devem ser utilizados em compras específicas. Na tabela 13, encontram-se listados os métodos encontrados por Wu et al. [38] para esta etapa.

Tabela 13 Lista dos métodos encontrados na etapa seleção final nos artigos revistos por Wu et al [38]

Categoria	Métodos	Abreviatura	Nº artigos
	Modelos de ponderação linear	LWM	4
Programação matemática	Programação por metas	MP	4
	Programação multiobjectivo		6
	Programação inteira		5
	Processo hierarquico analitico	AHP/ANP	12
	Processo de redes analitico		
	Fuzzy		9
	Algoritmos genéticos	GA	5
	Outros modelos		11

De acordo com a pesquisa dos autores, o interesse na seleção de fornecedores tem vindo a crescer e não existem sinais de diminuição.

Segundo Wu, C., Barnes, D. [38], é possível identificar várias abordagens principais utilizadas para a fase final da seleção de fornecedores: ponderação linear, programação matemática, processo analítico de rede/hierárquico e abordagem do conjunto fuzzy. Embora cada um tenha os seus méritos específicos, cada um tem também as suas próprias falhas. Em primeiro lugar, ponderação linear é um método muito simples, mas depende muito do julgamento humano. Uma vez que, diferentes pesos podem ser atribuídos a vários atributos de acordo com o julgamento subjetivo do decisor. Contudo, Bevilacqua et al. [7], citado por Wu, C., Barnes, D. [38], diz que todas as técnicas de ponderação linear são compensatórias. Em segundo lugar, dado um cenário de decisão adequado, a programação matemática permite que os decisores formulem o problema de decisão em termos de uma função objetivo matemática. Pode ser argumentado que os modelos de Programação matemática são mais objetivos do que os modelos de classificação, uma vez que forçam os decisores a definir a função objetivo de uma forma explícita. Por outro lado, os modelos de programação matemática frequentemente apenas consideram os critérios quantitativos e isto pode causar um problema significativo ao considerar critérios qualitativos. Em terceiro lugar, o processo hierárquico analítico (AHP) não considera a interação entre os vários fatores e também não consegue, efetivamente, ter em conta risco e incerteza na estimativa de desempenho do parceiro, uma vez que pressupõe que a importância relativa dos atributos para avaliar o desempenho do parceiro é conhecida com um alto grau de certeza,

segundo Saaty, [29] citado por Wu, C., Barnes, D. [38]. Processo de análise de rede (ANP) pode superar as limitações do AHP, mas não pode resolver o problema de fornecimento detalhado. Por fim, a teoria dos conjuntos Fuzzy, permite tratamento simultâneo de variáveis precisas e imprecisas. Contudo, a teoria dos conjuntos Fuzzy é complexa e seria difícil para os utilizadores compreender e entender o raciocínio para os resultados de saída.

Os autores fizeram as seguintes observações após a realização da revisão literária: Primeiro, até à data, a maior parte dos estudos realizados focam-se na fase da seleção final. As fases que precedem e sucedem esta têm recebido muito menos atenção. Embora a fase de seleção final seja frequentemente a fase com mais visibilidade no processo, a sua qualidade depende muito da qualidade das outras fases. Parece claro que estas fases necessitam de maior atenção. Em segundo lugar, os trabalhos de pesquisa referentes a situações de tomada de decisão de nova tarefa continuam a receber muito menos atenção do que as situações de tomada de decisão de recompra. Esta descoberta indica que os investigadores têm vindo a prestar menor atenção à seleção de fornecedores em ambientes de cadeias de fornecimento ágeis. Em terceiro lugar, a pesquisa mostrou que nem todos os métodos e modelos utilizados na seleção de parceiros são igualmente úteis em todas as situações possíveis. Pelo contrário, eles parecem ser contextualmente específicos. Contudo, a literatura existente parece não abordar adequadamente este problema.

Finalmente e não menos importante, Wu, C., Barnes, D. [38], concluíram que as abordagens mais combinadas são os modelos que incluem programação matemática, AHP/ANP ou abordagens dos conjuntos Fuzzy.

De acordo com Wu, C., Barnes, D. [38], o sucesso de qualquer cadeia de abastecimento ágil é fortemente dependente da sua construção e a seleção de parceiros torna-se então um problema crucial. Contudo, muito poucos investigadores prestaram atenção a este importante e especial ambiente da tomada de decisão. Na revisão literária a maior parte das publicações encontradas foram escritas no contexto da seleção de fornecedores para a compra de matérias-primas e produtos acabados no ambiente de produção. É necessário dar uma maior atenção à seleção de parceiros no contexto de operação de serviços. Os autores verificaram também que existe ainda muito pouca investigação na seleção de parceiros para os contratos públicos.

Segundo os autores, nenhuma metodologia por si só é capaz de resolver o problema da seleção de parceiros, especialmente quando diferentes organizações têm diferentes requisitos qualitativos. É necessária mais investigação para trabalhar no sentido de desenvolver uma nova combinação mais madura de métodos e modelos [38].

3.4.6. REVISÃO LITERÁRIA DE CHAI ET AL. (2013)

Em 2013, Chai et al., realizaram uma revisão literária referente aos anos 2008 a 2012. Os autores consideram que pelo menos dois levantamentos acadêmicos fizeram uma boa revisão da literatura sobre a seleção de fornecedores. As revisões literárias referidas, fazem um levantamento até ao ano 2008. Contudo, segundo Chai et al. [11], houve um grande desenvolvimento nesta área nos cinco anos seguintes, assim resolveram realizar um levantamento dos avanços nesta área.

Na pesquisa que Chai et al [11], levaram a cabo, através de bases de dados académicas como a Science Direct, Emerald, Springer-Link journals, IEEE xplore, Academic search premier e World scientific Net. Utilizaram na sua pesquisa palavras como: “supplier selection”, “vendor selection” e “decision making”. Após uma análise de todos os artigos recolhidos, os autores reviram cento e vinte e três artigos publicados entre 2008 e 2012. Este levantamento literário pretendia responder às seguintes questões: (i) Quais as técnicas de tomada de decisão são mais frequentemente aplicadas? (ii) Quais as relações e categorias entre estas técnicas de tomada de decisão? (iii) Como podem as técnicas de tomada de decisão discutidas na literatura ser integradas de forma eficiente para resolver problemas complexos? (iiii) Qual o estado de desenvolvimento e tendências de pesquisa para seleção incerta de fornecedores?

Segundo Chai et al. [11], a tendência emergente na pesquisa atual é a integração de técnicas de tomada de decisão na construção de um modelo de decisão eficaz para abordar problemas concretos e complexos de seleção de fornecedores, particularmente para a consideração de numerosos fatores de incerteza.

Chai et al. [11], baseando-se na sua investigação resumiram em vinte e seis técnicas de tomada de decisão (DM), técnicas utilizadas na seleção e avaliação de fornecedores. Os autores classificaram as técnicas em três categorias: Técnicas de tomada de decisão multicritério (MCDM), programação matemática (MP) inteligência artificial (AI). Na

tabela 14 estão resumidas as técnicas utilizadas na seleção de fornecedores, encontradas durante o levantamento literário.

Tabela 14 Técnicas de tomada de decisão encontradas por Chai et al. [11]

Categoria	Métodos	Abreviatura	Nº artigos
MCDM	Processo hierárquico analítico	AHP	30
	Processo de rede analítico	ANP	15
	Eliminação e escolha através de expressão da realidade	ELECTRE	4
	Método de preferência e organização e classificação para enriquecimento da avaliação	PROMETHEE	2
	Técnica para a performance do pedido por aproximação com a solução ideal	TOPSIS	18
	Otimização multicritério e solução de compromisso	VIKOR	3
	Avaliação da tomada de decisão e avaliação experimental	DEMATEL	3
	Técnica simples de classificação multiatributo	SMART	1
MP	Análise envoltória de dados	DEA	13
	Programação linear	LP	19
	Programação não-linear	NLP	6
	Programação multiobjectivo	MOP	13
	Programação por metas	GP	7
	Programação estocástica	SP	2
AI	Algoritmos Genéticos	GA	8
	Teoria de sistema cinzento	GST	6
	Redes neurais	NN	5
	Teoria aproximada dos conjuntos	RST	4
	Redes de Bayesian	BN	2
	Árvore de decisão	DT	2
	Raciocínio baseado em casos	CBR	2
	Otimização por enxame de partículas	PSO	2
	Máquina de vetor de suporte	SVM	1
	Regra da associação	AR	1
	Algoritmo de colónia de formigas	ACA	1
Teoria de provas Dempster Shafer	DST	1	

Uma estrutura metodológica universalmente aceite para operar uma seleção de fornecedores de forma eficaz não é determinada devido à complexidade e diversidade do mundo real. De acordo com esta pesquisa, a esmagadora maioria dos artigos revistos tenta integrar várias técnicas num modelo de decisão eficaz para lidar com diferentes questões

da seleção de fornecedores. Assim, os autores destacam o primeiro estudo de tendência atual.

Na tabela 14 é possível verificar que a técnica mais utilizada é AHP, seguida do LP, TOPSIS, ANP, DEA e otimização multiobjetivo. Os métodos de utilidade multiatributo, incluindo AHP e ANP, dominam outras técnicas devido à sua eficácia na classificação e seleção de tarefas. TOPSIS e DEA permanecem significantes na construção de modelos de decisão. Técnicas AI incluindo GA e GST, estão a receber uma considerável atenção. Várias técnicas AI, incluindo SVM, AR, ACA e DST, necessitam de maior investigação em trabalhos futuros.

Na tabela 15, é possível constatar o resumo das abordagens de decisão com respeito às técnicas de tomada de decisão de Chai et al. [11]. Uma abordagem de decisão é compreendida como um modelo de resolução completa que é capaz de efetivamente alcançar os objetivos da decisão. Dada a complexidade do problema da seleção de fornecedores na vida real, a investigação atual tende a integrar múltiplas técnicas de tomada de decisão para estabelecer um modelo de decisão. Técnicas diferentes podem separadamente lidar com os correspondentes subproblemas, aumentando assim o desempenho significativamente à abordagem de decisão. Por esta razão, Chai et al. [11], classificaram todos os artigos selecionados em sete categorias baseados em diferentes ambientes de decisão.

Baseando-se na tabela 7, Chai et al. [11] concluíram que ambientes triangulares Fuzzy são a corrente principal entre 2008 e 2012.

Tabela 15 Resumo das abordagens de decisão relativamente às técnicas DM Chai et al. [11]

Abordagens	Técnicas DM centrais			
Certain Decision Approaches	AHP	AHP,GP	ANP,LP	ANP,LP,GP
	ANP	ANP,TOPSIS,LP	ANP,NLP	DEA,DT,NN
	DEA,LP	DEA	LP	MOP
	GA	GA,MOP,NLP	ELECTRE	NN
	SVM,DT	RST	CBR	AR
	ACA			
Basic Fuzzy Hybrid Approaches	AHP,LP	AHP,MOP,LP	AHP,GP	AHP
	MOP	NN	GA	GST,DST
	TOPSIS	PSO		
Triangular Fuzzy hybrid Approaches	AHP	AHP,GP	AHP,TOPSI G	AHP,PSO
	AHP,ANP	AHP,TOPSIS,DE	AHP,MOP	ANP,NLP
	ANP	ANP,TOPSIS	DEMATEL	DEA,TOPSI
	TOPSIS,LP	NLP	LP	MOP,LP
	SP,TOPSIS	SWOT,LP	TOPSIS	TOPSIS,DE
	ELECTRE	PROMETHEE	DEMATEL	VIKOR
	SMART	GST		
Trapezoidal Fuzzy Hybrid Approaches	TOPSIS,LP	CBR	TOPSIS,GP	VIKOR
	BN	MOP		
Intuitionistic Fuzzy Approaches	TOPSIS	PROMETHEE	LP,GP	
Interval Valued Intuistic Fuzzy Hybrid Approaches	TOPSIS,FP	LP		
Non-Fuzzy Uncertain Hybrid Approaches	AHP,GST	DEA	DEA,MOP	DEA,NN
	GA,MOP,LP	SP	NLP	RST,GST
	GA,GST,GP	GA	BN	

Chai et al. [11], testemunharam o aparecimento de uma nova generalização dos conjuntos Fuzzy chamados Conjuntos Fuzzy hesitantes, que tem recebido bastante atenção. Assim, o estudo desta nova técnica pode ser uma boa direção nos estudos futuros.

Segundo Chai et al. [11], este estudo tem duas limitações. Primeiro, A revisão foca-se na aplicação de técnicas de tomada de decisão para seleção de fornecedores. Outros aspetos importantes, tal como a análise e avaliação de critérios, não foram abordados neste estudo. Em segundo lugar, os artigos revistos foram publicados entre 2008 e 2012. Artigos publicados no fim do ano 2012, se houve, não foram incluídos nesta análise.

4. CONTRIBUIÇÃO PARA A SELEÇÃO DE FORNECEDORES

4.1. PRINCIPAIS CRITÉRIOS PARA A SELEÇÃO DE FORNECEDORES

No decorrer dos anos, muitos têm sido os critérios citados ao longo da literatura. Nesta dissertação, foram já apresentadas várias tabelas com alguns dos critérios que têm vindo a ser utilizados mais recentemente. A análise efetuada aos critérios utilizados engloba apenas artigos que façam a revisão literária nos últimos cinco anos, uma vez que com a evolução do mercado, têm vindo a ser introduzidos novos critérios, mas os anteriores continuam presentes.

A análise das tabelas apresentadas no capítulo anterior permitiu construir a tabela 16 onde são apresentados todos os critérios referidos na literatura revista dos últimos cinco anos. Os critérios foram classificados de acordo com o número de artigos revistos em que estão presentes, assim sendo, consideraram-se três tipos de classificação. Critérios presentes nos cinco artigos revistos são considerados comuns a todos (C), critérios que são referidos de 2 a 4 artigos são considerados parcialmente comuns (P) e por último, critérios que apenas aparecem mencionados em um artigo são critérios não comuns (N).

Podemos agora verificar através da análise da tabela 16 que apenas os critérios qualidade e preço são utilizados regularmente, ou seja, todas as entidades utilizam estes critérios na sua seleção de fornecedores. Os critérios P são critérios que na generalidade todas as organizações consideram importantes. Os critérios classificados como N são critérios que em apenas alguns casos são utilizados, sendo critérios mais específicos.

Como se pode verificar através da análise das tabelas 2 à tabela 6 (apresentadas no capítulo 3) não existe um consenso em relação à separação de critérios e subcritérios.

Existem muitos mais critérios que podem ser tidos em conta aquando da seleção de fornecedores, contudo estes são os critérios que de uma forma geral todas as entidades têm em conta.

Tabela 16 Principais critérios para a seleção de fornecedores

Critérios	Classificação	Critérios	Classificação
Qualidade	C	Serviço pós venda	N
Preço	C	Localização	N
Serviço	P	Aparência do produto	N
Entrega	P	Número de negócios realizados	N
Capacidade de produção	P	Marca	N
Histórico	P	Atitude	N
Risco	P	Capacidade JIT	N
Tecnologia	P	Relações de trabalho	N
Ambiente	P	Acordos recíprocos	N
Reputação	P	Serviço de comunicação	N
Sinergias	P	Capacidade de manutenção	N
Finanças	P	Resposta aos requisitos	N
Relacionamento	P	Facilidade de utilização	N
Organização/Gestão	P	Controlo operacional	N
Disponibilidade	N	Capacidade técnica	N
Tempo de ciclo	N	Capacidade de comércio eletrónico	N
Pesquisa e desenvolvimento	N	Capacidade de embalagem	N
Flexibilidade	N	Suporte técnico	N
Apoio à formação	N	Situação financeira	N
Garantia e reclamações	N		

C – Comum a todos os artigos; P – Parcialmente comum, presente entre 2 – 4 artigos;

N- Não comum, presente em 1 artigo;

No entanto, deve-se reconhecer que um ambiente competitivo pode mudar a importância relativa dos critérios. Posto isto, podemos considerar estes critérios meramente indicativos,

uma vez que diferentes entidades em diferentes ambientes têm prioridades (critérios) diferentes umas das outras.

Como um dos objetivos de uma boa seleção de fornecedores é criar relações duradouras com os fornecedores para evitar a entrada de novos concorrentes e com a crescente preocupação ecológica dos consumidores, dois critérios que devem ser considerados para a seleção de fornecedores e que não têm sido levados em consideração com a devida frequência é o desempenho ambiental e o relacionamento.

4.2. PRINCIPAIS MÉTODOS PARA A SELEÇÃO DE FORNECEDORES

Após a revisão literária realizada no capítulo anterior, foi necessário para o desenvolvimento desta dissertação, encontrar uma maneira de selecionar os métodos mais utilizados ao longo dos anos. Na tabela presente no anexo A, são apresentados os métodos que mais vezes foram referidos na literatura e de entre essa lista foram selecionados apenas os que estão presentes em mais de metade dos artigos. Assim, elaboraram-se três gráficos onde estão representados os métodos que figuram no maior número de artigos da revisão literária. Em primeiro lugar, realizou-se a soma cumulativa destes métodos onde se obteve os resultados apresentados no Figura 3. Como se pode verificar, foram selecionados seis métodos. Estes métodos foram escolhidos, uma vez que figuram em mais de metade dos artigos utilizados na revisão literária.

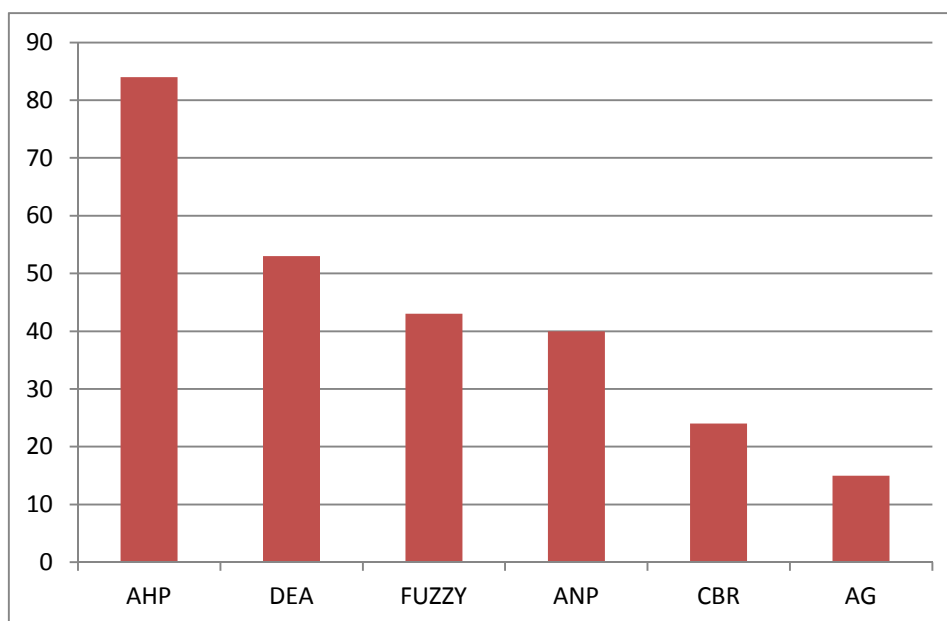


Figura 3 Total de referências por método

Uma vez que alguns dos artigos utilizados na revisão, utilizam fontes já usadas por revisões anteriores, existe o risco de haver repetição de fontes. Assim para reduzir o erro, foi elaborado o Figura 4, onde de todas as revisões, a que tiver maior número de artigos encontrados de um determinado método, esse número é utilizado para construir o Figura 4.

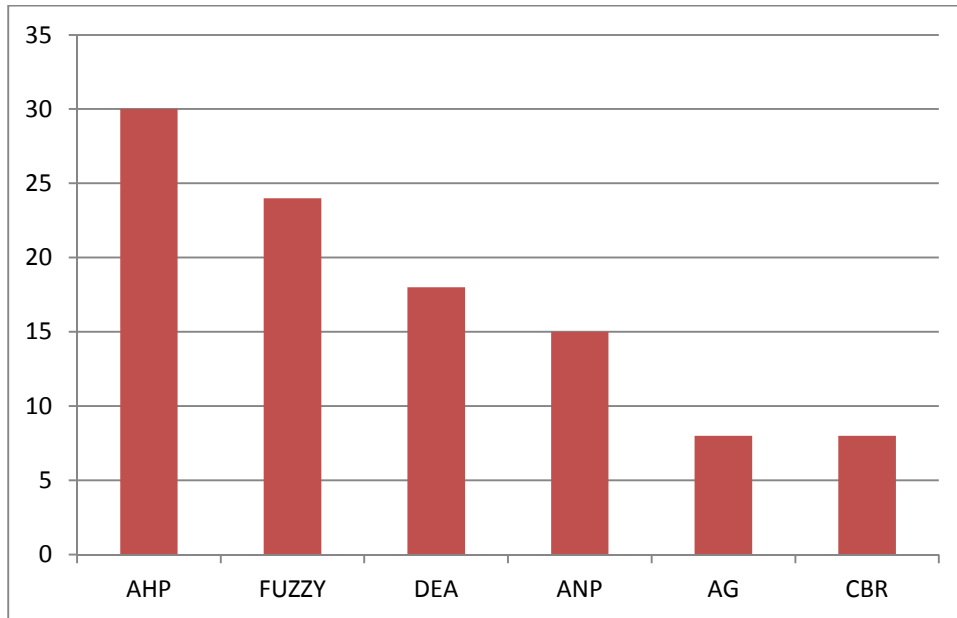


Figura 4 Valor máximo de referências por artigo

Ainda assim, como o número de artigos encontrados de cada método pode ser influenciado pelo número de artigos que cada investigador utilizou na elaboração do seu artigo, foi elaborado o Figura 5, onde o valor máximo encontrado para o Figura 4 é dividido pelo número de fontes utilizadas no respectivo artigo.

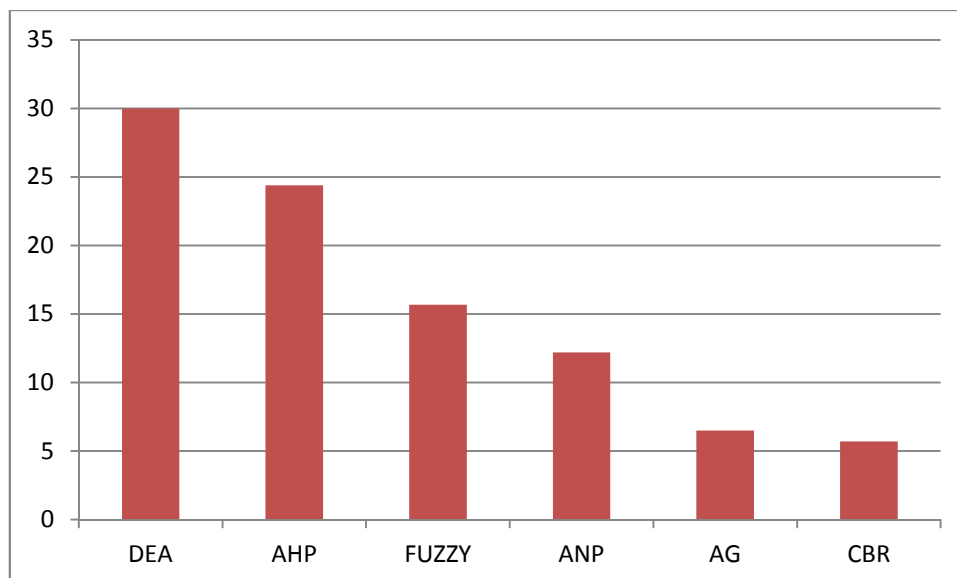


Figura 5 Percentagem de fontes encontradas por artigo

Da análise dos gráficos, é possível concluir que os métodos mais utilizados são o DEA, AHP e os conjuntos Fuzzy. Assim, de seguida, vai ser realizado um estudo destes três métodos para uma melhor compreensão dos mesmos.

4.2.1. PROCESSO HIERÁRQUICO ANALÍTICO (AHP)

Segundo Bastos et al. [5], o método AHP foi um dos primeiros métodos desenvolvidos no ambiente das decisões multicritério discretas. Este método foi criado em 1980 pelo professor Tomas L. Saaty, sendo um dos mais utilizados no mundo.

O método AHP permite ao decisor estruturar problemas complexos de uma forma hierárquica, ou num conjunto de níveis integrados. Normalmente, a hierarquia tem pelo menos três níveis: Os objetivos, os critérios e as alternativas. No caso do problema da seleção de fornecedores, o objetivo é a seleção do melhor fornecedor no geral.

Este método oferece uma metodologia capaz de classificar os diferentes caminhos de ação baseando-se na opinião dos decisores em relação à importância dos critérios e a medida que eles são comparados com cada alternativa. Por esta razão, o AHP é ideal para o problema de seleção de fornecedores.

A análise de um problema hierárquico é baseada no impacto de um determinado nível no seu próximo nível mais alto. O processo inicia-se determinando a importância relativa dos critérios nos objetivos a cumprir. De seguida, o foco muda para avaliar em que medida as

alternativas encontram cada um dos critérios. Finalmente, os resultados das duas análises são sintetizados para calcular a importância relativa das alternativas. Isto é feito quando temos apenas três níveis, caso contrário faz-se nível a nível. Na verdade, na maioria dos casos, os critérios são basicamente divididos em subcritérios.

Juízos administrativos são utilizados para conduzir a abordagem AHP. Estes juízos são expressos em termos de comparações emparelhadas de itens num dado nível da hierarquia em relação ao seu impacto no nível imediatamente superior. Comparações emparelhadas expressam a importância relativa de um item em relação a outro no alcance de um objetivo ou critério [5].

Existem muitas escalas que podem ser utilizadas para quantificar os juízos administrativos, a escala mostrada na tabela 17 é a normalmente utilizada na análise AHP [6].

Tabela 17 Escala fundamental de Saaty (1991)

Intensidade	Pontuação	Forma de Avaliação
1	Igual importância	As duas actividades contribuem igualmente para o objectivo.
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o juízo favorecem uma actividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência ou o juízo favorecem fortemente em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma actividade é fortemente favorecida em relação à outra. Pode ser demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma actividade em relação à outra, com o mais alto grau de segurança.
2,4,6,8	Valores intermédios	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.

Segundo Saaty [28], citado por Bastos et al. [5], o motivo para se trabalhar com a lógica ilustrada na tabela 17 é a existência do denominado limite psicológico, segundo o qual o ser humano pode, no máximo, julgar corretamente 7 ± 2 pontos, ou seja, nove pontos para distinguir essas diferenças. Saaty [28], acrescenta ainda um outro motivo da existência

desta tabela ser de 1-9 é a habilidade para fazer distinções qualitativas, muito bem representadas entre os cinco atributos: igual, fraco, grande, muito grande e absoluta.

Para uma melhor compreensão da aplicação do método AHP, é apresentado um exemplo onde uma entidade pretende selecionar de entre 3 fornecedores (x, y, z) sujeitos aos critérios (A, B, C, D), como mostra a Figura 6.

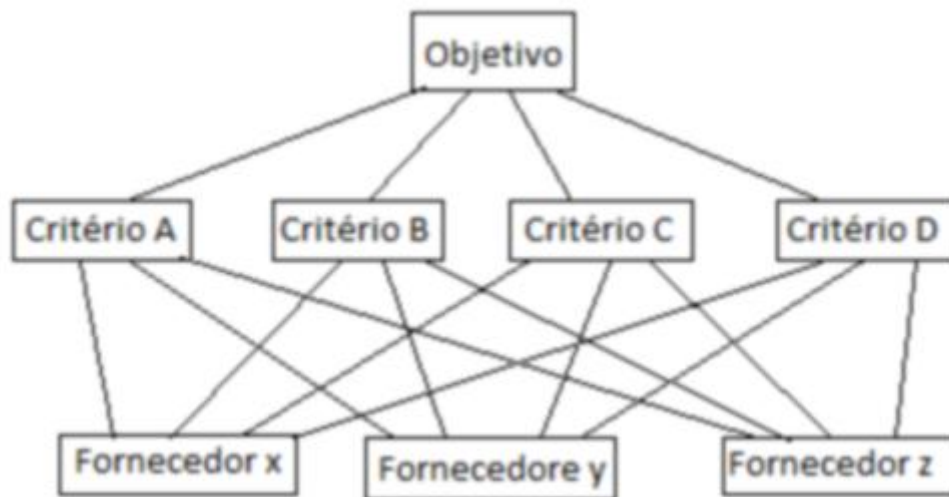


Figura 6 Estrutura hierárquica do problema

Baseado nas prioridades da entidade, o decisor elabora a matriz de comparação de pares apresentada na tabela 18.

Tabela 18 Matriz de comparação de pares

Critérios	A	B	C	D
A	1	3	7	9
B	1/3	1	5	7
C	1/7	1/5	1	3
D	1/9	1/7	1/3	1

Assim, através da análise da matriz, é possível verificar quais os critérios que têm maior importância para a organização. Um bom desempenho no critério A, o critério na primeira linha, é fortemente preferido a um bom desempenho nos critérios C e D. Desta forma, é possível analisar toda a matriz. O decisor apenas necessita de preencher a metade superior da matriz uma vez que, por exemplo, assumindo que a comparação de pares do critério A em relação ao critério B é três, ou o equivalente a um rácio de 3 para 1, então a

comparação de pares do critério B em relação ao critério A tem um rácio de 1 para 3, ou 1/3 [34].

Após se obter as comparações de pares, o próximo passo é a determinação de um vetor de prioridades. Em termos de álgebra, isto consiste em calcular o vetor principal (vetor próprio) da matriz, através da adição de membros de cada coluna para encontrar o total. No próximo passo, por forma a normalizar cada coluna para a soma dar 1.0 ou 100%, divide-se os elementos dessa coluna pelo total da coluna e somam-se. Finalmente, soma-se os elementos de cada linha resultante e divide-se pelo número de elementos da linha para se obter a média [34].

Tabela 19 Soma de cada coluna

Critérios	A	B	C	D
A	1	3	7	9
B	1/3	1	5	7
C	1/7	1/5	1	3
D	1/9	1/7	1/3	1
Soma	1,59	4,34	13,33	20,00

Tabela 20 Divisão de cada elemento da matriz pela soma da respetiva coluna

Critérios	A	B	C	D
A	0,63	0,69	0,53	0,45
B	0,21	0,23	0,38	0,35
C	0,09	0,05	0,08	0,15
D	0,07	0,03	0,03	0,05
Soma	1,00	1,00	1,00	1,00

Obtendo-se assim através da média de cada linha o vetor principal.

$$W = [0.575, 0.293, 0.093, 0.045]$$

É agora necessário calcular o máximo valor próprio (λ_{\max}). O máximo valor próprio pode ser obtido através da soma dos produtos do vetor W com o vetor coluna da matriz recíproca.

$$\lambda_{\max} = 1.59 \times 0.575 + 4.34 \times 0.293 + 13.33 \times 0.093 + 20 \times 0.045$$

$$\lambda_{\max} = 4.2692$$

Após termos encontrado o máximo valor próprio, podemos então calcular o índice de consistência (CI) e o rácio de consistência (CR). O rácio de consistência para a comparação acima é calculado para determinar a aceitação da ponderação de prioridade. O teste de consistência é um dos aspetos essenciais do AHP que visa eliminar a possível inconsistência revelada nos pesos atribuídos aos critérios, através do cálculo do nível de consistência de cada matriz. O índice de consistência é utilizado para determinar e justificar a inconsistência na comparação de pares feitas pelos decisores. Segundo Saaty um CR = 0.10 é aceitável. Se o valor de CR é menor que o valor aceitável, os resultados dos pesos são válidos e consistentes. Por outro lado, se o valor de CR é superior ao valor aceitável, os resultados da matriz são inconsistentes e estão isentos de uma análise posterior [34].

Tabela 21 Índice de consistência aleatório

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

$$CI = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n - 1} = \frac{4.2692 - 4}{4 - 1} = 0.0897$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.0897}{0.9} = 0.0997 < 0.1$$

Temos agora matrizes de comparação para o nível 2. Estas matrizes são feitas para cada fornecedor em relação a cada critério.

Tabela 22 Matriz de comparação de pares em relação ao critério A

Fornecedor	x	y	z	Vetor prioridade
x	1,00	1,00	7,00	0,5105
y	1,00	1,00	3,00	0,3893
z	0,14	0,33	1,00	0,1001
Soma	2,14	2,33	11,00	1,000

$$\lambda = 3.0104, CI = 0.05, CR = 0.0897 < 0.1$$

Tabela 23 Matriz de comparação de pares em relação ao critério B

Fornecedor	x	y	z	Vetor prioridade
x	1,00	0,20	0,50	0,1149
y	3,00	1,00	5,00	0,7028
z	2,00	0,20	1,00	0,1822
Soma	6,00	1,40	6,50	1,000

$$\lambda = 3.088, CI = 0.04, CR = 0.0758 < 0.1$$

A mesma análise pode ser feita para a comparação de pares em relação aos critérios C e D. Contudo, os pesos destes dois critérios é muito pequeno (pode-se verificar no vetor principal de Eigen, em que os pesos são de 9.03% e 4.45%), assim pode-se assumir que o efeito de os deixar de fora pode ser desprezado. Então, as matrizes de comparação de pares do nível 2 que dizem respeito ao critério C e D não são usadas. Neste caso, o peso do critério A e B no vetor próprio tem de ser ajustado para a soma continuar a ser 100%.

$$\text{Ajuste do peso do critério A} = \frac{0.5739}{0.5739 + 0.2913} = 0.663$$

$$\text{Ajuste do peso do critério B} = \frac{0.2913}{0.5739 + 0.2913} = 0.337$$

Por fim, calcula-se o peso total composto de cada fornecedor baseado no peso do nível 1 e no peso do nível 2. O peso total é apenas a normalização da combinação linear da multiplicação entre o peso e o vetor prioridade [34].

$$\text{Fornecedor x} = 0.663 \times 0.5105 + 0.337 \times 0.1149 = 0.3772$$

$$\text{Fornecedor y} = 0.663 \times 0.3893 + 0.337 \times 0.7028 = 0.4949$$

$$\text{Fornecedor z} = 0.663 \times 0.1001 + 0.337 \times 0.1822 = 0.1278$$

Tabela 24 Peso composto dos fornecedores

	Critério A	Critério B	Peso composto
Peso (Ajustado)	0,663	0,337	
Fornecedor x	0,5105	0,1149	37,72%
Fornecedor y	0,3893	0,7028	49,49%
Fornecedor z	0,1001	0,1822	12,78%

Neste exemplo, o fornecedor y é o mais indicado, seguido do fornecedor x como segunda escolha e a pior escolha é o fornecedor z.

4.2.2. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)

DEA é uma metodologia de programação matemática. Segundo Dobos et al. [15] um método geral de solução desse tipo de modelos foi investigado pela primeira vez por Martos [24], que analisou o problema como um caso especial do modelo de programação linear.

De acordo com Shirouyehzad et al. [31], a metodologia DEA tem vindo a ser aplicada com sucesso na avaliação da performance relativa de um conjunto de empresas, habitualmente chamadas decision-making units (DMU), que utilizam os mesmos *inputs* para produzir os mesmos *outputs*. Assumindo que existem n DMU's e as DMU's em consideração convertem I *inputs* em J *outputs*. O objetivo da aplicação do método DEA é identificar as DMU que produzem a maior quantidade de outputs consumindo a menor quantidade de *inputs*. Uma DMU é considerada eficiente se o rácio da soma ponderada dos outputs e a soma ponderada dos *inputs* for a mais elevada.

Muita da pesquisa realizada sobre a avaliação e seleção de fornecedores recai no método DEA e nas suas variantes, uma vez que este método não paramétrico, baseado na programação linear para medir a eficiência relativa de unidades homogêneas que consomem múltiplos *inputs* e produzem vários outputs. Os *inputs* e *outputs* são assumidos como variáveis contínuas positivas e os seus pesos são estimados em favor de cada unidade de avaliação para maximizar a sua eficiência. DEA consegue classificar as unidades em unidades eficientes que atingem índices de eficiência iguais ao limite superior e unidades ineficientes que são aquelas que não conseguem fazê-lo. DEA é um método de avaliação largamente aceite por investigadores e profissionais, pois demonstrou repetidamente a sua

capacidade de lidar eficazmente com várias propriedades conflituosas associadas aos requisitos modernos das ciências administrativas inerentes à seleção de fornecedores [21].

Shirouyehzad et al. [31] apresenta a formulação generalizada do modelo DEA para medir a eficiência dos fornecedores.

$$\text{Minimize } \theta_0 - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m S_i^- + \sum_{r=1}^m S_r^+ \right)$$

Onde,

$$\theta_0 x_{i0} - \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j - s_i^- = 0 \text{ para todos } i = 1, \dots, m$$

$$y_{r0} - \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - S_r^+ = 0 \text{ para todos } r = 1, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j, S_i^-, S_r^+ \geq 0 \text{ Para todos } j = 1, \dots, n \quad i = 1, \dots, m \quad r = 1, \dots, s$$

θ_0 Sem restrições mas assume-se positivo

Onde:

θ_0 É a medida de eficiência para o fornecedor 0;

λ_j Pesos de referência associados ao fornecedor j;

S_i^- São critérios de entrada menos as variáveis;

S_r^+ São critérios de saída mais as variáveis;

ε É um número infinitesimalmente pequeno;

m É o número de critérios de entrada;

n É o número de fornecedores;

s É o número de critérios de saída;

X_{ij} É o valor do critério de entrada para o critério i_{th} e o fornecedor j_{th} ;

y_{rj} É o valor do critério de saída para o critério r_{th} e o fornecedor j_{th} ;

Para melhor se perceber este método, é apresentado de seguida um exemplo de aplicação realizado por Parthiban et al. [26].

Parthiban et al. [26], realizaram um estudo onde desenvolveram uma modelo integrado utilizando técnicas multicritério de tomada de decisão para resolver o problema da seleção de fornecedores. Para o problema do caso de estudo aplicado a um fabricante de peças de automóvel, é necessário avaliar 20 potenciais fornecedores baseando-se em 10 critérios. A metodologia proposta, utiliza a teoria Fuzzy e análise SWOT para realizar uma pré-seleção dos fornecedores e o método DEA é utilizado para a seleção final do fornecedor. Assim, na tabela 25 são apresentados os dados do modelo DEA. Para completar o modelo DEA apresentado na tabela 25, foi considerado um *input* fictício cujo valor é igual a 1 para cada DMU.

Tabela 25 Dados do modelo DEA de Parthiban et al. [26]

DMU's	Output 1 Forças/Fraquezas Valor total ponderado (SWj)	Output 2 Oportunidades/Ameaças Valor total ponderado (Otj)	Input Dummy
S2	0,95934894	0,75835287	1
S3	0,9218248	0,91220084	1
S5	0,93433208	0,77851292	1
S7	0,89368102	0,8514576	1
S10	0,96716564	0,85649814	1
S12	0,88117455	0,920442312	1
S14	0,88117455	0,91220084	1
S16	0,9343329	0,8233411	1
S17	0,92651539	0,83421562	1
S18	0,89368183	0,87771739	1
S20	0,92651539	0,8514576	1

A formulação matemática utilizada para calcular a eficiência de cada DMU (fornecedor) para o modelo DEA apresentado acima é apresentada de seguida. Para calcular a eficiência do fornecedor s2 , o seguinte problema de programação linear (LP) é formulado.

$$Z_2 = \text{MAX} (0,95934894 \times U_1 + 0,75835287 \times U_2)$$

Sujeito a

$$0,95934894 \times U_1 + 0,75835287 \times U_2 \leq 1$$

$$0,92182480 \times U_1 + 0,91220084 \times U_2 \leq 1$$

$$0,93433208 \times U_1 + 0,77851292 \times U_2 \leq 1$$

$$0,89368102 \times U_1 + 0,85145760 \times U_2 \leq 1$$

$$0,96716564 \times U_1 + 0,85649814 \times U_2 \leq 1$$

$$0,88117455 \times U_1 + 0,92042312 \times U_2 \leq 1$$

$$0,88117455 \times U_1 + 0,91220084 \times U_2 \leq 1$$

$$0,93499290 \times U_1 + 0,82334110 \times U_2 \leq 1$$

$$0,92651539 \times U_1 + 0,83421562 \times U_2 \leq 1$$

$$0,89368183 \times U_1 + 0,87771739 \times U_2 \leq 1$$

$$0,92651539 \times U_1 + 0,85145760 \times U_2 \leq 1$$

$$U_1, U_2 \geq \varepsilon$$

Alterando a função objetivo para cada fornecedor, pode ser calculada a eficiência. Ferramentas profissionais, como o LINGO, podem ser utilizadas para resolver este problema LP. Os índices de eficiência finais para os fornecedores são mostrados na tabela 26.

Tabela 26 Ranking e eficiência dos fornecedores

Fornecedor	S2	S3	S5	S7	S10	S12	S14	S16	S17	S18	S20
Eficiência	0,992	1	0,966	0,953	1	1	0,993	0,966	0,965	0,966	0,973
Ranking	5	2	9	11	1	3	4	7	10	8	6

Como se pode verificar pela análise da tabela 17, os fornecedores mais eficientes são o S10, S3 e o S12. Cabe agora aos decisores tomarem a sua opção por qual fornecedor optar [26].

4.2.3. TEORIA DOS CONJUNTOS FUZZY

Desde o seu início em 1965, a teoria dos conjuntos Fuzzy evoluiu de diversas formas e por diversas áreas. Aplicações desta teoria podem ser encontradas, por exemplo, na inteligência artificial, ciência da computação, medicina, engenharia de controlo, teorias de decisão, ciência da administração, pesquisa operacional [39].

Para lidar com um processo de decisão, o decisor tem frequentemente de lidar com dúvidas, problemas e incertezas. Por outras palavras, a linguagem natural para expressar perceção ou julgamento é sempre subjetiva, incerta ou vaga. Para resolver a imprecisão, ambiguidade e subjetividade do julgamento humano, foi introduzida a teoria dos conjuntos Fuzzy para expressar termos linguísticos no processo de tomada de decisão (DM) [18].

As ferramentas lógicas em que as pessoas podem confiar são geralmente consideradas como resultado de uma lógica bivalente (sim/não, verdadeiro/falso), mas os problemas colocados pelas situações da vida real, os processos mentais humanos e as abordagens para a resolução de problemas não são de forma alguma bivalentes. Tão convencional como, a lógica bivalente é baseada em conjuntos clássicos, a lógica Fuzzy é baseada em conjuntos Fuzzy. Um conjunto Fuzzy é um conjunto de objetos em que não há uma fronteira clara ou pré definida entre os objetos que são ou não membros do conjunto. O conceito chave por trás desta definição é o de “membro”: qualquer objeto pode ser membro de um conjunto “em algum grau” e uma proposição lógica pode ser verdade “em algum grau”. Cada elemento num conjunto é associado a um valor indicando em que grau o elemento é um número do conjunto. Este valor pode variar entre $[0,1]$, onde 0 e 1, respetivamente indicam o grau mínimo e máximo de “adesão” ao conjunto, enquanto os valores intermédios indicam o grau de “adesão” parcial.

Esta abordagem ajuda os decisores a resolver problemas de tomada de decisão complexos de uma forma sistemática, consistente e produtiva e tem sido amplamente aplicada para abordar problemas de tomada de decisão com múltiplos critérios e alternativas. Resumidamente, a teoria dos conjuntos Fuzzy oferece uma forma matemática precisa de modelar preferências vagas por exemplo quando se trata de atribuir pesos de performance a

critérios. A teoria dos conjuntos Fuzzy torna possível descrever de forma matemática uma afirmação como: “critério x deve ter um peso por volta dos 0,8” [18].

Para melhor compreender o método Fuzzy, é apresentado um exemplo da sua aplicação.

Chen et al. [12], desenvolveram uma metodologia para resolver problemas de seleção de fornecedores em ambientes imprecisos. Considerando a imprecisão nos dados de decisão e no grupo de processos da tomada de decisão, variáveis linguísticas são utilizadas para avaliar os pesos de todos os critérios e as classificações de cada alternativa com respeito a cada critério. Podemos converter a matriz de decisão numa matriz de decisão Fuzzy e construir uma matriz de decisão Fuzzy ponderada e normalizada, assim que as classificações Fuzzy dos decisores tenham sido dadas. De acordo com o conceito TOPSIS, os autores definiram a solução ideal positiva (FPIS) e a solução ideal negativa (FNIS). Posteriormente, um método vértice é aplicado para calcular a distância entre duas classificações Fuzzy. Utilizando o método vértice, os autores calcularam a distância de cada alternativa da FPIS e da FNIS, respectivamente. Finalmente, um coeficiente de proximidade de cada alternativa é definido para determinar a classificação de todas as alternativas.

As variáveis linguísticas utilizadas por Chen et al. [12], para avaliar a importância dos critérios e classificar as alternativas no que diz respeito a critérios qualitativos, são as apresentadas nas Figura 7 e na Figura 8.

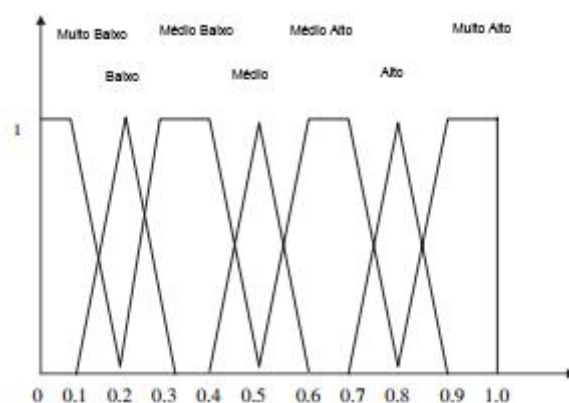


Figura 7 Variáveis linguísticas peso de importância de cada critério de Chen et al. [12]

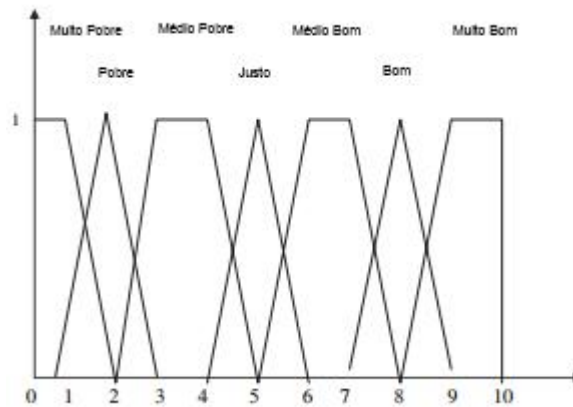


Figura 8 Variáveis linguísticas para as classificações de Chen et al. [12]

A estrutura hierárquica deste problema de decisão é apresentada na Figura 8, onde C1, C2, C3, C4 e C5 são os critérios considerados e A1, A2, A3, A4 e A5 são os fornecedores candidatos.

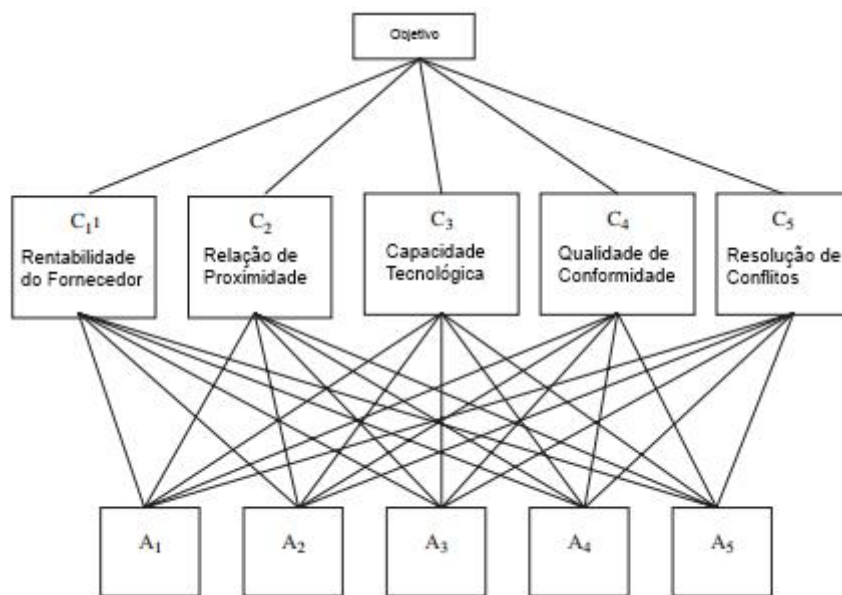


Figura 9 Estrutura hierárquica do problema de Chen et al. [12]

Para a tomada de decisão deste problema, foram considerados 3 decisores, D1, D2 e D3, que utilizam as variáveis linguísticas de ponderação presentes na Figura 7. A ponderação da importância dos critérios por parte de cada um dos decisores, encontra-se na tabela 27.

Tabela 27 Importância dos critérios por parte dos decisores de Chen et al. [12]

Critérios	Decisores		
	D1	D2	D3
C1	H	H	H
C2	VH	VH	VH
C3	VH	VH	H
C4	H	H	H
C5	H	H	H

Os decisores de seguida utilizam as variáveis linguísticas de ponderação da Figura 8 para avaliar os candidatos a fornecedores em relação a cada critério. Esta avaliação encontra-se na tabela 28.

Tabela 28 Classificação dos 5 candidatos pelos decisores em relação aos critérios de Chen et al. [12]

Critérios	Fornecedores	Decisores		
		D1	D2	D3
C1	A1	MG	MG	MG
	A2	G	G	G
	A3	VG	VG	VG
	A4	G	G	G
	A5	MG	MG	MG
C2	A1	MG	MG	VG
	A2	VG	VG	VG
	A3	VG	G	G
	A4	G	G	MG
	A5	MG	G	G
C3	A1	G	G	G
	A2	VG	VG	VG
	A3	VG	VG	G
	A4	MG	MG	G
	A5	MG	MG	MG
C4	A1	G	G	G
	A2	G	VG	VG
	A3	VG	VG	VG
	A4	G	G	G
	A5	MG	MG	G
C5	A1	G	G	G
	A2	VG	VG	VG
	A3	G	VG	G
	A4	G	G	VG
	A5	MG	MG	MG

Onde,

$$MG = \begin{cases} 0, & x < 5 \\ \frac{x-5}{6-5}, & 5 \leq x \leq 6 \\ 1, & 6 \leq x \leq 7 \\ \frac{x-7}{8-7}, & 7 \leq x \leq 8 \\ 0, & x > 8 \end{cases} \quad G = \begin{cases} 0, & x < 7 \\ \frac{x-7}{8-7}, & 7 \leq x \leq 8 \\ \frac{x-8}{9-8}, & 8 \leq x \leq 9 \\ 0, & x > 9 \end{cases}$$

$$VG = \begin{cases} 0, & x < 8 \\ \frac{x-8}{9-8}, & 8 \leq x \leq 9 \\ 1, & 9 \leq x \leq 10 \end{cases}$$

Ou seja,

$$MG = (5,6,7,8) \quad G = (7,8,8,9) \quad VG = (8,9,9,10)$$

Obtendo-se assim a tabela 29, onde as avaliações linguísticas apresentadas na tabela 29 são então convertidas para números Fuzzy trapezoidais

Tabela 29 Classificação dos 5 candidatos pelos decisores em relação aos critérios adaptada de Chen et al. [12]

Critérios	Fornecedores	Decisores		
		D1	D2	D3
C1	A1	(5,6,7,8)	(5,6,7,8)	(5,6,7,8)
	A2	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)
	A3	(8,9,9,10)	(8,9,9,10)	(8,9,9,10)
	A4	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)
	A5	(5,6,7,8)	(5,6,7,8)	(5,6,7,8)
C2	A1	(5,6,7,8)	(5,6,7,8)	(8,9,9,10)
	A2	(8,9,9,10)	(8,9,9,10)	(8,9,9,10)
	A3	(8,9,9,10)	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)
	A4	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)	(5,6,7,8)
	A5	(5,6,7,8)	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)
C3	A1	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)
	A2	(8,9,9,10)	(8,9,9,10)	(8,9,9,10)
	A3	(8,9,9,10)	(8,9,9,10)	(7,8,8,9)
	A4	(5,6,7,8)	(5,6,7,8)	(7,8,8,9)
	A5	(5,6,7,8)	(5,6,7,8)	(5,6,7,8)
C4	A1	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)
	A2	(7,8,8,9)	(8,9,9,10)	(8,9,9,10)
	A3	(8,9,9,10)	(8,9,9,10)	(8,9,9,10)
	A4	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)
	A5	(5,6,7,8)	(5,6,7,8)	(7,8,8,9)
C5	A1	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)
	A2	(8,9,9,10)	(8,9,9,10)	(8,9,9,10)
	A3	(7,8,8,9)	(8,9,9,10)	(7,8,8,9)
	A4	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)	(8,9,9,10)
	A5	(5,6,7,8)	(5,6,7,8)	(5,6,7,8)

Para construir a matriz de decisão Fuzzy e determinar o peso de cada critério, os autores seguiram a seguinte metodologia.

$$\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij})$$

Onde,

$$a_{ij} = \min\{a_{ijk}\} \quad b_{ij} = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k b_{ijk} \quad c_{ij} = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k c_{ijk} \quad d_{ij} = \max\{d_{ijk}\}$$

i – corresponde ao critério;

j – corresponde ao fornecedor

k – é o número de decisores

Assim para o critério 4 (C4) e fornecedor 2 (A2),

D1 – (7,8,8,9); D2 – (8,9,9,10); D3 – (8,9,9,10)

$a_{42} = 7$; $b_{42} = 8.7$; $c_{42} = 8.7$; $d_{42} = 10$;

$\tilde{x}_{42} = (7,8.7,8.7,10)$

A matriz de decisão Fuzzy é apresentada na tabela 21.

Os pesos Fuzzy dos 5 candidatos são obtidos da mesma forma.

$W_j = (W_{j1}, W_{j2}, W_{j3}, W_{j4})$;

Da tabela 18, para o critério 1.

C1 – (H,H,H) ou seja, C1 – $([0.7,0.8,0.8,0.9],[0.7,0.8,0.8,0.9],[0.7,0.8,0.8,0.9])$

$W_{11} = 0.7$; $W_{12} = 0.8$; $W_{13} = 0.8$; $W_{14} = 0.9$

Obtendo-se assim,

$W_1 = (0.7,0.8,0.8,0.9)$

Tabela 30 Matriz de decisão Fuzzy e pesos Fuzzy dos 5 candidatos de Chen et al. [12]

	C1	C2	C3	C4	C5
A1	(5,6,7,8)	(5,6,7,8,10)	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)
A2	(7,8,8,9)	(8,9,10,10)	(8,9,10,10)	(7,8,7,9,3,10)	(8,9,10,10)
A3	(7,8,7,9,3,10)	(7,8,3,8,7,10)	(7,8,7,9,3,10)	(8,9,10,10)	(7,8,3,8,7,10)
A4	(7,8,8,9)	(5,7,3,7,7,9)	(5,6,7,7,3,9)	(7,8,8,9)	(7,8,3,8,7,10)
A5	(5,6,7,8)	(5,7,3,7,7,9)	(5,6,7,8)	(5,6,7,7,3,9)	(5,6,7,8)
Peso	(0.7,0.8,0.8,0.9)	(0.8,0.9,1.0,1.0)	(0.7,0.87,0.93,1.0)	(0.7,0.8,0.8,0.9)	(0.7,0.8,0.8,0.9)

Passando agora a matriz de decisão para uma matriz de decisão normalizada, representada na tabela 31.

Tabela 31 Matriz de decisão normalizada de Chen et al. [12]

	C1	C2	C3	C4	C5
A1	(0.5,0.6,0.7,0.8)	(0.5,0.7,0.77,0.1)	(0.7,0.8,0.8,0.9)	(0.7,0.8,0.8,0.9)	(0.7,0.8,0.8,0.9)
A2	(0.7,0.8,0.8,0.9)	(0.8,0.9,0.9,0.1)	(0.8,0.9,0.9,0.1)	(0.7,0.87,0.87,0.1)	(0.8,0.9,0.9,0.1)
A3	(0.7,0.87,0.93,0.1)	(0.7,0.83,0.83,0.1)	(0.7,0.87,0.87,0.1)	(0.8,0.9,0.9,0.1)	(0.7,0.83,0.83,0.1)
A4	(0.7,0.8,0.8,0.9)	(0.5,0.73,0.77,0.9)	(0.5,0.67,0.73,0.9)	(0.7,0.8,0.8,0.9)	(0.7,0.83,0.83,0.1)
A5	(0.5,0.6,0.7,0.8)	(0.5,0.73,0.77,0.9)	(0.5,0.6,0.7,0.8)	(0.5,0.67,0.73,0.9)	(0.5,0.6,0.7,0.8)

Na tabela 32, é apresentada a matriz de decisão Fuzzy ponderada normalizada. Esta matriz é obtida através da multiplicação do peso de cada critério pelos valores de cada critério e fornecedor da matriz normalizada.

Tabela 32 Matriz de decisão Fuzzy ponderada normalizada de Chen et al. [12]

	C1	C2	C3	C4	C5
A1	(0.35,0.48,0.56,0.72)	(0.4,0.63,0.77,1)	(0.49,0.7,0.74,0.9)	(0.49,0.64,0.64,0.81)	(0.49,0.64,0.64,0.81)
A2	(0.49,0.64,0.64,0.81)	(0.64,0.81,0.9,1)	(0.56,0.78,0.84,1)	(0.49,0.7,0.7,0.9)	(0.56,0.72,0.72,0.9)
A3	(0.49,0.7,0.74,0.9)	(0.56,0.75,0.83,1)	(0.49,0.76,0.81,1)	(0.56,0.72,0.72,0.9)	(0.49,0.66,0.66,0.9)
A4	(0.49,0.64,0.64,0.81)	(0.4,0.66,0.77,0.9)	(0.35,0.58,0.68,0.9)	(0.49,0.64,0.64,0.81)	(0.49,0.66,0.66,0.9)
A5	(0.35,0.48,0.56,0.72)	(0.4,0.66,0.77,0.9)	(0.35,0.52,0.65,0.8)	(0.35,0.54,0.58,0.81)	(0.35,0.48,0.56,0.72)

Para calcular a distância de cada fornecedor à solução ideal é necessário a solução Fuzzy ideal positiva A^* (FPIS) e a solução Fuzzy ideal negativa A^- (FNIS).

A^* é o valor máximo da tabela 23 de cada critério e o A^- é o valor mínimo da mesma tabela de cada critério.

$$A^* = [(0.9,0.9,0.9,0.9),(1,1,1,1),(1,1,1,1),(0.9,0.9,0.9,0.9),(0.9,0.9,0.9,0.9)]$$

$$A^- = [(0.35,0.35,0.35,0.35),(0.4,0.4,0.4,0.4),(0.35,0.35,0.35,0.35),(0.35,0.35,0.35,0.35), (0.35,0.35,0.35,0.35)]$$

A distância entre dois números Fuzzy trapazoidais, pode ser calculada da seguinte forma;

$$d_v(\widetilde{A}_1, \widetilde{A}^*) = \sqrt{\frac{1}{4}[(A_1 - A^*)^2 + (A_2 - A^*)^2 + (A_3 - A^*)^2 + (A_4 - A^*)^2]}$$

Tabela 33 Distâncias entre $A_i(i= 1,2,\dots,5)$ e A^* de Chen et al. [12]

	C1	C2	C3	C4	C5
$d(A_1, A^*)$	0.4	0.37	0.33	0.28	0.28
$d(A_2, A^*)$	0.28	0.2	0.26	0.25	0.21
$d(A_3, A^*)$	0.24	0.27	0.3	0.21	0.27
$d(A_4, A^*)$	0.28	0.37	0.42	0.28	0.27
$d(A_5, A^*)$	0.4	0.37	0.45	0.37	0.4

Tabela 34 Distâncias entre $A_i(i= 1,2,\dots,5)$ e A^- de Chen et al. [12]

	C1	C2	C3	C4	C5
$d(A_1, A^-)$	0.22	0.38	0.39	0.32	0.32
$d(A_2, A^-)$	0.32	0.49	0.46	0.38	0.39
$d(A_3, A^-)$	0.39	0.46	0.44	0.39	0.36
$d(A_4, A^-)$	0.32	0.34	0.34	0.32	0.36
$d(A_5, A^-)$	0.22	0.34	0.28	0.27	0.22

Por fim, é necessário calcular a distância de cada fornecedor à solução ideal positiva (d^*), a distância de cada fornecedor à solução ideal negativa e o coeficiente de proximidade (CC). Para tal, os autores recorreram às seguintes equações:

$$d^* = \sum_{j=1}^n d_v(A_{ij}, A_j^*), i = 1, 2, \dots, 5$$

$$d^- = \sum_{j=1}^n d_v(A_{ij}, A_j^-), i = 1, 2, \dots, 5$$

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}, i = 1, 2, \dots, 5$$

Obtendo-se assim a tabela 35.

Tabela 35 Resultados de d^* , d^- e CC de Chen et al. [12]

	d^*	d^-	$d^* + d^-$	CC
A1	1.66	1.63	3.29	0.5
A2	1.2	2.04	3.24	0.63
A3	1.29	2.04	3.33	0.61
A4	1.62	1.68	3.3	0.51
A5	1.99	1.33	3.32	0.4

Chen et al. [12], definiram variáveis linguísticas para descrever o estado de avaliação de cada fornecedor de acordo com o coeficiente de proximidade. A fim de descrever o estado de avaliação de cada fornecedor, os autores dividiram o intervalo $[0,1]$ em cinco subintervalos. Cinco variáveis linguísticas com respeito aos subintervalos são definidas para dividir a avaliação do estado do fornecedor em cinco classes. As regras de decisão das cinco classes são mostradas na tabela 36.

Tabela 36 Status de aprovação de Chen et al. [12]

Coeficiente de proximidade	Avaliação do estado
	CC $\in [0,0.2]$
CC $\in [0.2,0.4]$	Recomendado com elevado risco
CC $\in [0.4,0.6]$	Recomendado com baixo risco
CC $\in [0.6,0.8]$	Aprovado
CC $\in [0.8,1]$	Aprovado e preferido

De acordo com o *status* de aprovação apresentado na tabela 36, é possível verificar que o fornecedor A2 e o A3 estão aprovados e os restantes são recomendados com baixo risco. Cabe agora aos decisores escolherem qual o fornecedor mais se adequa às suas necessidades.

5. CONCLUSÕES

Esta dissertação teve como objetivo a procura dos critérios e métodos mais utilizados na seleção de fornecedores, através de uma revisão literária. É de realçar que esta investigação visou apenas a literatura, ou seja, estes são os métodos em que a grande maioria dos autores se tem focado e desenvolvido. Na prática, as entidades podem estar a seguir outro caminho.

Através da análise da figura 1 e da tabela 1, Sonmez [32] considera mais uma etapa do que Wu et al. [38] no processo de seleção de fornecedores. Isto mostra a evolução da seleção de fornecedores, uma vez que baseados no mesmo autor (De Boer) mas em anos diferentes, existe a consideração de uma nova etapa na seleção de fornecedores que é a verificação da necessidade de um fornecedor. Esta etapa não deve ser deixada de parte, uma vez que é nesta etapa que se vai definir o tipo de fornecedor pretendido e que condiciona toda a estrutura da seleção do fornecedor. Para além desta nova etapa, Wu et al. [38] introduziram uma nova etapa Monitorização/feedback. Os autores desta ideia reiteram que esta etapa é muito importante e necessária no atual ambiente competitivo. Segundo alguns autores, o processo de seleção de fornecedores não diz apenas respeito ao departamento de compras.

Deve incluir também o departamento de produção, o departamento financeiro e marketing. Assim, deve ser reunido um grupo de decisão para o processo de seleção de fornecedores.

O crescente interesse das organizações na seleção de fornecedores, tornando esta uma área muito importante e alvo de muitos estudos quer no passado como no futuro. A tomada de decisão necessita de mais investigação para se chegar a um consenso quanto aos métodos e critérios mais indicados para a resolução do problema da seleção de fornecedores.

A procura dos critérios mais referidos na literatura, pretende dar um ponto de partida para a seleção dos próprios critérios numa eventual aplicação de um método de seleção de fornecedores, uma vez que cada entidade, conforme as suas prioridades, escolhe os critérios que deve aplicar. Como foi já referido, um critério sobre o qual deveria recair mais atenção, seria o relacionamento, ou seja, a relação entre fornecedor e a entidade, visto que uma relação duradoura é um dos objetivos de uma boa seleção de fornecedores.

Ao longo da revisão literária foi possível verificar que não existe um consenso em relação às categorias em que estão divididos os métodos. Na nossa opinião, a categorização realizada por Chai et al. [11] é a mais indicada. Os métodos que mais frequentemente analisados na literatura são o DEA, o AHP e a teoria dos conjuntos Fuzzy. Com a explicação e a apresentação de exemplos dos três métodos mais referidos na literatura, procura-se permitir ao leitor uma melhor perceção dos métodos e como aplica-los em situações reais.

Durante o desenvolvimento desta dissertação, foi também realizada uma pesquisa da existência de *software* de seleção de fornecedores. Após uma pesquisa e contacto com empresas do ramo de desenvolvimento de *software* para gestão de empresas, chegou-se à conclusão que tal *software* não existe no mercado. O *software* atualmente disponível no mercado permite apenas a gestão de informação de fornecedores. Existe também *software* disponível na internet capaz de utilizar métodos de tomada de decisão, mas não estão especificamente desenhados para a seleção de fornecedores. Talvez por não haver um conjunto de critérios predefinido para a seleção de fornecedores, se torne difícil para as empresas criadoras de *software* desenvolver um *software* generalizado para todas as entidades que pretendam utilizar modelos multiatributo para a seleção de fornecedores, fazendo assim *software* por encomenda e direcionado para um caso específico.

Como um futuro desenvolvimento, sugere-se a elaboração de um *software* de seleção e gestão de fornecedores, ou seja, um *software* capaz de gerir toda a informação dos fornecedores e que consiga através da aplicação de um dos três métodos encontrados selecionar o fornecedor indicado para a entidade. A análise das outras fases da seleção de fornecedores, é um tema que merece ser analisado no futuro, uma vez que todas as fases são importantes na seleção de fornecedores.

Referências Documentais

- [1] Adler, N., Friedman, L., & Sinuany-Stern, Z. (2002). Review of ranking methods in the data envelopment analysis context. *European journal of operational research*, 140(2), P.249-265.
- [2] Agarwal, et al. (2011). A review of multi-criteria decision making techniques for supplier evaluation and selection. *International Journal of Industrial Engineering computations*, 2, P. 801-810.
- [3] Ávila, P., et al. (2012). Proposal of an empirical model for suppliers selection. *Internacional Conference on Health and Social Care Information Systems and Technologies*.
- [4] Baker, D., et al. (2002). *Guidebook to Decision-Making Methods*, WSRC-IM-2002-00002, Department of Energy, USA.
- [5] Bastos, André Luís Almeida, et al. (2011). Modelo Multicritério de Apoio À decisão Para Selecção de Fornecedores. VIII Congresso Nacional de Eficiência em Gestão, Brasil.
- [6] Benyoucef, Lyés, et al. (2003). Supplier selection problem: selection criteria and methods. *Instituto Nacional de Pesquisa em Ciência da computação e controle*, França.
- [7] Bevilacqua, M. et al. (2006). A fuzzy-QFD approach to supplier selection. *Journal of purchasing and supply management*, 12 (1), P.14-27.
- [8] Boer, L. et al. (2001). A review of methods supporting supplier selection. *European journal of purchasing and supply management*, 7:P.75-89.
- [9] Boer, L., Wegen, L. V. W., Telgen, J. (1998). Outranking methods in support of supplier selection. *European journal of purchasing & supply management*, 4, P. 109-118.
- [10] Boer, L., Wegen, M. (2003). Practice and promise of formal supplier selection: a study of four empirical cases. *Journal of purchasing and supply management*, 9(3): P.109-118.
- [11] Chai, j., Liu, J. N. K., Ngai, E. W. T. (2013). Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature. *Expert systems with applications*, 40, P. 3872-3885.
- [12] Chen, Chen-Tung., et al. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *Internacional journal of production economics*, 102 (2006), P.289-301.
- [13] Cunha S. M. A. (2008). *Seleccção de fornecedores – Estudo de caso*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro. Portugal.

- [14] Dickson, G. W. (1966). An analysis of supplier selection systems and decisions. *Journal of Purchasing* 2 (1): P. 5–17.
- [15] Dobos, I., Vörösmarty, G. (2012). Supplier selection and evaluation decision considering environmental aspects. *Budapesti Corvinus Egyetem Vállalatgazdasáтан Intézet, Budapest, Hungary.*
- [16] Fülöp, J. Introduction to decision making methods. Laboratory of operations research and decision systems, Computer and Automation Institute, Hungarian Academy of sciences.
- [17] Genovese, A., et al. (2013). Greener supplier selection: state of the art and some empirical evidence, *International journal of production research*, 51:10, P. 2868-2886.
- [18] Guozheng, Z., (2009). Research on Supplier Selection Based on Fuzzy Sets Group Decision. Second international symposium on computational intelligence and Design.
- [19] Ho, W., et al. (2009). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: a literature review, *European journal of operational research*, 202 (1), P. 16-24.
- [20] Jain, V., et al. (2009). Select supplier-related issues in modeling a dynamic supply chain: potential, challenges and direction for future research, *International journal of production research*. Vol.47, No.11, P.3013-3039.
- [21] Kontis, Alexios-Patapios., Vrysagotis, Vassilios. (2011) Supplier selection problem: A literature review of Multi-criteria approaches based on DEA. *Advances in Management & Applied Economics*, Vol.1, no.2, 2011, P.207-219.
- [22] Krishnan, R. et al. (2008). A hybrid approach to supplier selection for the maintenance of a competitive supply chain. *Expert Systems with Applications* 34: P. 1303–1311.
- [23] Lemes, S. (1996). Aspectos da gestão econômica na atividade de bovinicultura. *Dissertação/ (Mestrado) Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo.*
- [24] Martos, B. (1964). Hyperbolic programming, *Naval Research Logistics Quarterly*, 11, 2. P.135–155.
- [25] Observatório do QREN. Evalsed-guia para avaliação. Manuais técnicos; Manual técnico II: Métodos e técnicas de avaliação; Instrumentos de enquadramento das conclusões da avaliação: Análise multicritério. Website, acessado Junho 7, 2013, em www.observatorio.pt/item1.php?lang=0&id_page=548.
- [26] Parthiban, p. ., et al. (2012). Vendor selection problem: a multiple-criteria approach based on strategic decisions. *International journal of production research*, Vol. 51, No. 5, P.1535-1548.
- [27] Roy, B. (1974). Critères multiples et modélisation des préférences: l’apport des relations de surclassement *Revue d’Economie Politique*.
- [28] Saaty, T.(1991). Método de análise hierárquica. São Paulo: McGraw-Hill, Makron.

- [29] Saaty, T. (1996). Decision making with dependence and feedback: The analytic network process. RWS publications, Pittsburgh.
- [30] Santos, E. S., Ponte, V. (1998). Caderno de estudos, São Paulo, FIPECAFI, Vol.10, No.19, P.43-56.
- [31] Shirouyehzad et al. (2009). A data envelopment analysis approach based on the service quality concept for vendor selection. Department of industrial engineering, Islamic Azad University, Najafabad Branch, Isfahan, Iran.
- [32] Sonmez, M. (2006). A review and critique of supplier selection process and practices, Loughborough University.
- [33] Tahriri, Farzad, et al. (2008). A review of supplier selection methods in manufacturing industries. Suranaree J.Sci.Technol, P.201-208.
- [34] Tahriri, F. ., et al. (2008). AHP approach for supplier evaluation and selection in a steel manufacturing company. Journal of Industrial Engineering and Management. 01(02), P.54-76.
- [35] Teixeira, J. (2013). Estudo empírico da caracterização da selecção de fornecedores. Dissertação de Mestrado. Instituto Superior de Engenharia do Porto. Portugal
- [36] Triantaphyllou, E. (2000). Multi-criteria decision making methods: A comparative study. Kluwer academic publishers.
- [37] Ware et al. (2012). Supplier selection problem: a state-of-the-art review. Management science letters, 2, P. 1465-1490.
- [38] Wu, C., Barnes, D. (2011). A literature review of decision-making models and approaches for partner selection in agile supply chains. Journal of purchasing & supply management, 17, P.256-274.
- [39] Zimmermann, H.J. (2010). Fuzzy set theory. John Wiley & Sons, Vol. 2.

Anexo A.

Tabela de seleção dos métodos mais referidos na literatura, para a realização dos gráficos de seleção dos métodos mais utilizados.

Categoria	Métodos	Sigla	Nº de artigos em que são referidos
AI	Redes Neurais	NN	2
	Algoritmos Genéticos	GA	4
	Raciocínio baseado em casos	CBR	4
	Redes Bayesianas	BN	2
MP	Programação não linear	NLP	3
	Programação multiobjetivo	MOP	3
	Programação linear	LP	3
	Programação inteira	IP	2
	Programação por metas	GP	3
	Análise envoltória de dados	DEA	5
MCDM	Processo hierarquico analítico	AHP	6
	Conjuntos Fuzzy		4
	Processo de análise de redes	ANP	5
	SMART	SMART	3