

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

ELVIO JOSÉ SÊNEDA FILHO

**APLICAÇÃO DE UM MODELO DE SEGMENTAÇÃO DE
FORNECEDORES BASEADO NO SISTEMA DE INFERÊNCIA *FUZZY*
EM UM FABRICANTE DE EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS**

São Carlos

2022

ELVIO JOSÉ SÊNEDA FILHO

**APLICAÇÃO DE UM MODELO DE SEGMENTAÇÃO DE
FORNECEDORES BASEADO NO SISTEMA DE INFERÊNCIA *FUZZY*
EM UM FABRICANTE DE EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado à Escola de Engenharia de São Carlos
da Universidade de São Paulo, como requisito para
a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador: Prof. Titular Luiz Cesar Ribeiro
Carpinetti

Coorientador: Rafael Ferro Munhoz Arantes

São Carlos
2022

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

F478a Filho, Elvio José Sêneda
APLICAÇÃO DE UM MODELO DE SEGMENTAÇÃO DE FORNECEDORES BASEADO NO SISTEMA DE INFERÊNCIA FUZZY EM UM FABRICANTE DE EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS / Elvio José Sêneda Filho; orientador Luiz Cesar Ribeiro Carpinetti ; coorientador Rafael Ferro Munhoz Arantes.
São Carlos, 2022.

Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2022.

1. Desenvolvimento de fornecedores. 2. Gestão de fornecedores. 3. Lógica Fuzzy. 4. Segmentação de fornecedores. 5. Sistema de Inferência Fuzzy. I. Título.

Eduardo Graziosi Silva - CRB - 8/8907

FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: Elvio José Sêneda Filho
Título do TCC: "Aplicação de um modelo de segmentação de fornecedores baseado no Sistema de Inferência <i>Fuzzy</i> em um fabricante de equipamentos eletrônicos"
Data de defesa: 05/07/2022

Comissão Julgadora	Resultado
Professor Titular Luiz Cesar Ribeiro Carpinetti (orientador)	APROVADO
Instituição: EESC - SEP	
Professor Associado Fábio Müller Guerrini	APROVADO
Instituição: EESC - SEP	
Pesquisador Rafael Ferro Munhoz Arantes	APROVADO
Instituição: EESC - SEP	

Presidente da Banca: **Professor Titular Luiz Cesar Ribeiro Carpinetti**

Dedicatória

Dedico esse trabalho a Deus e à Nossa Senhora, que são minha força, refúgio e preenchem de verdadeiro sentido minha vida, dando entendimento para poder realizar minhas tarefas e seguir meu caminho.

Dedico também à minha família: meus pais e minha irmã, por serem minha motivação e me darem sempre todo amor, apoio e força em tudo que faço.

Agradecimentos

Quero agradecer muito a Deus e à Nossa Senhora pela força necessária para realização desse trabalho e por estarem ao meu lado durante toda minha vida.

Agradeço muito ao meu pai, Elvio José Sêneda, à minha mãe, Renata Viginotti Sêneda, e à minha irmã, Larissa Sêneda, por nunca terem medido esforços para me ver feliz e por terem dado todo o amor e muita orientação ao longo de minha vida.

Quero agradecer aos meus familiares e a todos os colegas de classe que me acompanharam e me ajudaram na graduação.

Agradeço ao meu professor orientador e ao meu coorientador, que me deram muito apoio durante o trabalho.

Agradeço também a todas as pessoas que participaram de alguma forma desse trabalho.

Resumo

FILHO, E. J. S. **Aplicação de um modelo de segmentação de fornecedores baseado no sistema de inferência *fuzzy* em um fabricante de equipamentos eletrônicos.** 90 p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso). Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2022.

Com a crescente especialização das empresas em suas competências centrais, os fornecedores acabam por assumir um papel de destaque na cadeia de suprimentos. Isso porque, com essa especialização, o número de operações a serem realizadas fora da empresa cresce. Assim, as melhorias em aspectos como qualidade, custo e entrega dos produtos passam a envolver não somente os processos internos da organização, mas toda a cadeia de suprimentos. Nesse contexto, a gestão de fornecedores se revela uma prática crucial, consistindo em um ciclo de seleção, segmentação e desenvolvimento dos mesmos. A etapa de segmentação consiste em agrupar os fornecedores com características semelhantes de forma a facilitar a adoção de estratégias de relacionamento, especialmente quando a base de fornecedores existentes é grande. Há diferentes métodos de segmentação, dentre os quais estão aqueles que envolvem técnicas quantitativas de apoio à tomada de decisão, como o Sistema de Inferência *Fuzzy* ou *Fuzzy Inference System* (FIS). Essa técnica leva em consideração a imprecisão e subjetividade da linguagem humana, mostrando-se adequada para o gerenciamento em organizações. Osiro, Lima-Júnior e Carpinetti (2014) propuseram um modelo de segmentação de fornecedores baseado no Sistema de Inferência *Fuzzy* que leva em consideração o tipo de item fornecido, além das características dos fornecedores, e apresenta diretrizes de relacionamento entre a empresa compradora e o fornecedor. O presente trabalho tem como objetivo, a partir de uma revisão bibliográfica de modelos de segmentação de fornecedores e sobre a lógica *fuzzy*, aplicar o modelo proposto por Osiro, Lima-Júnior e Carpinetti (2014) em um fabricante de equipamentos eletrônicos, com a participação de especialistas da organização. Através da aplicação, foi possível obter a classificação dos fornecedores e itens avaliados, representando esses resultados em matrizes que facilitam a visualização. Além disso, foi realizada uma análise dos resultados por parte de um dos especialistas, a fim de validar a aplicação do modelo.

Palavras-chave: Desenvolvimento de fornecedores, Gestão de fornecedores, Lógica *Fuzzy*, Segmentação de fornecedores, Sistema de Inferência *Fuzzy*.

Abstract

FILHO, E. J. S. Application of a supplier segmentation model based on Fuzzy Inference System in an electronic equipment manufacturer. 90 p. University of São Paulo at São Carlos School of Engineering, São Carlos, 2022.

The specialization of companies in their core competencies lead to an increasing number of operations made by suppliers. Thus, improvements in aspects such as quality, cost and delivery of products are directly influenced by improvements in supply chain. In this context, supplier management is fundamental. It consists of a cycle of supplier selection, segmentation and development. The segmentation stage consists of grouping suppliers with similar characteristics in order to enable the adoption of relationship strategies, especially when the supplier base is large. There are different segmentation methods, among which are those that involve quantitative techniques to support decision making, such as the Fuzzy Inference System (FIS). This technique takes into account the imprecision and subjectivity of human language, proving to be suitable for management in organizations. Osiro, Lima-Júnior and Carpinetti (2014) proposed a supplier segmentation model based on the Fuzzy Inference System that takes into account the type of item supplied and the supplier characteristics. In addition, the authors present relationship guidelines to help the purchasing company. Thus, the first goal of this work is to present a literature review of supplier segmentation models and fuzzy logic. Besides, it aims to apply the model proposed by Osiro, Lima-Júnior and Carpinetti (2014) in an electronic equipment manufacturer, with the participation of organization's experts. The application allowed to obtain the classification of suppliers and items evaluated, representing these results in matrices that facilitate visualization. In addition, it was possible to present an analysis from one of the experts in order to validate the application of the model.

Keywords: Supplier Development, Supplier Management, Fuzzy Logic, Supplier Segmentation, Fuzzy Inference System.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas envolvidas no relacionamento com fornecedores para uma empresa compradora.....	18
Figura 2 - Portfólio de compras.....	19
Figura 3 - Categorias de segmentação de fornecedores.	20
Figura 4 - Modelo de segmentação de fornecedores.	22
Figura 5 - Diretrizes de relacionamento com fornecedores.....	23
Figura 6 - Proposta de segmentação de fornecedores: abordagem PPM-SPM.	25
Figura 7 - Função triangular.....	27
Figura 8 - Função trapezoidal.....	28
Figura 9 - Esquema do funcionamento do Sistema de Inferência <i>Fuzzy</i>	30
Figura 10 - Funções de pertinência para a avaliação do sabor de uma comida.	31
Figura 11 - Representação de uma classe <i>fuzzy</i>	34
Figura 12 - Classificação de uma saída <i>crisp</i>	35
Figura 13 - Funções de pertinência das variáveis de entrada.	42
Figura 14 - Funções de pertinência da importância da compra e complexidade do mercado fornecedor.....	43
Figura 15 - Funções de pertinência do potencial de parceria e desempenho da entrega.....	46
Figura 16 - Variáveis de entrada e de saída para a dimensão de Importância da compra.	59
Figura 17 - Funções de pertinência para o critério de Impacto do item na segurança.	60
Figura 18 - Representação das notas de entrada, da saída e das regras de um sistema de inferência <i>fuzzy</i>	61
Figura 19 - Matriz de classificação dos itens.	64
Figura 20 - Matriz de classificação dos fornecedores de itens estratégicos.	65
Figura 21 - Matriz de classificação dos fornecedores de itens avançados.	65
Figura 22 - Matriz de classificação do fornecedor de item gargalo.	66
Figura 23 - Superfície da Importância da compra para as variáveis de entrada “Relevância financeira” e “Impacto do item na segurança”.	71
Figura 24 - Superfície da Complexidade do mercado fornecedor para as variáveis de entrada “Complexidade da logística” e “Opções de fornecimento/fornecedor”.	72
Figura 25 - Superfície da Importância da compra para três termos linguísticos.	73
Figura 26 - Superfície da Complexidade do mercado fornecedor para três termos linguísticos.	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Critérios de avaliação de itens e fornecedores.	21
Tabela 2 - Critérios de avaliação de itens e fornecedores utilizados na aplicação.	38
Tabela 3 - Parâmetros das funções de pertinência das variáveis de entrada.	42
Tabela 4 - Parâmetros das funções de pertinência da importância da compra e complexidade do mercado fornecedor.	43
Tabela 5 - Base de regras da dimensão de importância da compra.	43
Tabela 6 - Base de regras da dimensão de complexidade do mercado fornecedor.	44
Tabela 7 - Parâmetros das funções de pertinência de potencial de parceria e desempenho da entrega.	46
Tabela 8 - Base de regras da dimensão de potencial de parceria.	47
Tabela 9 - Base de regras da dimensão de desempenho da entrega.	49
Tabela 10 - Relação de critérios e áreas responsáveis pela avaliação.	53
Tabela 11 - Avaliação dos critérios de classificação dos itens.	55
Tabela 12 - Avaliação dos critérios de classificação dos fornecedores.	57
Tabela 13 - Resultados da avaliação dos itens.	62
Tabela 14 - Resultados da avaliação dos fornecedores.	63
Tabela 15 - Diretrizes de relacionamento para os fornecedores do estudo.	67

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. Contextualização e justificativa	13
1.2. Objetivos	15
1.3. Estrutura do trabalho	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1. Gestão de fornecedores	17
2.2. Portfólio de compra e modelos de segmentação de fornecedores	18
2.3. Lógica <i>fuzzy</i>	26
2.4. Lógica <i>fuzzy</i> e segmentação de fornecedores.....	29
2.5. Sistema de inferência <i>fuzzy</i>	30
2.5.1. Método de classificação <i>fuzzy</i>	33
3. APLICAÇÃO DE UM MODELO DE SEGMENTAÇÃO DE FORNECEDORES BASEADO NA LÓGICA <i>FUZZY</i> EM UM CASO REAL.....	36
3.1. Contextualização da aplicação	36
3.2. Colaboradores da empresa envolvidos na aplicação.....	36
3.3. Passo 1: definição dos critérios de avaliação do item e do fornecedor.....	37
3.3.1. Itens: funções de pertinência e bases de regras	41
3.3.2. Fornecedores: funções de pertinência e bases de regras.....	45
3.4. Passo 2: classificação dos itens e fornecedores	52
3.4.1. Inferência <i>fuzzy</i> e resultados	59
3.5. Passo 3: análise de <i>gap</i> dos fornecedores com base no tipo de item e diretrizes para desenvolvimento de fornecedores.....	64
4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	70
5. CONCLUSÃO	74
6. REFERÊNCIAS	76
APÊNDICE A – Formulário de Avaliação de Pesos dos Critérios	78
APÊNDICE B – Respostas do Formulário de Avaliação dos Pesos dos Critérios	87

1. INTRODUÇÃO

Nesse capítulo, serão apresentadas a contextualização e justificativa do trabalho, além dos objetivos e a estrutura.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA

O foco das empresas em operações que estão diretamente ligadas às suas competências tem levado, cada vez mais, a uma maior participação de seus fornecedores no atendimento de suas operações não centrais (PRAJOGO et al., 2012). Essa especialização das empresas implica na busca pelo relacionamento com parceiros que sejam capazes de atender às suas demandas. Isso se justifica uma vez que a cadeia de suprimentos impacta diretamente em aspectos como garantia da qualidade, baixo custo e entrega rápida dos produtos (LEE; DRAKE, 2010).

Em um mercado global, o crescimento em competitividade por parte das empresas deve estar ligado a melhorias na cadeia de suprimentos (PRAJOGO et al., 2012). Assim, nesse contexto, o relacionamento com os fornecedores é uma tarefa constante. De acordo com Shiralkar, Bongale e Kumar (2021), o ciclo de gerenciamento de fornecedores é composto por seleção, segmentação e desenvolvimento dos fornecedores. A etapa de seleção consiste no processo de transformar um conjunto de possíveis fornecedores em um grupo menor, auxiliando na escolha final dos fornecedores de uma empresa (LIMA JÚNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013). Por outro lado, o desenvolvimento de fornecedores é uma prática adotada por determinada empresa, a partir de suas necessidades de compra, para auxiliar os fornecedores a melhorarem sua performance (GOVINDAN; KANNAN; HAQ, 2010). O desenvolvimento de fornecedores auxilia as organizações em benefícios como redução de custos, melhoria da produtividade e qualidade, além da otimização do uso de recursos (REZAEI; WANG; TAVASSZY, 2015).

A segmentação dos fornecedores consiste na classificação destes em grupos, de acordo com características semelhantes, a fim de facilitar a criação de estratégias de relacionamento para cada um (REZAEI; ORTT, 2012; BAI; REZAEI; SARKIS, 2017). A segmentação auxilia em casos, por exemplo, em que uma organização apresenta uma base grande de fornecedores para gerenciar, apoiando o uso de recursos limitados nessa gestão (REZAEI; FALLAH LAJIMI, 2019; SHIRALKAR; BONGALE; KUMAR, 2021).

Diversos autores propuseram modelos para segmentação de fornecedores (REZAEI; ORTT, 2012; OSIRO; LIMA-JÚNIOR; CARPINETTI, 2014; REZAEI; FALLAH LAJIMI, 2019; ALOINI et al., 2019). Rezaei e Ortt (2012), por exemplo, propõem um modelo utilizando critérios para avaliar a capacidade do fornecedor (“*capabilities*”) e a disposição dos fornecedores em iniciar e continuar uma relação com o comprador (“*willingness*”).

No entanto, o processo de decisão das estratégias a serem usadas para lidar com os fornecedores depende não somente da avaliação dos fornecedores com base em sua performance, mas também do tipo de item fornecido (OSIRO; LIMA-JÚNIOR; CARPINETTI, 2014). De acordo com Lee e Drake (2010), um dos métodos mais utilizados para classificar componentes é a análise ABC. No entanto, os autores afirmam que esse método pode distorcer a análise em casos como de itens com alto custo de consumo, porém baixo impacto na qualidade. Por outro lado, Kraljic (1983) apresenta um portfólio de compras através de critérios que avaliam as dimensões de importância da compra e complexidade do mercado fornecedor, resultando na classificação de itens comprados em quatro categorias: itens não-críticos, itens alavancados, itens gargalo e itens estratégicos.

A segmentação de fornecedores está inserida em um contexto de processo de tomada de decisão, no qual o uso de variáveis qualitativas por parte de gestores é comum (OSIRO, 2012). A teoria dos conjuntos *fuzzy* vem sendo utilizada como solução para tratar dessas variáveis, que podem envolver imprecisão (LIMA JÚNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013). Borges e Lima Júnior (2020), em uma revisão sistemática da literatura sobre modelos quantitativos de suporte à decisão para segmentação de fornecedores, selecionaram 26 trabalhos de diferentes bases de dados. Alguns artigos estudados apresentavam técnicas quantitativas combinadas. Os autores evidenciaram que o uso de Inferência *Fuzzy* aparece apenas 3 vezes (de um total de 40, contando todos os usos de técnicas). Nessas ocorrências, os autores aplicam o Sistema de Inferência *Fuzzy* ou *Fuzzy Inference System* (FIS) através de diferentes dimensões de avaliação. Rezaei e Ortt (2013) aplicam o FIS para avaliar fornecedores segundo as dimensões de “Capabilidade” e “Disposição para colaborar”, propostas por Rezaei e Ortt (2012). No trabalho de Osiro, Lima-Júnior e Carpinetti (2014), o FIS é aplicado em duas etapas: em uma delas para a classificação de itens através das dimensões propostas por Kraljic (1983) (“Importância da compra” e “Complexidade do mercado fornecedor”) e na outra para a classificação de fornecedores, utilizando as dimensões de “Potencial de parceria” e “Desempenho de entrega”. Por fim, Aloini et al. (2019) aplicam o FIS para a classificação de fornecedores através das dimensões “Atratividade relativa do fornecedor” e “Intensidade do relacionamento”, propostas por Olsen

e Ellram (1997). Os autores também utilizam as dimensões propostas por Kraljic (1983) em seu trabalho, porém não aplicam o FIS para classificação dos itens nessas dimensões.

Saugo (2022) complementou a revisão bibliográfica realizada por Borges e Lima (2020), encontrando 7 ocorrências (de um total de 47) de aplicações da técnica de Inferência *Fuzzy* para segmentação de fornecedores, sendo a segunda técnica mais empregada dentre as outras apresentadas no estudo. Assim, considerando a possibilidade de expansão de estudos em segmentação de fornecedores com uso de técnicas quantitativas de apoio à tomada de decisão, percebe-se a oportunidade de aplicar o modelo de segmentação proposto por Osiro, Lima-Júnior e Carpinetti (2014), adaptado, em um caso real. A escolha do modelo se justifica pelo uso de uma técnica quantitativa conhecida e consolidada em pesquisas na área de gestão de fornecedores (OSIRO, 2012; REZAEI; ORTT, 2013; OSIRO; LIMA-JÚNIOR; CARPINETTI, 2014; ALOINI et al., 2019). Além disso, esse modelo considera a classificação do tipo de item fornecido, o que não é apresentado em outros, como, por exemplo, o de Rezaei e Ortt (2013). Por outro lado, Aloini et al. (2019) consideram a classificação de itens em seu modelo, porém os autores não utilizam um FIS para essa classificação, o que é feito no trabalho de Osiro, Lima-Júnior e Carpinetti (2014). Por fim, a escolha se baseou nas dimensões utilizadas para classificação dos fornecedores (potencial de parceria e desempenho da entrega), que são distintas das outras dimensões mais conhecidas na literatura, e também nas diretrizes de relacionamento com fornecedores, apresentadas pelos autores. O presente trabalho também propõe a validação dos resultados através da opinião de um especialista, uma vez que Borges e Lima-Júnior (2020) constataram que poucos estudos foram validados dessa forma.

1.2. OBJETIVOS

Este trabalho apresenta como objetivo geral a aplicação, em um caso real, de um modelo de segmentação de fornecedores baseado no uso de Inferência *Fuzzy* para apoio no processo de gerenciamento de fornecedores.

Como objetivos específicos, o presente trabalho pretende:

I. Apresentar uma revisão bibliográfica sobre alguns dos principais modelos de segmentação para auxílio na gestão de fornecedores, além da Teoria dos Conjuntos *Fuzzy* e Sistemas de Inferência *Fuzzy*;

II. Aplicar em um caso real uma adaptação do modelo proposto por Osiro, Lima-Júnior e Carpinetti (2014), baseado em Sistemas de Inferência *Fuzzy* para segmentação de fornecedores;

III. Apresentar resultados e discussão do estudo, com breve apresentação de diretrizes relacionadas às estratégias de relacionamento com fornecedores.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em 5 capítulos, além do capítulo de referências. A primeira parte apresenta a introdução, justificativa e objetivos do projeto de TCC. No capítulo 2, é apresentada uma revisão bibliográfica da literatura sobre segmentação de fornecedores e sobre a Teoria dos Conjuntos *fuzzy*, incluindo a técnica Sistema de Inferência *Fuzzy*.

No capítulo 3, é apresentada a aplicação de um modelo de segmentação de fornecedores baseado no Sistema de Inferência *Fuzzy* em um caso real. Nesse capítulo, é feita uma breve descrição do contexto da empresa e, em seguida, apresenta-se o passo a passo da aplicação, começando pela definição dos critérios de avaliação e dos parâmetros do modelo; em seguida, é apresentada a inferência *fuzzy* e os resultados, além das diretrizes de relacionamento com fornecedores. O capítulo 4 é composto por uma análise sobre os resultados, além da validação dos mesmos com base na opinião de um especialista. E, por fim, o capítulo 5 traz a conclusão do trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nessa seção, será apresentada uma revisão bibliográfica da literatura sobre a segmentação de fornecedores, evidenciando alguns modelos propostos por diferentes autores. Além disso, são apresentados os principais conceitos ligados à lógica *fuzzy*, incluindo a Teoria dos Conjuntos *Fuzzy* e o Sistema de Inferência *Fuzzy*.

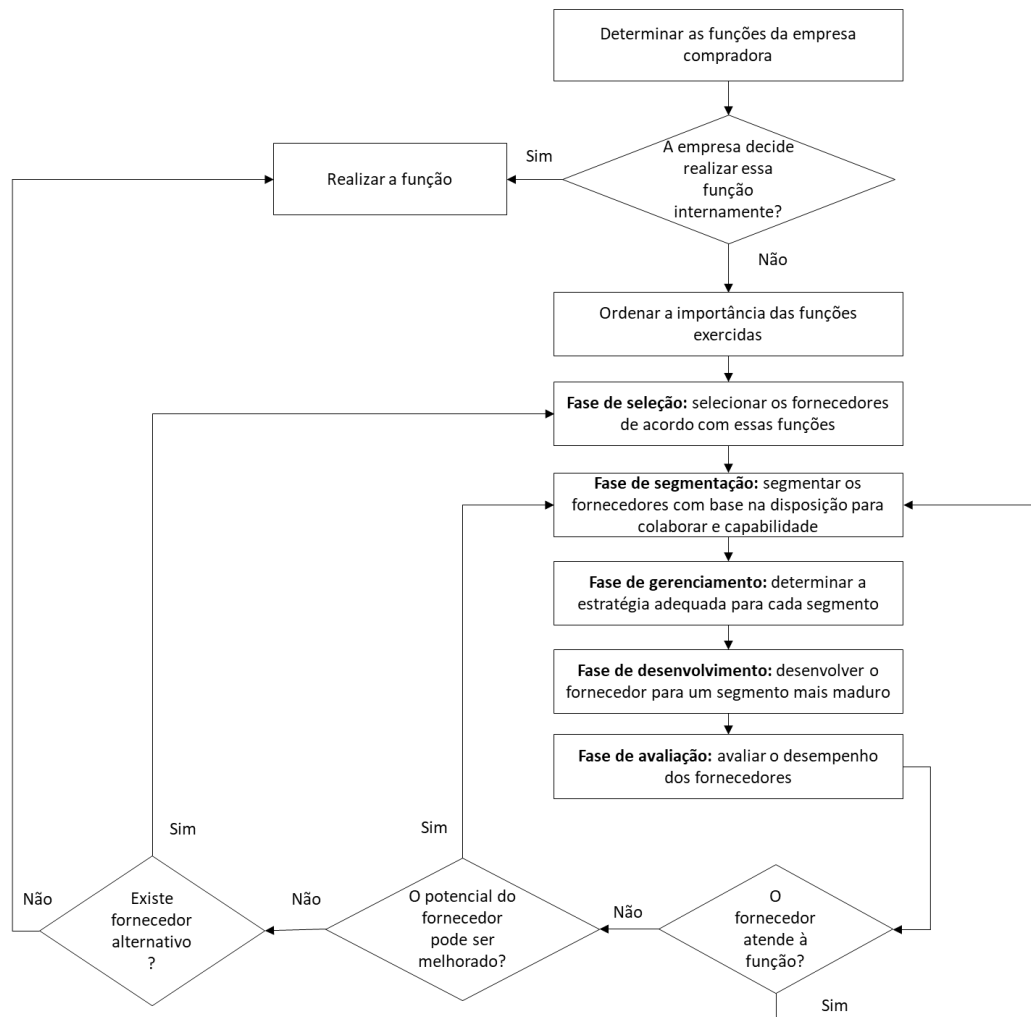
2.1. GESTÃO DE FORNECEDORES

Com a tendência das empresas em destinar tarefas não centrais a parceiros, a busca pelo crescimento em competitividade por uma organização deve passar não somente por melhorias internas, como a aplicação do *lean manufacturing*, mas também deve estar associada a melhorias em sua cadeia de suprimentos (PRAJOGO et al., 2012). Além disso, para uma empresa atender às necessidades de seus clientes através de seus produtos, ao mesmo tempo que busca a redução de custos e a sobrevivência no mercado, é essencial buscar uma integração além das fronteiras internas, ou seja, entre todos os participantes da cadeia responsável pela produção (OSIRO, 2012). Nesse contexto, entra a gestão da cadeia do produto, e, consequentemente, da cadeia de suprimentos.

Considerando que os fornecedores são parte da cadeia de suprimentos de uma organização, gerenciar o relacionamento com eles também tem um papel importante no sucesso das empresas. A gestão de fornecedores pode ser baseada nas etapas de seleção, segmentação e desenvolvimento (REZAEI; WANG; TAVASSZY, 2015; SHIRALKAR; BONGALE; KUMAR, 2021). A segmentação de fornecedores auxilia na criação de estratégias de relacionamento com os fornecedores, apoiando a etapa de desenvolvimento (REZAEI; ORTT, 2012).

Na Figura 1 está representado um fluxograma através do qual Rezaei e Ortt (2012) definem as atividades de relacionamento com fornecedores para uma empresa compradora. A partir da identificação das funções da empresa, é avaliado se ela consegue realizar internamente as tarefas. Se não conseguir, haverá uma fase de seleção dos fornecedores para as funções mais importantes. Em seguida, ocorre a etapa de segmentação, a qual auxiliará na definição da melhor estratégia de gerenciamento dos fornecedores a fim de desenvolvê-los. Por fim, o desempenho dos fornecedores é avaliado. Os próximos passos do fluxograma são definidos a partir dessa avaliação.

Figura 1 - Etapas envolvidas no relacionamento com fornecedores para uma empresa compradora.



Fonte: Adaptado de Rezaei e Ortt (2012).

Diversos autores elaboraram modelos de segmentação que auxiliam na gestão de fornecedores. A seguir, serão apresentados alguns desses modelos.

2.2. PORTFÓLIO DE COMPRA E MODELOS DE SEGMENTAÇÃO DE FORNECEDORES

O modelo proposto por Kraljic (1983) é um portfólio de compras amplamente usado na literatura, particularmente em estudos de aplicação de técnicas quantitativas de apoio à decisão (OSIRO, 2012; OSIRO; LIMA-JÚNIOR; CARPINETTI, 2014; ALOINI et al., 2019). O autor do modelo propõe duas dimensões: importância da compra e complexidade do mercado fornecedor. Cada uma das dimensões é representada em um eixo de uma matriz e podem assumir os níveis “baixo” e “alto”, resultando em quatro quadrantes (Figura 2).

O modelo associa alguns critérios para a avaliação de cada dimensão. Para a dimensão de “Importância da compra”, têm-se, por exemplo: valor agregado por produto, a participação das matérias-primas no custo total e o impacto delas na lucratividade. No caso da “Complexidade do mercado fornecedor”, alguns critérios são: nível de capacidade tecnológica, barreiras de entrada, custos logísticos, complexidade logística, condição de oligopólio ou monopólio.

Figura 2 - Portfólio de compras.



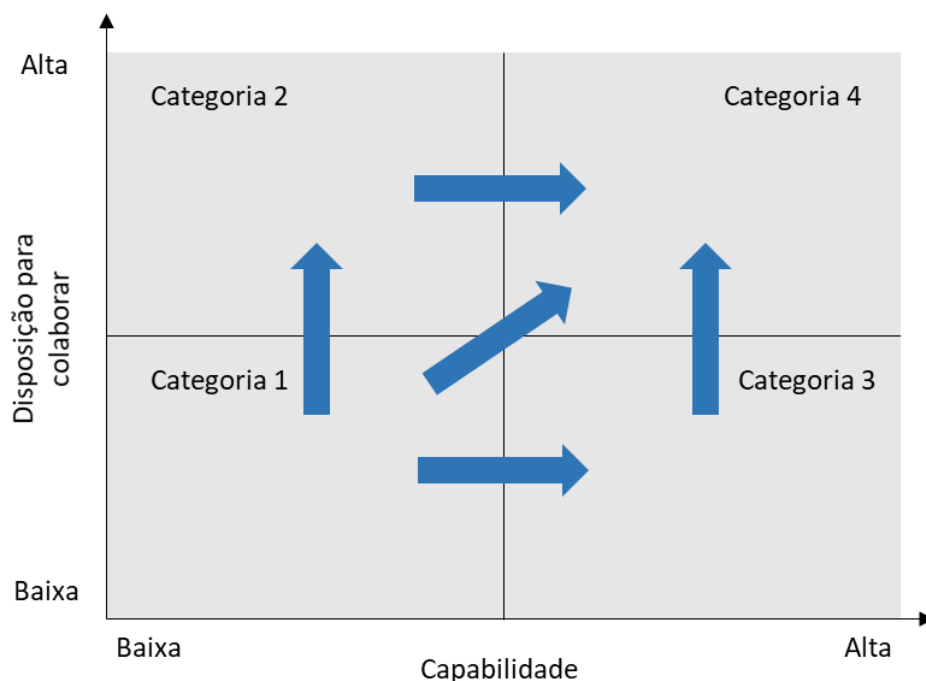
Fonte: Adaptado de Kraljic (1983).

No quadrante I estão situados os itens não-críticos. Para este tipo de item, o fornecimento é abundante, com muitas opções no mercado, porém, a importância da compra é baixa. No quadrante II estão os itens alavancados, apresentando alta importância da compra, porém com fornecimento abundante. Os itens gargalos se encontram no quadrante III. Estes itens apresentam importância de compra baixa, mas são escassos no mercado, o que exige uma atenção maior para garantia do abastecimento. Por fim, o quadrante IV abrange os itens estratégicos, que são escassos no mercado e impactam no custo e lucratividade.

Rezaei e Ortt (2012) propuseram um modelo que leva em consideração a segmentação dos próprios fornecedores, criando duas dimensões que formam uma matriz. Uma das dimensões é a “Disposição para colaborar” (“*willingness*”), ou seja, a disposição que o fornecedor tem para começar e manter uma relação. Segundo os autores, essa dimensão avalia

a confiança, o comprometimento e a motivação para uma relação a longo prazo entre fornecedor e comprador. A segunda dimensão é a “Capabilidade” (*“capability”*), que diz respeito às habilidades e conhecimentos que um fornecedor pode fazer uso para atender à empresa compradora em suas necessidades de negócio. Entre os critérios sugeridos para a dimensão de disposição para colaborar estão: comprometimento com a qualidade, comprometimento com a melhoria contínua de produtos e processos, padrões éticos, disposição para participar do desenvolvimento de novos produtos, respeito mútuo e honestidade, relacionamento a longo prazo, entre outros. Entre os critérios para avaliação da capabilidade estão: preço/custo, qualidade, capabilidade técnica, capabilidade dos processos, gerenciamento e organização, sistema de comunicação, inovação, entre outros. Além disso, os autores discutem sobre a importância de se definir as funções envolvidas no relacionamento entre um fornecedor e uma empresa compradora. Entre tais funções estão a função de compra, produção, logística, finanças, pesquisa e desenvolvimento e marketing e vendas. Assim, a capabilidade e a disposição para colaborar de cada fornecedor são avaliadas para cada função escolhida. A Figura 3 apresenta as categorias de segmentação dos fornecedores com base nas duas dimensões propostas por Rezaei e Ortt (2012).

Figura 3 - Categorias de segmentação de fornecedores.



Fonte: Adaptado de Rezaei e Ortt (2012).

A proposta de Rezaei e Ortt (2012) com relação ao desenvolvimento de fornecedores pode ser representada pelas setas da Figura 3. Assim, os fornecedores enquadrados na Categoria

1 seriam levados para a Categoria 2, 3 ou, ainda, para a Categoria 4. Os fornecedores localizados nas Categorias 2 e 3, por sua vez, seriam levados até a Categoria 4.

Osiro, Lima-Júnior e Carpinetti (2014), por sua vez, propuseram um modelo de segmentação de fornecedores com foco em aspectos do relacionamento comprador-fornecedor, mas que leva em consideração o tipo de item fornecido. Para isso, os autores utilizaram o portfólio de compras de Kraljic (1983), definindo critérios para cada uma das dimensões (“Importância da compra” e “Complexidade do mercado fornecedor”). Além do portfólio, eles usaram mais duas dimensões: “Potencial de parceria” (*“potential for partnership”*) e “Desempenho da entrega” (*“delivery performance”*) para criação de uma matriz com o objetivo de avaliar os fornecedores. Na Tabela 1 estão representados os critérios usados no trabalho.

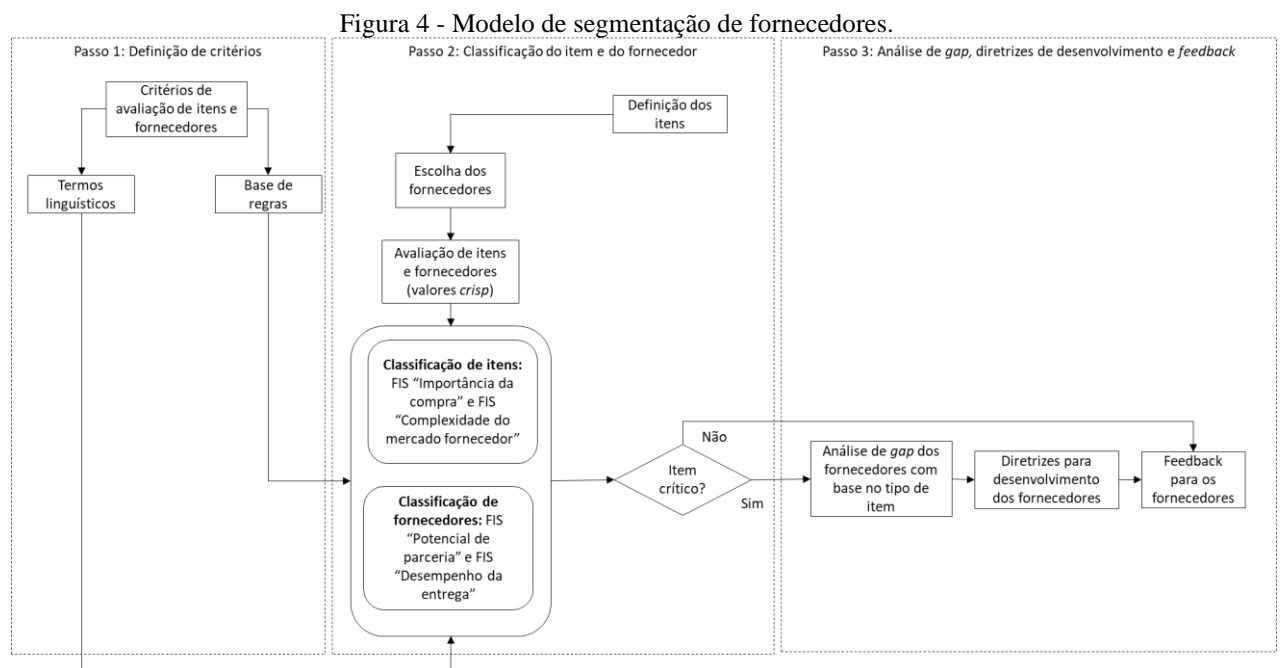
Tabela 1- Critérios de avaliação de itens e fornecedores.

Dimensão	Critério
Complexidade do mercado fornecedor	Barreiras de entrada (C_1)
	Desenvolvimento em conjunto de especificações de produtos (C_2)
	Concentração de mercado (C_3)
	Exclusividade do produto (C_4)
Importância da compra	Contribuição ambiental (C_5)
	Alinhamento com as competências centrais da empresa (C_6)
	Perfil de valor adicionado (C_7)
Potencial de parceria	Comprometimento com a melhoria e redução de custos (C_8)
	Facilidade da comunicação (C_9)
	Capabilidade financeira (C_{10})
	Capabilidade técnica (C_{11})
Desempenho da entrega	Confiabilidade da entrega (C_{12})
	Desempenho nos preços (C_{13})
	Qualidade na conformidade (C_{14})
	Resolução de problemas (C_{15})

Fonte: Adaptado de Osiro, Lima-Júnior e Carpinetti (2014).

Os autores propuseram o uso de uma técnica quantitativa (Sistema de Inferência *Fuzzy*) para classificação dos itens e fornecedores de acordo com as dimensões definidas acima. Essa técnica é baseada na teoria dos conjuntos *fuzzy*, na qual o pertencimento de um elemento a um conjunto não é bem delimitado, apresentando graus de pertinência (OSIRO, 2012). O FIS permite associar avaliações linguísticas, que apresentam graus de subjetividade, aos conjuntos *fuzzy*. Além disso, essa técnica se utiliza de um mecanismo de inferência a partir de uma base de regras.

Na Figura 4 está representado o modelo dos autores. No passo 1, são definidos os critérios de decisão, juntamente com os termos linguísticos e a base de regras. No passo 2, a partir da definição dos itens e da base de fornecedores, os critérios são associados a valores numéricos (chamados de *crisp*) para avaliação. Assim, a técnica FIS é aplicada para classificação dos itens e dos fornecedores. Se o item não for classificado como “Não-crítico”, o modelo apresenta um terceiro passo. O passo 3 trata de uma análise de *gap* entre o desempenho real (resultado da aplicação do modelo) e o esperado para cada fornecedor.



Fonte: Adaptado de Osiro, Lima-Júnior e Carpinetti (2014).

Na Figura 5, são apresentadas as diretrizes de relacionamento com os fornecedores propostas pelos autores. Dentro dos quadrantes do portfólio de compras existem matrizes de classificação dos fornecedores com base em duas dimensões (potencial de parceria e desempenho da entrega), com exceção do quadrante referente aos itens não-críticos. Assim,

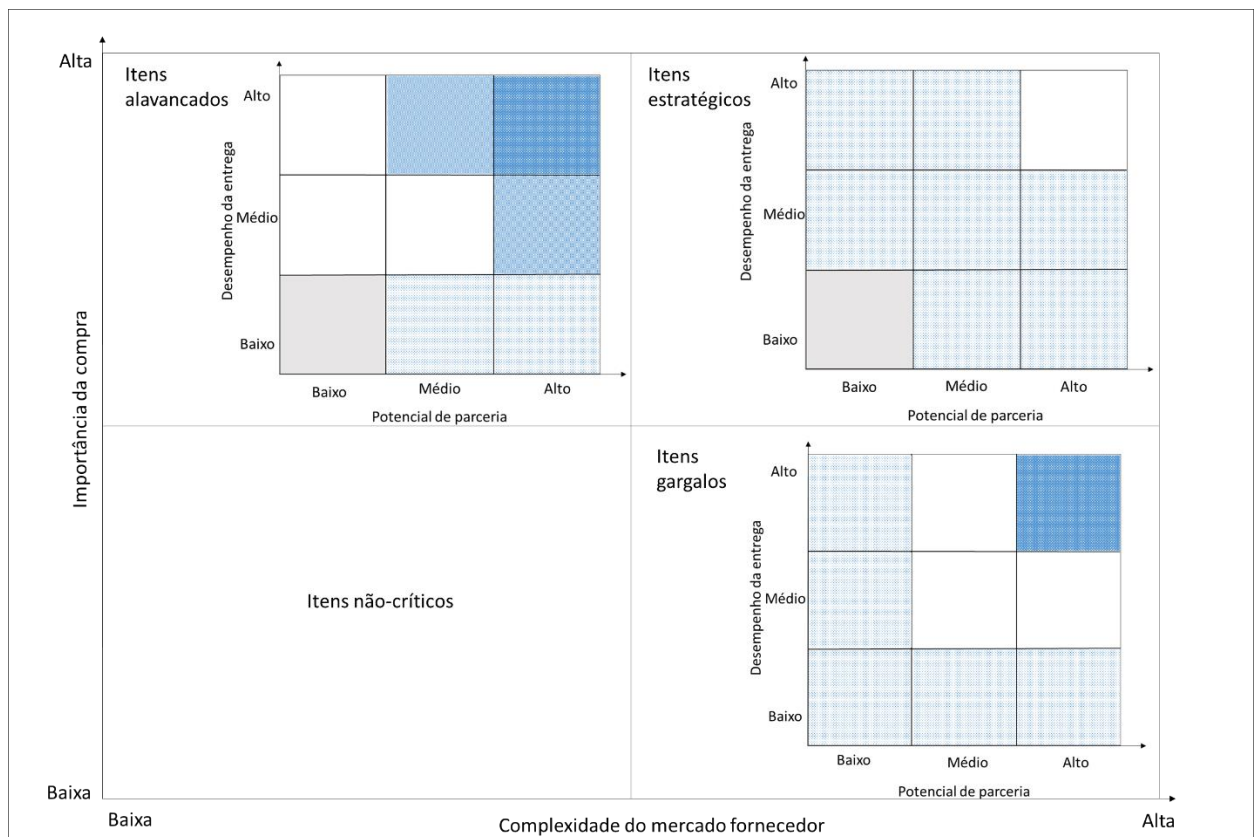
para cada tipo de item que não seja crítico, existem estratégias de relacionamento, que variam de acordo com a classificação dos fornecedores.

Dentre as diretrizes apresentadas pelos autores para relacionamento com os fornecedores estão:

- a) Alocar itens estratégicos
- b) Desenvolver programas de *follow up*
- c) Apoiar novos programas de desenvolvimento
- d) Manter relação
- e) Substituir fornecedor



Figura 5 - Diretrizes de relacionamento com fornecedores.



Fonte: Adaptado de Osiro, Lima-Júnior e Carpinetti (2014).

Por exemplo, no caso de itens gargalos, quando o fornecedor apresenta alto potencial de parceria e alto desempenho na entrega, uma estratégia possível seria a alocação de itens estratégicos para o fornecedor. Ou seja, o fornecedor pode apresentar potencial para fornecer um tipo de item com maior importância de compra e maior complexidade de fornecimento.

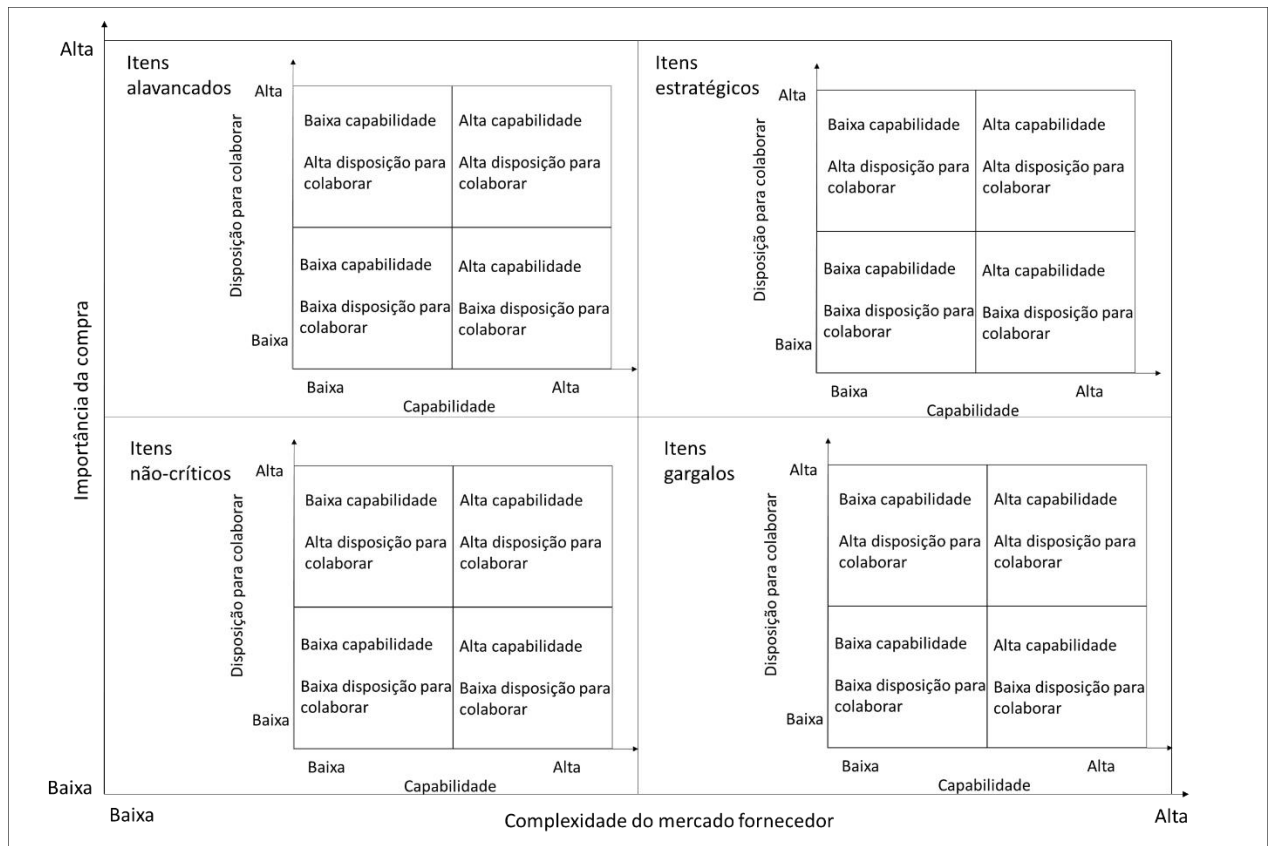
Ainda, no caso de itens alavancados, quando o fornecedor apresenta um potencial de parceria médio e desempenho de entrega alto, os autores sugerem apoiar programas de desenvolvimento. Essa estratégia diz respeito a criar oportunidades para que o fornecedor passe a fornecer itens estratégicos.

Para itens estratégicos e alavancados, ou seja, que apresentam maior importância de compra, segundo o portfólio de compras de Kraljic (1983), os autores sugerem a substituição do fornecedor em casos de baixo desempenho de entrega e baixo potencial de parceria. Por outro lado, para itens estratégicos, quando o potencial de parceria e o desempenho de entrega são altos, os autores sugerem manter a relação.

Por fim, um exemplo de situação em que a estratégia de relacionamento seria o desenvolvimento de programas de *follow up* é o caso de fornecedores de itens gargalos que apresentam baixo potencial de parceria e baixo desempenho de entrega. Isso porque os itens fornecidos não apresentam alta importância de compra, mas o mercado fornecedor é complexo, existindo, por exemplo, poucas opções de fornecimento ou barreiras comerciais.

Outro modelo de segmentação de fornecedores da literatura é aquele proposto por Rezaei e Fallah Lajimi (2019). Os autores utilizam um portfólio de compras com as dimensões propostas por Kraljic (1983) para segmentar fornecedores de acordo com o tipo de item. No trabalho, os autores se referem às dimensões de “Importância da compra” e “Complexidade do mercado fornecedor” como “Impacto no lucro” (“*profit impact*”) e “Risco do suprimento” (“*supply risk*”), respectivamente. Para a classificação dos fornecedores, os autores utilizam a matriz proposta por Rezaei e Ortt (2012), com as dimensões de disposição para colaborar e capacidade. Através da aplicação de uma técnica quantitativa (*Best Worst Method*), os autores propõem uma segmentação dos fornecedores de acordo com a abordagem PPM-SPM, do inglês, “*purchasing portfolio matrix*” e “*supplier potential matrix*” (matriz portfólio de compras e matriz de potencial do fornecedor, respectivamente).

Figura 6 - Proposta de segmentação de fornecedores: abordagem PPM-SPM.



Fonte: adaptado de Rezaei e Fallah Lajimi (2019).

Os autores também apresentam estratégias de relacionamento com os fornecedores de acordo com o posicionamento deles na matriz de potencial e de acordo com o item fornecido. Na Figura 6, para o caso de itens não críticos e fornecedores com baixa capacidade e baixa disposição para colaborar, os autores sugerem a substituição do fornecedor. Porém, uma outra opção sugerida é a diversificação da base de fornecedores, a fim de buscar melhores opções de preço e, conseqüentemente, mais vantagens para o comprador. No caso de itens alavancados e fornecedores com baixa capacidade e baixa disposição para colaborar, a estratégia sugerida pelos autores é a substituição do fornecedor. Isso porque os itens alavancados têm um impacto grande no lucro da empresa compradora e existem muitos fornecedores no mercado. Para itens gargalos e fornecedores com baixa capacidade e alta disposição para colaborar, considerando um mercado escasso de opções, uma estratégia adequada seria desenvolver a relação com o fornecedor. Por fim, para itens estratégicos e fornecedores com alta capacidade e baixa disposição para colaborar, tendo em vista o impacto dos itens para a empresa compradora, os autores sugerem melhorar o relacionamento com os fornecedores.

2.3. LÓGICA FUZZY

A teoria de conjuntos *fuzzy* se diferencia da teoria clássica de conjuntos quando se trata de analisar o pertencimento de um elemento a determinado conjunto. Zimmermann (2010) afirma que a teoria *fuzzy* permite tratar variáveis de quantificação imprecisas e vagas. Essa imprecisão está presente na linguagem humana e na subjetividade inerente a determinadas situações que envolvem avaliações por parte de seres humanos. Assim, por exemplo, uma pessoa que é solicitada para avaliar a comida que foi servida em um restaurante pode usar diversas expressões, como “Muito boa”, “Boa” ou “Ruim”. Ou ainda, um especialista, ao avaliar o impacto de um problema ocorrido em produção, pode usar expressões como “Alto”, “Moderado” ou “Baixo”. A relação da teoria *fuzzy* com esses exemplos está na ideia da existência de graus de pertencimento de um elemento a um conjunto. Enquanto na teoria clássica um elemento pode pertencer ou não pertencer a determinado conjunto, a teoria *fuzzy* permite a representação do pertencimento de um elemento em diferentes graus entre zero e um (OSIRO, 2012).

Seja $\mu_A(x)$ a função que define o grau de pertencimento da variável x ao conjunto A , para a teoria clássica tem-se:

$$\mu_A(x) = 1, \text{ se } x \in A$$

$$\mu_A(x) = 0, \text{ se } x \notin A$$

Um conjunto *fuzzy*, por sua vez, pode ser definido da seguinte forma:

$$\tilde{A} = \{x, \mu_{\tilde{A}}(x)\}, x \in X$$

$$\text{Onde } \mu_{\tilde{A}}(x): X \rightarrow [0,1]$$

Para cada valor de x assumido dentro do universo X , existe uma grau de pertinência $\mu_{\tilde{A}}(x)$; esse grau de pertinência pode variar de 0 a 1, em que 0 representa não pertencimento, 1 representa total pertencimento, e os valores dentro do intervalo representam um pertencimento parcial do elemento x ao conjunto \tilde{A} (LIMA JÚNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013).

Os conjuntos *fuzzy* podem ser chamados de números *fuzzy* quando suas funções de pertinência satisfazem as condições de normalidade e convexidade (LIMA JÚNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013):

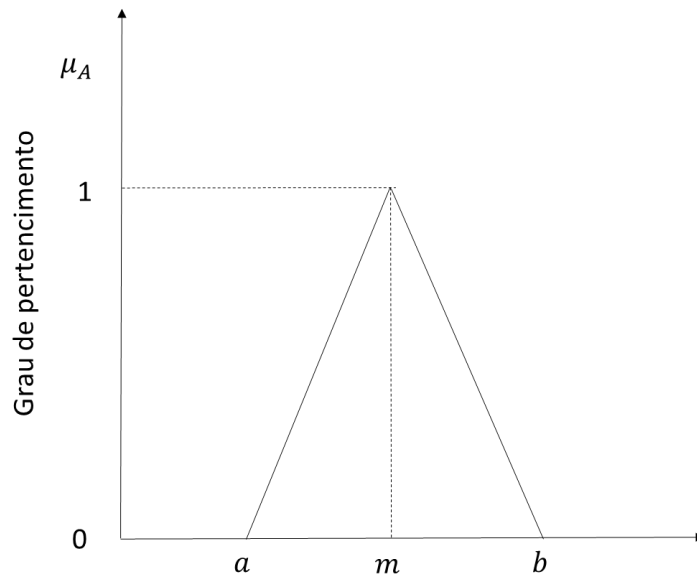
Normalidade: $\sup_{x \in X} \mu_A(x) = 1$, ou seja, pelo menos um elemento do conjunto deve ter grau de pertinência igual a 1;

Convexidade: $\mu_A[\lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2] \geq \min[\mu_A(x_1), \mu_A(x_2)]$, para $\lambda \in [0,1]$ e $x_1, x_2 \in X$.

As funções de pertinência podem ser agrupadas em diferentes famílias, dentre as quais estão as funções triangulares e trapezoidais, comumente utilizadas em processos de tomada de decisão (LIMA JÚNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013). Uma função de pertinência triangular pode ser representada pela equação 1. A Figura 7 mostra graficamente o comportamento dessa função.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & \text{para } x < a \\ \frac{x-a}{m-a}, & \text{para } a \leq x \leq m \\ \frac{b-x}{b-m}, & \text{para } m \leq x \leq b \\ 0, & \text{para } x > b \end{cases} \quad (1)$$

Figura 7 - Função triangular.

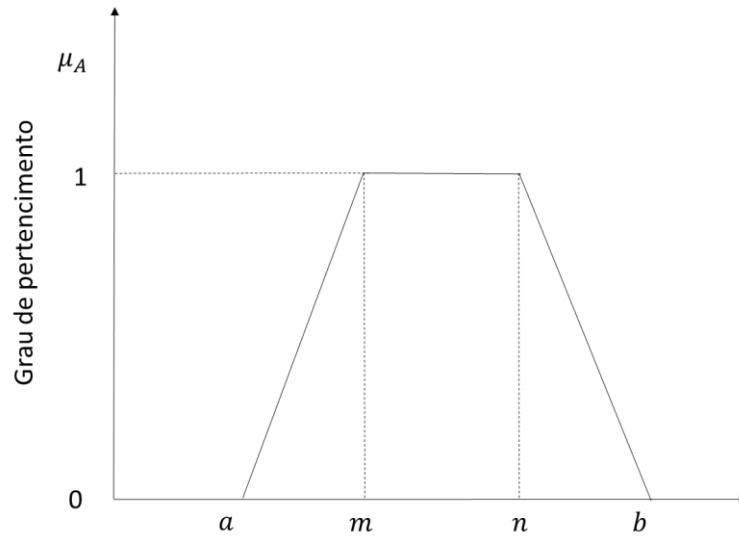


Fonte: Adaptado de Arantes (2020).

Uma função de pertinência trapezoidal pode ser representada pela equação 2. A Figura 8 mostra graficamente o comportamento dessa função.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & \text{para } x < a \\ \frac{x-a}{m-a}, & \text{para } a \leq x \leq m \\ 1, & \text{para } m \leq x \leq n \\ \frac{b-x}{b-n}, & \text{para } n \leq x \leq b \\ 0, & \text{para } x > b \end{cases} \quad (2)$$

Figura 8 - Função trapezoidal.



Fonte: Adaptado de Arantes (2020).

Os conjuntos *fuzzy* permitem a realização de operações matemáticas como a união e a intersecção. As funções de pertinência da intersecção (conectivo “e”) e da união (conectivo “ou”) entre dois conjuntos *fuzzy* \tilde{A} e B são representadas, respectivamente, pelas equações 3 e 4; as operações envolvendo o “e” lógico (do inglês, “*logical and*”) são classificadas como t-normas, enquanto que operações envolvendo “ou” inclusivo (do inglês, “*inclusive or*”) são conhecidas como t-conormas (ZIMMERMANN, 2010).

$$\mu_{\tilde{A} \cap B}(x) = \min \{ \mu_{\tilde{A}}(x), \mu_B(x) \} \quad (3)$$

$$\mu_{\tilde{A} \cup B}(x) = \max \{ \mu_{\tilde{A}}(x), \mu_B(x) \} \quad (4)$$

Além do mínimo e máximo, existem outras operações que podem ser classificadas como t-norma e t-conorma. As equações 5, 6 e 7 representam exemplos de operações t-norma (OSIRO, 2012).

Produto algébrico:

$$\mu_C(x) = \mu_{\tilde{A}}(x) * \mu_B(x) \quad (5)$$

Produto limitado:

$$\mu_C(x) = \max \{0; \mu_{\bar{A}}(x) + \mu_B(x) - 1\} \quad (6)$$

Produto drástico:

$$\mu_C(x) = \begin{cases} \mu_{\bar{A}}(x), & \text{se } \mu_B(x) = 1 \\ \mu_B(x), & \text{se } \mu_{\bar{A}}(x) = 1 \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases} \quad (7)$$

As equações 8, 9 e 10 representam exemplos de operações t-conorma (OSIRO, 2012).

Soma algébrica:

$$\mu_C(x) = \mu_{\bar{A}}(x) + \mu_B(x) - \mu_{\bar{A}}(x) * \mu_B(x) \quad (8)$$

Soma limitada:

$$\mu_C(x) = \min (1; \mu_{\bar{A}}(x) + \mu_B(x)) \quad (9)$$

Soma drástica:

$$\mu_C(x) = \begin{cases} \mu_{\bar{A}}(x), & \text{se } \mu_B(x) = 0 \\ \mu_B(x), & \text{se } \mu_{\bar{A}}(x) = 0 \\ 1, & \text{caso contrário.} \end{cases} \quad (10)$$

2.4. LÓGICA FUZZY E SEGMENTAÇÃO DE FORNECEDORES

As variáveis envolvidas em problemas de gestão são, na maioria das vezes, qualitativas e representadas por expressões linguísticas. A lógica *fuzzy* é bastante apropriada para tratamento desse tipo de situação (OSIRO, 2012).

Os modelos de segmentação de fornecedores apresentados anteriormente revelam dimensões qualitativas: “importância da compra” e “complexidade do mercado fornecedor”; “capabilidade” e “disposição para colaborar”; “potencial de parceria” e “desempenho da entrega” (KRALJIC, 1983; REZAEI; ORTT, 2012; OSIRO; LIMA-JÚNIOR; CARPINETTI, 2014). Essas dimensões também abrangem alguns critérios qualitativos que dependem de uma avaliação subjetiva, como: “nível de capacidade tecnológica” e “complexidade logística” (KRALJIC, 1983), “inovação” (REZAEI; ORTT, 2012) ou, ainda, “comprometimento com a melhoria e redução de custos” (OSIRO; LIMA-JÚNIOR; CARPINETTI, 2014).

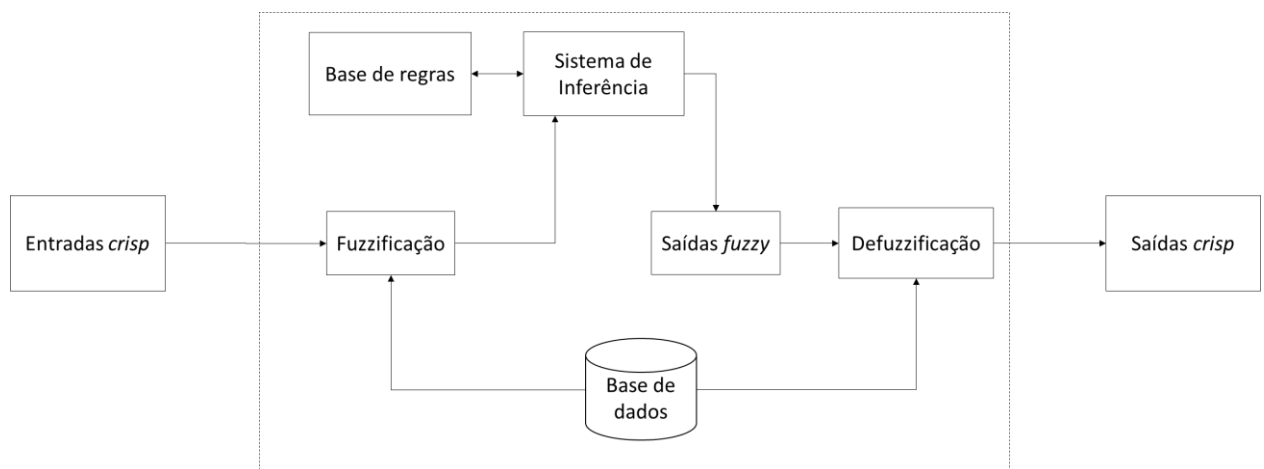
A aplicação da lógica *fuzzy* é uma alternativa para tratar de problemas envolvendo a gestão de fornecedores, especialmente em situações de avaliação por parte de especialistas. Nesse tipo de contexto, as variáveis linguísticas podem ser associadas a conjuntos *fuzzy*; esses conjuntos são relacionados a valores numéricos (*crisp*), que podem representar a avaliação feita por um especialista (OSIRO, 2012).

O Sistema de Inferência *Fuzzy*, apresentado a seguir, é uma das técnicas que vem sendo utilizada para tratamento de problemas de gestão de fornecedores através da segmentação (OSIRO, 2012; OSIRO; LIMA-JÚNIOR E CARPINETTI, 2014; ALOINI et al., 2019).

2.5. SISTEMA DE INFERÊNCIA FUZZY

O Sistema de Inferência *Fuzzy* é um sistema que se utiliza de uma base de conhecimento e um mecanismo de inferência para transformar variáveis de entrada em saídas que auxiliem na tomada de ações (ZIMMERMANN, 2010; OSIRO, 2012).

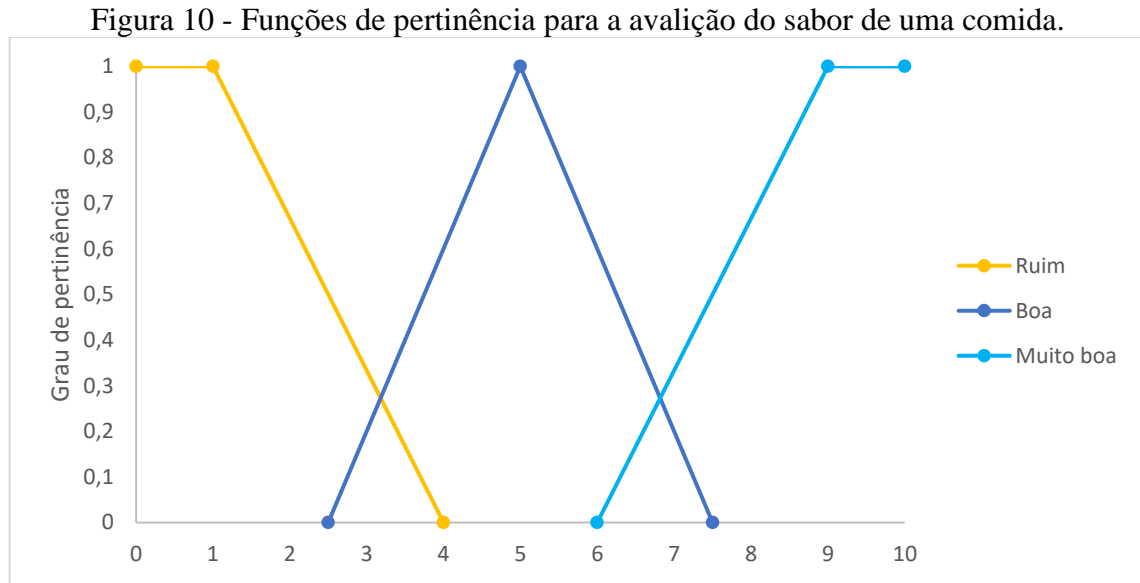
Figura 9 - Esquema do funcionamento do Sistema de Inferência *Fuzzy*.



Fonte: Adaptado de Lima Júnior, Osiro e Carpinetti (2013).

A Figura 9 apresenta um esquema do funcionamento do Sistema de Inferência *Fuzzy*. O FIS funciona a partir de entradas numéricas, também chamadas de *crisp*; essas entradas passam por um processo de fuzzificação, ou seja, os números são associados a conjuntos *fuzzy*; então, através de regras do tipo se-então (do inglês, *if-then*), um mecanismo de inferência transforma as entradas em conjuntos *fuzzy* de saída; por fim, através do processo de defuzzificação, é obtida uma saída em número *crisp* (ZIMMERMANN, 2010; LIMA JÚNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013).

O Sistema de Inferência *Fuzzy* permite associar funções de pertinência a variáveis linguísticas de acordo com a linguagem usada por especialistas (GERAMIAN, 2017). Assim, a Figura 10 é um exemplo de funções de pertinência que podem ser associadas aos termos “Muito boa”, “Boa” e “Ruim”, considerando o contexto de avaliação do sabor de uma comida. A escala numérica de 0 a 10 está associada com as funções de pertinência, de forma que cada entrada numérica se refere a um grau de pertinência.



Fonte: Elaborado pelo autor.

As regras do Sistema de Inferência *Fuzzy* representam a base de conhecimento do sistema (ZIMMERMANN, 2010). Elas apresentam uma estrutura baseada na lógica se-então, como na expressão a seguir.

$$\text{Se } (A \text{ é } A'_i) \text{ e } (B \text{ é } B'_j), \text{ então } (C \text{ é } C'_k)$$

Na expressão, A e B são variáveis de entrada e C representa uma variável de saída; enquanto A'_i , B'_j e C'_k são os termos linguísticos. Os índices i , j e k indicam que cada variável pode assumir diferentes termos linguísticos. Considerando que as variáveis linguísticas podem assumir diferentes termos linguísticos, existem n combinações de regras, que formarão a base de regras (OSIRO, 2012). Os antecedentes de uma regra são compostos pelas diferentes associações entre as variáveis de entrada e termos linguísticos (na expressão acima, os antecedentes estão unidos pelo conector “e”); os consequentes são representados pela associação entre a variável de saída e o termo linguístico (na expressão acima, o consequente se localiza após o termo “então”).

Quando todas as variáveis linguísticas apresentam o mesmo número de termos linguísticos, o número n de regras da base de regras é representado pela equação 11, onde T é o número de termos e v , o número de variáveis.

$$n = T^v \quad (11)$$

Com relação à inferência *fuzzy*, o mecanismo proposto por Mamdani foi utilizado em diversas aplicações (MAMDANI; ASSILIAN, 1975; OSIRO, 2012; LIMA JÚNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013; OSIRO; LIMA-JÚNIOR; CARPINETTI, 2014; ARANTES, 2020). Na primeira etapa desse mecanismo, chamada de fuzzificação, é determinado o grau de pertinência associado a cada entrada numérica nos conjuntos *fuzzy* antecedentes (GERAMIAN, 2017).

A seguir, é feita uma relação de implicação entre os antecedentes de cada regra ativada, a fim de descobrir o grau de pertinência de entrada de cada regra (OSIRO, 2012; LIMA JÚNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013). Sejam A e B conjuntos *fuzzy* de entrada, no caso de as regras apresentarem o conectivo “e” entre os antecedentes, o operador utilizado é o mínimo, representado na equação 12 (OSIRO, 2012; LIMA JÚNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013).

$$\alpha = \min \{\mu_A(x), \mu_B(y)\} \quad (12)$$

Caso as regras apresentem o conectivo “ou” entre os antecedentes, o operador máximo pode ser usado para se descobrir o grau de pertinência α de entrada, de acordo com a equação 13 (LIMA JÚNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013).

$$\alpha = \max \{\mu_A(x), \mu_B(y)\} \quad (13)$$

A próxima etapa da inferência consiste em fazer uma relação de implicação entre os números *fuzzy* resultantes da etapa anterior e os consequentes de cada regra ativada; o operador mínimo é comumente usado (LIMA JÚNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013). Considerando C como o conjunto *fuzzy* consequente de determinada regra, essa relação de implicação pode ser representada pela equação 14, na qual $\mu_{R_{\alpha \rightarrow C}}^n$ representa a relação de implicação da n -ésima regra (LIMA JÚNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013).

$$\mu_{R_{\alpha \rightarrow C}}^n(x, z) = \min \{\alpha, \mu_C(z)\} \quad (14)$$

Outros operadores também utilizados; as relações de implicação para eles estão representadas nas equações 15 e 16 (LIMA JÚNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013).

$$\mu_{R_{\alpha \rightarrow C}}^n(x, z) = \max \{1 - \alpha, \min \{\alpha, \mu_C(z)\}\} \quad (15)$$

$$\mu_{R_{\alpha \rightarrow C}}^n(x, z) = \{\alpha * \mu_C(z)\} \quad (16)$$

A obtenção de uma saída *fuzzy* do sistema de inferência se dá através de duas etapas. Primeiro, é feita uma relação de composição entre um conjunto singleton *fuzzy* e a relação de implicação de cada regra ativada; essa operação pode ser feita através de três operadores (equações 17, 18 e 19), resultando em um número *fuzzy* para cada regra (LIMA JÚNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013). Então, esses números *fuzzy* são agregados, dando origem a uma saída *fuzzy* para o sistema (GERAMIAN et al., 2017). Um operador utilizado nesse processo é o operador máximo, que leva em consideração o máximo grau de pertinência conforme a equação 20 (OSIRO, 2012).

$$S \circ R(x, z) = \max \{\min (\mu_S(x, y), \mu_R(y, z))\} \quad (17)$$

$$S.R(x, z) = \max \{\mu_S(x, y) * \mu_R(y, z)\} \quad (18)$$

$$S \oplus R(x, z) = \max \left\{ \frac{1}{2} (\mu_S(x, y) + \mu_R(y, z)) \right\} \quad (19)$$

$$\mu_C(x) = \max \{\mu_{R_{\alpha \rightarrow C}}^1(x), \mu_{R_{\alpha \rightarrow C}}^2(x), \dots, \mu_{R_{\alpha \rightarrow C}}^n(x)\} \quad (20)$$

O resultado obtido a partir da agregação dos consequentes é um número *fuzzy*. Para converter esse resultado em uma saída *crisp*, são usados métodos de defuzzificação como o centro da área, ou centro de gravidade. O cálculo do centro da área pode ser descrito pela equação 21 (OSIRO, 2012).

$$CoA = \frac{\sum_{k=1}^N \mu_C(x_k) \times x_k}{\sum_{k=1}^n \mu_C(x_k)} \quad (21)$$

2.5.1. MÉTODO DE CLASSIFICAÇÃO FUZZY

Após o processo de defuzzificação, podem ser adotados métodos para associar as saídas *crisp* a classes. Dentre esses métodos estão os métodos de classificação *fuzzy* baseados em regras, os quais são bastante apropriados para problemas de tomada de decisão, auxiliando no agrupamento das alternativas dentro de determinados conjuntos (OSIRO; LIMA-JÚNIOR; CARPINETTI, 2014).

Osiro, Lima-Júnior e Carpinetti (2014) apresentam o método baseado em regras chamado *simple fuzzy grid*, proposto por Ishibuchi, Nozaki e Tanaka (1992), e que é composto de duas etapas.

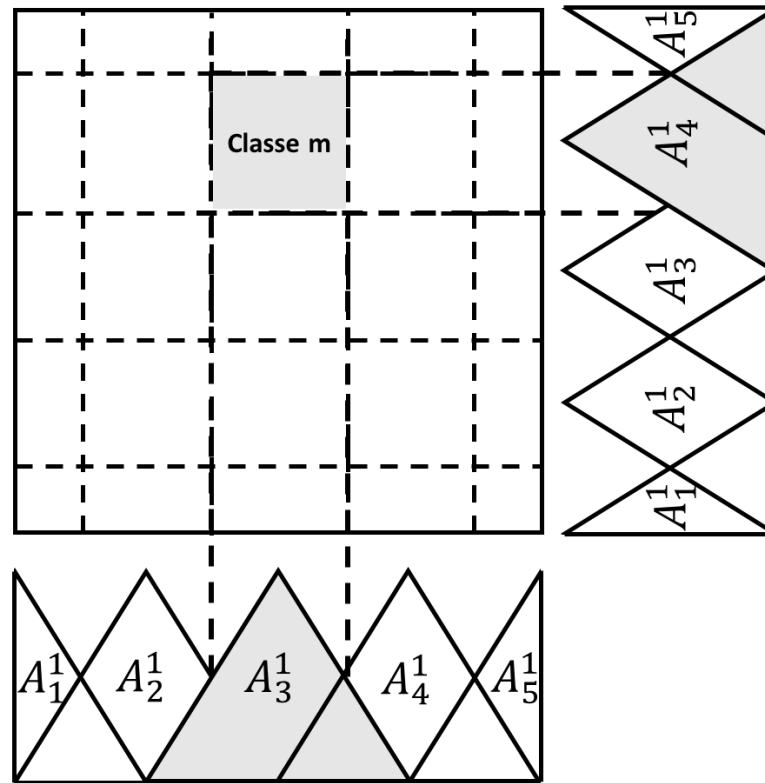
A primeira delas se trata de gerar regras a partir de uma variável $x_p = (x_1^p, \dots, x_i^p, \dots, x_n^p)$, com $p = 1, 2, \dots, k$. Desta forma, uma regra r , considerando n como o número de critérios, pode ser representada da seguinte forma (OSIRO; LIMA-JÚNIOR; CARPINETTI, 2014):

Regra r : Se x_1^p é A_1^r E x_2^p é A_2^r E ... E x_n^p é A_n^r , ENTÃO x_p pertence a C^r , com $CF = CF^r$.

Onde C^r representa o consequente, que será associado a uma classe, e A_i^r ($i = 1, 2, \dots, n$) representa subconjuntos *fuzzy* no intervalo $[0,1]$. A variável CF representa o grau de certeza ou de ativação de uma regra.

A Figura 11 mostra graficamente a associação entre subconjuntos *fuzzy* da regra $r = 1$, que resulta em uma classe C_m .

Figura 11 - Representação de uma classe *fuzzy*.



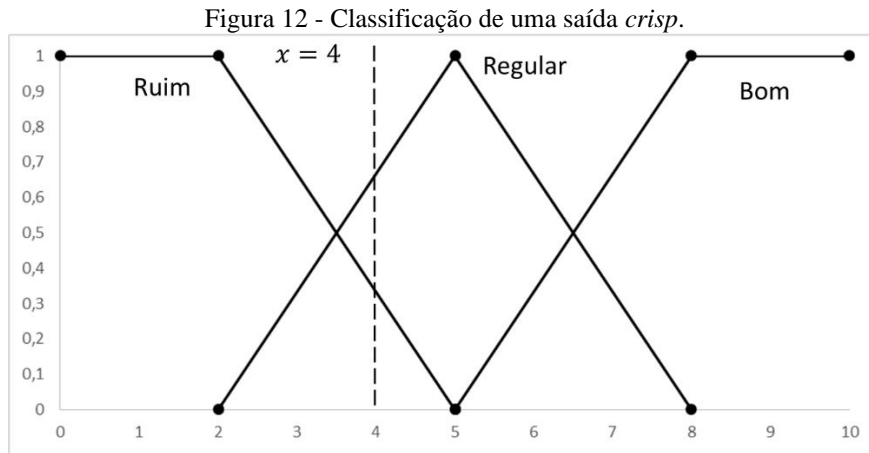
Fonte: Adaptado de Osiro, Lima-Júnior e Carpinetti (2014).

A segunda etapa é composta pelo procedimento de classificação. De acordo com Osiro, Lima-Júnior e Carpinetti (2014), um padrão do tipo $x_p = \{x_1^p, x_2^p, \dots, x_n^p\}$ pode ser classificado primeiramente calculando-se α_{C_r} para cada regra, de acordo com a equação 22 (OSIRO; LIMA-JÚNIOR; CARPINETTI, 2014):

$$\alpha_{C_r} = \max\{\sum_{i=1}^m \mu_{A_i^r}(x_i) CF^r \mid C^r = C_t; r \in S\} \quad (22)$$

Em seguida, x_p deve assumir a classe que apresenta o maior valor de α_{C_r} (OSIRO; LIMA-JÚNIOR; CARPINETTI, 2014).

Um exemplo de classificação pode ser visualizado graficamente através da Figura 12. Para o valor *crisp* $x = 4$, são ativadas duas funções de pertinência: ruim e regular. No entanto, o grau de pertinência $\mu_A(x)$ para cada uma das funções é diferente ($\mu_{A_{ruim}} = 0,33$ e $\mu_{A_{regular}} = 0,66$). A classe a ser escolhida é aquela com maior grau de pertinência. Portanto, para o valor *crisp* escolhido pode ser classificado como “Regular”.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3. APLICAÇÃO DE UM MODELO DE SEGMENTAÇÃO DE FORNECEDORES BASEADO NA LÓGICA *FUZZY* EM UM CASO REAL

Esta seção do trabalho tem como objetivo apresentar a proposta de segmentação e gestão de fornecedores em uma empresa de tecnologia com base no modelo apresentado por Osiro, Lima-Júnior e Carpinetti (2014).

3.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA APLICAÇÃO

A aplicação do modelo de segmentação de fornecedores foi realizada em uma empresa da área de tecnologia que fabrica equipamentos eletrônicos. A proposta da aplicação foi auxiliar a organização com um método de gerenciamento de fornecedores, de forma a contribuir para o gerenciamento de sua cadeia de suprimentos.

Participaram desta aplicação alguns especialistas de áreas envolvidas diretamente com processos e/ou aspectos da cadeia de suprimentos da empresa. Esses especialistas contribuíram com opiniões e sugestões durante a etapa de definição dos critérios de decisão, além de serem os decisores que fizeram a avaliação dos itens e fornecedores.

3.2. COLABORADORES DA EMPRESA ENVOLVIDOS NA APLICAÇÃO

Os colaboradores da organização que participaram como decisores para a realização da aplicação foram:

Coordenadora de *Supply Chain* (Decisor 1 – D1): responsável pelo setor de compras nacionais e internacionais, além de auxiliar na prospecção de fornecedores;

Coordenador de Pesquisa e Desenvolvimento (Decisor 2 – D2): responsável pela definição das especificações técnicas dos itens fornecidos e por apoiar decisões técnicas envolvendo fornecedores;

Coordenador de Planejamento e Controle da Produção (Decisor 3 – D3): responsável pelo planejamento e programação da produção, estando diretamente envolvido com o impacto da cadeia de suprimentos nos processos internos da empresa;

Gestor da Qualidade (Decisor 4 – D4): responsável pela garantia da qualidade de processos e produtos da empresa, estando envolvido com o impacto das entregas dos fornecedores nos assuntos referentes à qualidade.

A seguir, serão apresentadas as etapas da aplicação do modelo de segmentação, segundo a proposta de Osiro, Lima-Júnior e Carpinetti (2014).

3.3. PASSO 1: DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DO ITEM E DO FORNECEDOR

Nessa primeira etapa, foram realizadas entrevistas com os especialistas das áreas citadas com o objetivo de garantir a consistência dos critérios de avaliação com o contexto da empresa. Juntamente com a definição dos critérios, foram escolhidos os termos linguísticos de avaliação dos critérios. Cada termo linguístico se refere à uma função de pertinência *fuzzy*.

No processo de definição dos critérios, foram realizadas entrevistas com os especialistas a fim de se conhecerem alguns critérios já adotados pela empresa para a seleção e avaliação de fornecedores. A partir desses critérios e outros retirados da literatura, foram escolhidos os critérios finais utilizados no trabalho, levando-se em conta o contexto da empresa. Esses critérios estão representados na Tabela 2.

Tabela 2 - Critérios de avaliação de itens e fornecedores utilizados na aplicação.

Dimensão	Critério	Descrição	Referência
Importância da compra	Impacto do item na segurança (C_1)	Avaliação do impacto do item na segurança do produto durante seu uso pelo cliente.	Adaptado a partir de critério adotado pela empresa
	Relevância financeira do item (C_2)	Avaliação da participação do item no valor total do produto e do montante gasto por compra desse item.	Adaptado a partir de critério adotado pela empresa
	Impacto do item na estética do produto (C_3)	Avaliação do impacto do item no padrão de acabamento.	Critério sugerido durante a aplicação
Complexidade do mercado fornecedor	Opções de fornecimento/fornecedor (C_4)	Avaliação do número de opções de fornecedores ou itens alternativos.	Adaptado a partir de critério adotado pela empresa
	Complexidade da logística (C_5)	Avaliação da complexidade da logística de um item, considerando a existência de processos como beneficiamentos e importações, além da armazenagem.	Adaptado a partir de critério adotado pela empresa
	<i>Lead time</i> de entrega (C_6)	Avaliação do tempo padrão de entrega de determinado item.	Critério adotado pela empresa
Potencial de parceria	Comprometimento com a melhoria e resolução de problemas (C_7)	Avaliação do nível de comprometimento do fornecedor com a melhoria, estando aberto à resolução de problemas relacionados à qualidade.	Adaptado de Rezaei e Ortt (2012); Osiro, Lima-Júnior e Carpinetti (2014)

Desempenho da entrega	Facilidade no relacionamento/comunicação (C_8)	Avaliação do nível de abertura do fornecedor ao relacionamento e à comunicação.	Adaptado de Osiro, Lima-Júnior e Carpinetti (2014)
	Comprometimento em se relacionar a longo prazo (C_9)	Avaliação do nível de comprometimento do fornecedor em manter uma relação duradoura.	Adaptado de Rezaei e Ortt (2012)
	<i>Know-how</i> do fornecedor (C_{10})	Avaliação do nível de conhecimento técnico do fornecedor em seus próprios serviços ou produtos.	Critério sugerido durante a aplicação
	Prazo de entrega (C_{11})	Avaliação do desempenho do fornecedor em respeitar o prazo de entrega.	Adaptado a partir de critério adotado pela empresa
	Conformidade com as especificações (C_{12})	Avaliação do desempenho do fornecedor com base na ocorrência de não conformidades.	Adaptado a partir de critério adotado pela empresa
	Índice de não conformidades (C_{13})	Avaliação do desempenho do fornecedor com base na quantidade de itens não conformes em relação ao total de itens entregues em determinado período.	Adaptado a partir de critério adotado pela empresa

Precisão da entrega (C_{14})

Avaliação do desempenho do
fornecedor em realizar entregas com
correspondência entre quantidade da
Nota Fiscal e quantidade recebida.

Adaptado a partir de critério
adotado pela empresa

Fonte: Elaborado pelo autor.

As funções de pertinência dos critérios e as escalas de avaliação dos mesmos foram retiradas da literatura (OSIRO, 2012; OSIRO; LIMA-JÚNIOR; CARPINETTI, 2014). A avaliação foi feita com base em uma escala de 0 a 10, que está associada às funções de pertinência, representadas por termos linguísticos.

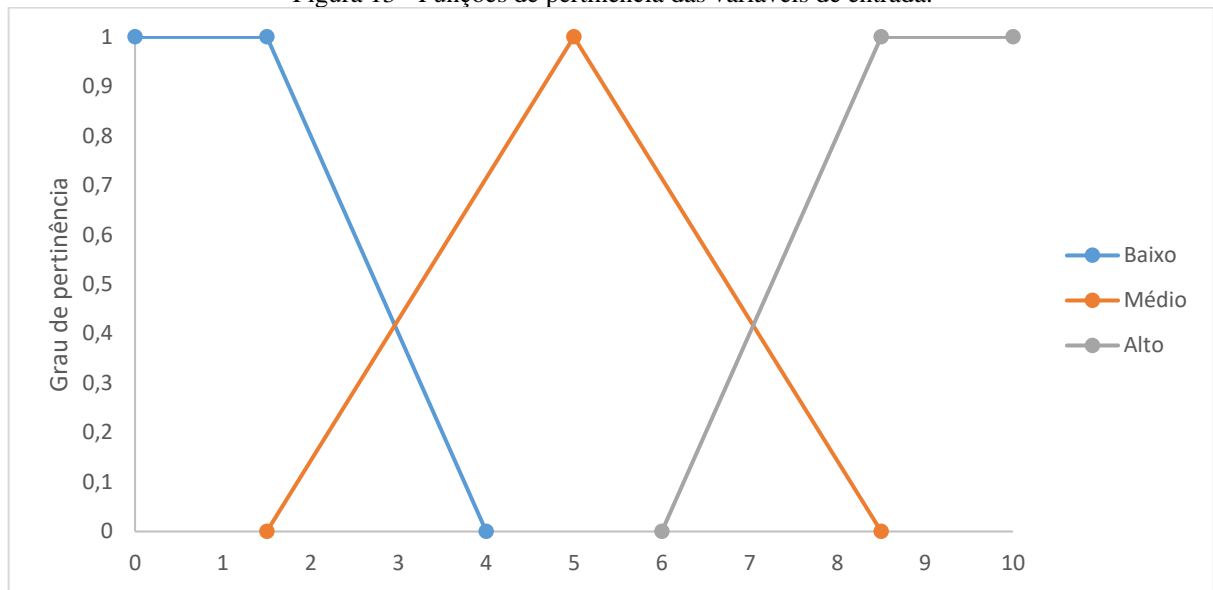
As funções de pertinência dos critérios compõem os conjuntos *fuzzy* de entrada dos sistemas de inferência. Os conjuntos *fuzzy* de saída são formados pelas funções de pertinência das dimensões de avaliação de itens e fornecedores propostas no modelo de Osiro, Lima-Júnior e Carpinetti (2014). São elas: importância da compra e complexidade do mercado fornecedor (para classificação de itens); e potencial de parceria e desempenho da entrega (para a classificação de fornecedores).

Para a definição da base de regras, foi utilizado um questionário (Apêndice A), respondido pelos especialistas para coletar informação a respeito da necessidade de cada área avaliar ou não determinado critério. Além disso, para cada dimensão (importância de compra, complexidade do mercado fornecedor, potencial de parceria e desempenho da entrega), foi solicitado para o especialista classificar os critérios de acordo com um peso (para dimensões com 3 critérios, foi usada uma escala de 1 a 3 e para dimensões com 4 critérios, foi utilizada uma escala de 1 a 4). Com isso, foi possível construir as bases de regras levando em consideração a importância relativa dos critérios da seguinte forma: o peso do critério foi definido com base no maior peso dado por pelo menos um dos especialistas. Assim, nos casos em que determinado critério apresentou peso máximo para uma área da empresa, essa importância foi levada em consideração na construção da base de regras. O Apêndice B mostra as respostas dos pesos dos critérios dados pelos especialistas.

3.3.1. ITENS: FUNÇÕES DE PERTINÊNCIA E BASES DE REGRAS

Na Figura 13 e Tabela 3 estão representadas, respectivamente, as funções de pertinência das variáveis de entrada de avaliação dos itens e seus parâmetros. Nesse caso, as variáveis de entrada são os critérios C_1 , C_2 , C_3 , C_4 , C_5 e C_6 .

Figura 13 - Funções de pertinência das variáveis de entrada.



Fonte: Adaptado de Osiro, Lima-Júnior e Carpinetti (2014).

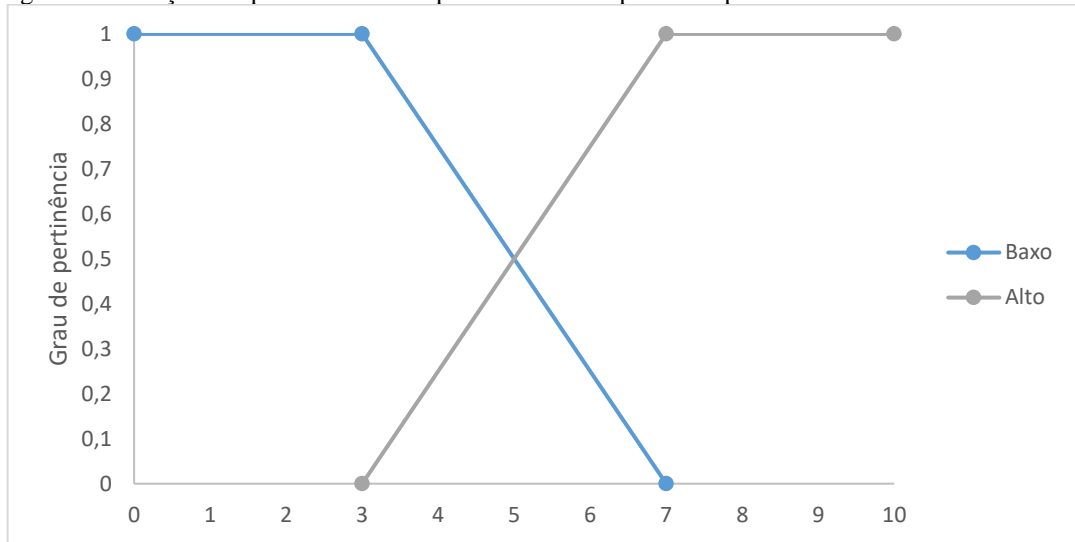
Tabela 3 - Parâmetros das funções de pertinência das variáveis de entrada.

Função	Valores dos parâmetros			Tipo
Baixo	$l = m$	n	u	Trapezoidal
	0	1,5	4	
Médio	l	m	n	Triangular
	1,5	5	8,5	
Alto	l	m	$n = u$	Trapezoidal
	6	8,5	10	

Fonte: Elaborado pelo autor.

As funções de pertinência das variáveis de saída para classificação de itens estão representadas na Figura 14. A Tabela 4 apresenta os parâmetros dessas funções. Nesse caso, as variáveis de saída são as dimensões de classificação dos itens, considerando o portfólio de compras proposto por Kraljic (1983) (importância da compra e complexidade do mercado fornecedor). Essas dimensões apresentam dois termos linguísticos: alto e baixo.

Figura 14 - Funções de pertinência da importância da compra e complexidade do mercado fornecedor.



Fonte: Adaptado de Osiro (2012).

Tabela 4 - Parâmetros das funções de pertinência da importância da compra e complexidade do mercado fornecedor.

Função	Valores dos parâmetros			Tipo
Baixo	$l = m$	n	u	Trapezoidal
	0	3	7	
Alto	l	m	$n = u$	Trapezoidal
	3	7	10	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nas Tabelas 5 e 6 são apresentadas as bases de regras para as dimensões de classificação de itens (importância da compra e complexidade do mercado fornecedor). O número de regras dessas dimensões pode ser obtido através da equação 11. Assim, o número de regras para cada dimensão é igual a $3^3 = 27$.

Tabela 5 - Base de regras da dimensão de importância da compra.

Regra	Impacto do item na segurança no uso e funcionamento do produto (C1)	Relevância financeira do item (C2)	Impacto do item na estética do produto (C3)	Importância da compra
1	Baixo	Baixo	Baixo	Baixa
2	Baixo	Baixo	Médio	Baixa
3	Baixo	Baixo	Alto	Baixa
4	Baixo	Médio	Baixo	Baixa

5	Baixo	Médio	Médio	Alta
6	Baixo	Médio	Alto	Alta
7	Baixo	Alto	Baixo	Baixa
8	Baixo	Alto	Médio	Alta
9	Baixo	Alto	Alto	Alta
10	Médio	Baixo	Baixo	Baixa
11	Médio	Baixo	Médio	Baixa
12	Médio	Baixo	Alto	Alta
13	Médio	Médio	Baixo	Alta
14	Médio	Médio	Médio	Alta
15	Médio	Médio	Alto	Alta
16	Médio	Alto	Baixo	Alta
17	Médio	Alto	Médio	Alta
18	Médio	Alto	Alto	Alta
19	Alto	Baixo	Baixo	Baixa
20	Alto	Baixo	Médio	Alta
21	Alto	Baixo	Alto	Alta
22	Alto	Médio	Baixo	Alta
23	Alto	Médio	Médio	Alta
24	Alto	Médio	Alto	Alta
25	Alto	Alto	Baixo	Alta
26	Alto	Alto	Médio	Alta
27	Alto	Alto	Alto	Alta

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 6 - Base de regras da dimensão de complexidade do mercado fornecedor.

Regra	Opções de fornecimento/fornecedor (C4)	Complexidade da logística (C5)	Lead time de entrega (C6)	Complexidade do mercado fornecedor
1	Poucas	Baixo	Curto	Baixa
2	Poucas	Baixo	Longo	Alta
3	Poucas	Baixo	Muito longo	Alta
4	Poucas	Médio	Curto	Baixa
5	Poucas	Médio	Longo	Alta

6	Poucas	Médio	Muito longo	Alta
7	Poucas	Alto	Curto	Alta
8	Poucas	Alto	Longo	Alta
9	Poucas	Alto	Muito longo	Alta
10	Algumas	Baixo	Curto	Baixa
11	Algumas	Baixo	Longo	Baixa
12	Algumas	Baixo	Muito longo	Alta
13	Algumas	Médio	Curto	Baixa
14	Algumas	Médio	Longo	Alta
15	Algumas	Médio	Muito longo	Alta
16	Algumas	Alto	Curto	Baixa
17	Algumas	Alto	Longo	Alta
18	Algumas	Alto	Muito longo	Alta
19	Muitas	Baixo	Curto	Baixa
20	Muitas	Baixo	Longo	Baixa
21	Muitas	Baixo	Muito longo	Baixa
22	Muitas	Médio	Curto	Baixa
23	Muitas	Médio	Longo	Baixa
24	Muitas	Médio	Muito longo	Baixa
25	Muitas	Alto	Curto	Baixa
26	Muitas	Alto	Longo	Alta
27	Muitas	Alto	Muito longo	Alta

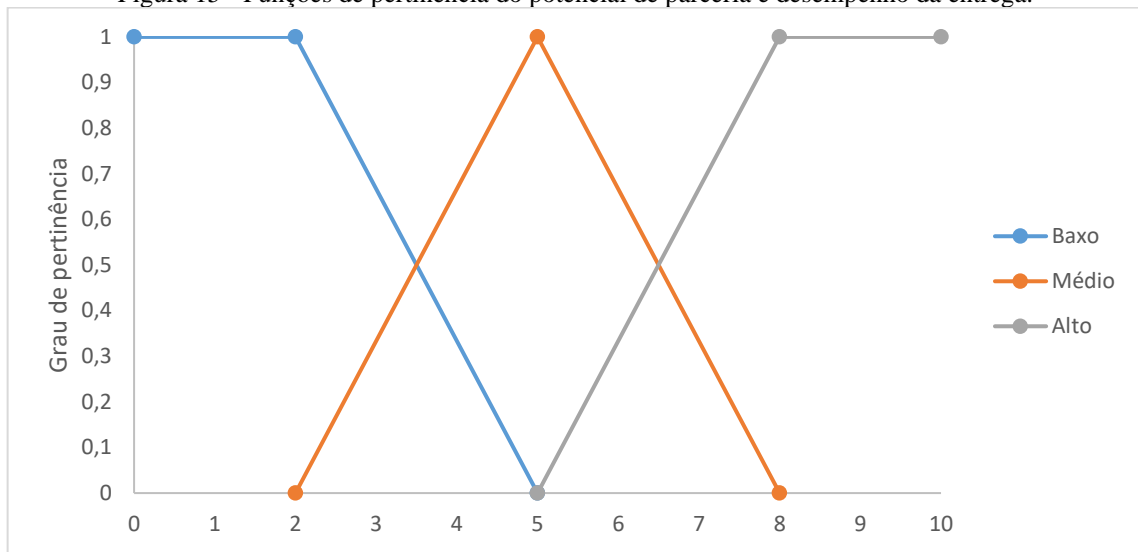
Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3.2. FORNECEDORES: FUNÇÕES DE PERTINÊNCIA E BASES DE REGRAS

As funções de pertinência para as variáveis de entrada das dimensões de classificação dos fornecedores são as mesmas usadas para a classificação dos itens, estando representadas na Figura 13. Os parâmetros das funções se localizam na Tabela 3. As variáveis de entrada para a classificação dos fornecedores são os critérios C_7 , C_8 , C_9 , C_{10} , C_{11} , C_{12} , C_{13} e C_{14} .

As variáveis de saída de classificação dos fornecedores são as dimensões de potencial de parceria e desempenho da entrega. As funções de pertinência e os parâmetros dessas variáveis estão representados, respectivamente, na Figura 15 e Tabela 7. As dimensões de potencial de parceria e desempenho da entrega apresentam três termos linguísticos, de acordo com a proposta de Osiro, Lima-Júnior e Carpinetti (2014): alto, médio e baixo.

Figura 15 - Funções de pertinência do potencial de parceria e desempenho da entrega.



Fonte: Adaptado de Osiro (2012).

Tabela 7 - Parâmetros das funções de pertinência de potencial de parceria e desempenho da entrega.

Função	Valores dos parâmetros			Tipo
Baixo	$l = m$	n	u	Trapezoidal
	0	2	5	
Médio	l	m	n	Triangular
	2	5	8	
Alto	l	m	$n = u$	Trapezoidal
	5	8	10	

Fonte: Elaborado pelo autor.

As bases de regras das dimensões de classificação dos fornecedores (potencial de parceria e desempenho da entrega) são apresentadas a seguir, nas Tabelas 8 e 9.

O número total de regras para cada dimensão também obedece à equação 11, ou seja, é igual a $3^4 = 81$.

Tabela 8 - Base de regras da dimensão de potencial de parceria.

Regra	Comprometimen to com a melhoria e resolução de problemas (C7)	Facilidade no relacionamento e comunicação (C8)	Comprometi mento em se relacionar a longo prazo (C9)	<i>Know-how</i> do fornecedor (C10)	Potencial de parceria
1	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
2	Baixo	Baixo	Baixo	Médio	Baixo
3	Baixo	Baixo	Baixo	Alto	Baixo
4	Baixo	Baixo	Médio	Baixo	Baixo
5	Baixo	Baixo	Médio	Médio	Baixo
6	Baixo	Baixo	Médio	Alto	Médio
7	Baixo	Baixo	Alto	Baixo	Baixo
8	Baixo	Baixo	Alto	Médio	Médio
9	Baixo	Baixo	Alto	Alto	Médio
10	Baixo	Médio	Baixo	Baixo	Baixo
11	Baixo	Médio	Baixo	Médio	Baixo
12	Baixo	Médio	Baixo	Alto	Baixo
13	Baixo	Médio	Médio	Baixo	Baixo
14	Baixo	Médio	Médio	Médio	Médio
15	Baixo	Médio	Médio	Alto	Médio
16	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Baixo
17	Baixo	Médio	Alto	Médio	Médio
18	Baixo	Médio	Alto	Alto	Alto
19	Baixo	Alto	Baixo	Baixo	Baixo
20	Baixo	Alto	Baixo	Médio	Baixo
21	Baixo	Alto	Baixo	Alto	Baixo
22	Baixo	Alto	Médio	Baixo	Baixo
23	Baixo	Alto	Médio	Médio	Médio
24	Baixo	Alto	Médio	Alto	Médio
25	Baixo	Alto	Alto	Baixo	Baixo
26	Baixo	Alto	Alto	Médio	Médio

27	Baixo	Alto	Alto	Alto	Alto
28	Médio	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
29	Médio	Baixo	Baixo	Médio	Médio
30	Médio	Baixo	Baixo	Alto	Médio
31	Médio	Baixo	Médio	Baixo	Médio
32	Médio	Baixo	Médio	Médio	Médio
33	Médio	Baixo	Médio	Alto	Médio
34	Médio	Baixo	Alto	Baixo	Médio
35	Médio	Baixo	Alto	Médio	Médio
36	Médio	Baixo	Alto	Alto	Alto
37	Médio	Médio	Baixo	Baixo	Baixo
38	Médio	Médio	Baixo	Médio	Médio
39	Médio	Médio	Baixo	Alto	Médio
40	Médio	Médio	Médio	Baixo	Médio
41	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio
42	Médio	Médio	Médio	Alto	Médio
43	Médio	Médio	Alto	Baixo	Médio
44	Médio	Médio	Alto	Médio	Médio
45	Médio	Médio	Alto	Alto	Alto
46	Médio	Alto	Baixo	Baixo	Médio
47	Médio	Alto	Baixo	Médio	Médio
48	Médio	Alto	Baixo	Alto	Médio
49	Médio	Alto	Médio	Baixo	Médio
50	Médio	Alto	Médio	Médio	Médio
51	Médio	Alto	Médio	Alto	Médio
52	Médio	Alto	Alto	Baixo	Médio
53	Médio	Alto	Alto	Médio	Médio
54	Médio	Alto	Alto	Alto	Alto
55	Alto	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
56	Alto	Baixo	Baixo	Médio	Médio
57	Alto	Baixo	Baixo	Alto	Alto
58	Alto	Baixo	Médio	Baixo	Médio
59	Alto	Baixo	Médio	Médio	Médio

60	Alto	Baixo	Médio	Alto	Alto
61	Alto	Baixo	Alto	Baixo	Alto
62	Alto	Baixo	Alto	Médio	Alto
63	Alto	Baixo	Alto	Alto	Alto
64	Alto	Médio	Baixo	Baixo	Baixo
65	Alto	Médio	Baixo	Médio	Médio
66	Alto	Médio	Baixo	Alto	Alto
67	Alto	Médio	Médio	Baixo	Médio
68	Alto	Médio	Médio	Médio	Médio
69	Alto	Médio	Médio	Alto	Alto
70	Alto	Médio	Alto	Baixo	Alto
71	Alto	Médio	Alto	Médio	Alto
72	Alto	Médio	Alto	Alto	Alto
73	Alto	Alto	Baixo	Baixo	Médio
74	Alto	Alto	Baixo	Médio	Médio
75	Alto	Alto	Baixo	Alto	Alto
76	Alto	Alto	Médio	Baixo	Médio
77	Alto	Alto	Médio	Médio	Médio
78	Alto	Alto	Médio	Alto	Alto
79	Alto	Alto	Alto	Baixo	Alto
80	Alto	Alto	Alto	Médio	Alto
81	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 9 - Base de regras da dimensão de desempenho da entrega.

Regra	Prazo de entrega (C11)	Conformidade com as especificações (C12)	Índice de não conformidades (C13)	Precisão da entrega (C14)	Desempenho da entrega
1	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
2	Baixo	Baixo	Baixo	Médio	Baixo
3	Baixo	Baixo	Baixo	Alto	Baixo
4	Baixo	Baixo	Médio	Baixo	Baixo
5	Baixo	Baixo	Médio	Médio	Baixo

6	Baixo	Baixo	Médio	Alto	Baixo
7	Baixo	Baixo	Alto	Baixo	Baixo
8	Baixo	Baixo	Alto	Médio	Baixo
9	Baixo	Baixo	Alto	Alto	Médio
10	Baixo	Médio	Baixo	Baixo	Baixo
11	Baixo	Médio	Baixo	Médio	Baixo
12	Baixo	Médio	Baixo	Alto	Baixo
13	Baixo	Médio	Médio	Baixo	Baixo
14	Baixo	Médio	Médio	Médio	Médio
15	Baixo	Médio	Médio	Alto	Médio
16	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Baixo
17	Baixo	Médio	Alto	Médio	Médio
18	Baixo	Médio	Alto	Alto	Médio
19	Baixo	Alto	Baixo	Baixo	Baixo
20	Baixo	Alto	Baixo	Médio	Baixo
21	Baixo	Alto	Baixo	Alto	Médio
22	Baixo	Alto	Médio	Baixo	Baixo
23	Baixo	Alto	Médio	Médio	Médio
24	Baixo	Alto	Médio	Alto	Médio
25	Baixo	Alto	Alto	Baixo	Médio
26	Baixo	Alto	Alto	Médio	Médio
27	Baixo	Alto	Alto	Alto	Alto
28	Médio	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
29	Médio	Baixo	Baixo	Médio	Baixo
30	Médio	Baixo	Baixo	Alto	Baixo
31	Médio	Baixo	Médio	Baixo	Baixo
32	Médio	Baixo	Médio	Médio	Médio
33	Médio	Baixo	Médio	Alto	Médio
34	Médio	Baixo	Alto	Baixo	Baixo
35	Médio	Baixo	Alto	Médio	Médio
36	Médio	Baixo	Alto	Alto	Médio
37	Médio	Médio	Baixo	Baixo	Baixo
38	Médio	Médio	Baixo	Médio	Médio

39	Médio	Médio	Baixo	Alto	Médio
40	Médio	Médio	Médio	Baixo	Médio
41	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio
42	Médio	Médio	Médio	Alto	Médio
43	Médio	Médio	Alto	Baixo	Médio
44	Médio	Médio	Alto	Médio	Médio
45	Médio	Médio	Alto	Alto	Médio
46	Médio	Alto	Baixo	Baixo	Baixo
47	Médio	Alto	Baixo	Médio	Médio
48	Médio	Alto	Baixo	Alto	Médio
49	Médio	Alto	Médio	Baixo	Médio
50	Médio	Alto	Médio	Médio	Médio
51	Médio	Alto	Médio	Alto	Médio
52	Médio	Alto	Alto	Baixo	Médio
53	Médio	Alto	Alto	Médio	Médio
54	Médio	Alto	Alto	Alto	Alto
55	Alto	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
56	Alto	Baixo	Baixo	Médio	Baixo
57	Alto	Baixo	Baixo	Alto	Médio
58	Alto	Baixo	Médio	Baixo	Baixo
59	Alto	Baixo	Médio	Médio	Médio
60	Alto	Baixo	Médio	Alto	Médio
61	Alto	Baixo	Alto	Baixo	Médio
62	Alto	Baixo	Alto	Médio	Médio
63	Alto	Baixo	Alto	Alto	Alto
64	Alto	Médio	Baixo	Baixo	Baixo
65	Alto	Médio	Baixo	Médio	Médio
66	Alto	Médio	Baixo	Alto	Médio
67	Alto	Médio	Médio	Baixo	Médio
68	Alto	Médio	Médio	Médio	Médio
69	Alto	Médio	Médio	Alto	Médio
70	Alto	Médio	Alto	Baixo	Médio
71	Alto	Médio	Alto	Médio	Médio

72	Alto	Médio	Alto	Alto	Alto
73	Alto	Alto	Baixo	Baixo	Médio
74	Alto	Alto	Baixo	Médio	Médio
75	Alto	Alto	Baixo	Alto	Alto
76	Alto	Alto	Médio	Baixo	Médio
77	Alto	Alto	Médio	Médio	Médio
78	Alto	Alto	Médio	Alto	Alto
79	Alto	Alto	Alto	Baixo	Alto
80	Alto	Alto	Alto	Médio	Alto
81	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4. PASSO 2: CLASSIFICAÇÃO DOS ITENS E FORNECEDORES

No segundo passo, foram definidos os itens e seus respectivos fornecedores a serem avaliados. Além disso, foram aplicados os Sistemas de Inferência *Fuzzy* para classificar os itens e os fornecedores.

A fim de aplicar o modelo de segmentação, foram escolhidos 20 itens fornecidos para a empresa. Para fazer a escolha, foram levados em consideração itens que pudessem se encaixar em cada um dos quadrantes da matriz de Kraljic (1983), que indicam o tipo de item (estratégico, alavancado, gargalo e não-crítico). Como a empresa não fazia uso da matriz para classificação dos itens, ela foi apresentada a um dos especialistas, que auxiliou na escolha dos itens a serem avaliados. Após a definição dos itens, seus respectivos fornecedores foram escolhidos. Para itens com mais de um fornecedor, optou-se por um em específico.

Desta forma, os itens escolhidos são representados como $I_1, I_2, I_3, \dots, I_{20}$ e seus fornecedores como $F_1, F_2, F_3, \dots, F_{20}$.

Os dados de avaliação foram coletados através de entrevistas com os especialistas ou do envio de uma planilha para preenchimento com as avaliações. Os especialistas avaliaram os itens/fornecedores a partir de uma escala de 0 a 10, que está associada a funções de pertinência *fuzzy*, como representado na Figura 13. Para essa avaliação, os especialistas levaram em consideração suas próprias experiências e perspectivas.

É válido ressaltar que, para as avaliações dos critérios “Conformidade com as especificações” e “Índice de não conformidades”, foram levadas em consideração bases de

dados da empresa para apoiar o especialista responsável por atribuir as notas desses critérios. Os dados utilizados são referentes a um período de 5 meses anteriores à pesquisa.

Nas respostas do formulário do Apêndice A, cada especialista havia apontado alguns critérios para sua área avaliar. No entanto, durante a coleta dos dados, percebeu-se que alguns critérios assinalados por mais de um especialista estavam ligados a uma área específica da empresa, a qual teria mais *know-how* e propriedade para fazer a avaliação. Assim, decidiu-se por destinar esses critérios à área mais apropriada. Em outros casos, porém, os critérios puderam ser avaliados por mais de uma área; nesses casos as avaliações foram feitas em consenso entre os especialistas responsáveis. Na Tabela 10 estão relacionados os critérios e as respectivas áreas responsáveis pela avaliação.

Tabela 10 - Relação de critérios e áreas responsáveis pela avaliação.

Dimensão	Critério	Área (s) responsável (eis)
Importância da compra	Impacto do item na segurança (C_1)	Engenharia
	Relevância financeira do item (C_2)	<i>Supply Chain</i>
	Impacto do item na estética do produto (C_3)	Qualidade
Complexidade do mercado fornecedor	Opções de fornecimento/fornecedor (C_4)	<i>Supply Chain</i>
	Complexidade da logística (C_5)	<i>Supply Chain/PCP</i>
	<i>Lead time</i> de entrega (C_6)	<i>Supply Chain</i>
Potencial de parceria	Comprometimento com a melhoria e resolução de problemas (C_7)	Qualidade
	Facilidade no relacionamento/comunicação (C_8)	<i>Supply Chain</i>
	Comprometimento em se relacionar a longo prazo (C_9)	<i>Supply Chain</i>
	<i>Know-how</i> do fornecedor (C_{10})	Engenharia
Desempenho da entrega	Prazo de entrega (C_{11})	<i>Supply Chain/PCP</i>
	Conformidade com as especificações (C_{12})	Qualidade
	Índice de não conformidades (C_{13})	Qualidade
	Precisão da entrega (C_{14})	<i>Supply Chain</i>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nas Tabelas 11 e 12 estão representadas, respectivamente, as avaliações dos critérios das dimensões de classificação de itens e de classificação de fornecedores.

Tabela 11 - Avaliação dos critérios de classificação dos itens.

Item	Importância da compra			Complexidade do mercado fornecedor		
	Impacto do item na segurança	Relevância financeira do item	Impacto do item na estética do produto	Opções de fornecimento/fornecedor	Complexidade da logística	Lead time
I_1	9	7	2	1	7	8
I_2	9	8	2	1	2	9
I_3	8	10	2	2	7	10
I_4	7	10	2	2	7	6
I_5	6	4	2	3	2	5
I_6	7	4	2	3	5	4
I_7	8	10	2	1	7	9
I_8	8	8	2	1	7	5
I_9	3	3	9	3	5	5
I_{10}	5	3	2	3	2	4
I_{11}	2	2	9	6	5	3
I_{12}	6	1	2	3	2	2
I_{13}	8	2	6	1	2	8
I_{14}	2	1	7	3	1	2
I_{15}	3	1	9	3	1	2
I_{16}	8	3	2	1	10	7

I_{17}	6	3	2	1	3	6
I_{18}	6	1	2	6	1	1
I_{19}	6	1	9	2	1	3
I_{20}	7	1	6	5	1	2

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 12 - Avaliação dos critérios de classificação dos fornecedores.

Fornecedor	Potencial de parceria				Desempenho da entrega			
	Comprometimen to com a melhoria e resolução de problemas	Facilidade no relacionamento /comunicação	Comprometimento em se relacionar a longo prazo	<i>Know-how</i> do fornecedor	Conformidade com as especificações	Índice de não conformidades	Prazo de entrega	Precisão da entrega
F_1	7	7	10	9	8	8	8	6
F_2	7	7	10	9	9	10	8	10
F_3	8	9	10	9	9	10	7	7
F_4	7	10	10	9	9	9	8	10
F_5	7	6	6	8	9	10	9	8
F_6	7	9	10	9	8	8	8	7
F_7	7	10	10	10	8	8	8	10
F_8	8	6	8	8	9	9	2	10
F_9	6	5	8	8	6	5	5	10
F_{10}	6	8	9	7	9	10	6	9
F_{11}	6	8	5	7	8	7	5	7
F_{12}	7	8	5	7	8	8	6	10
F_{13}	8	8	8	9	10	10	4	10

F_{14}	8	10	8	8	9	9	9	10
F_{15}	7	10	8	8	8	8	8	9
F_{16}	6	9	6	7	8	7	7	9
F_{17}	8	8	8	7	10	10	8	10
F_{18}	4	9	8	8	6	5	9	10
F_{19}	6	7	8	8	10	10	9	10
F_{20}	7	7	8	8	10	9	9	10

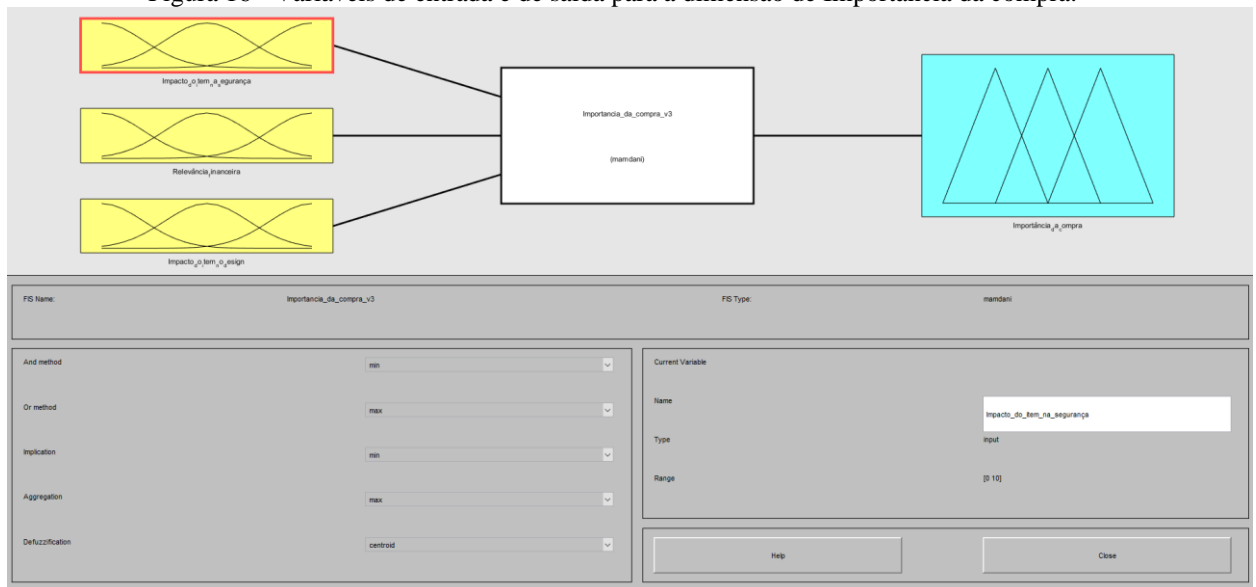
Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4.1. INFERÊNCIA *FUZZY* E RESULTADOS

Para a aplicação dos sistemas de inferência *fuzzy*, foi utilizado o *software* MATLAB®, que apresenta ferramentas próprias para esse fim. Nessa etapa, alimentou-se o *software* com todas as informações referentes à construção de um FIS apresentadas: as variáveis de entrada e saída; as funções de pertinência e suas escalas e as regras de inferência.

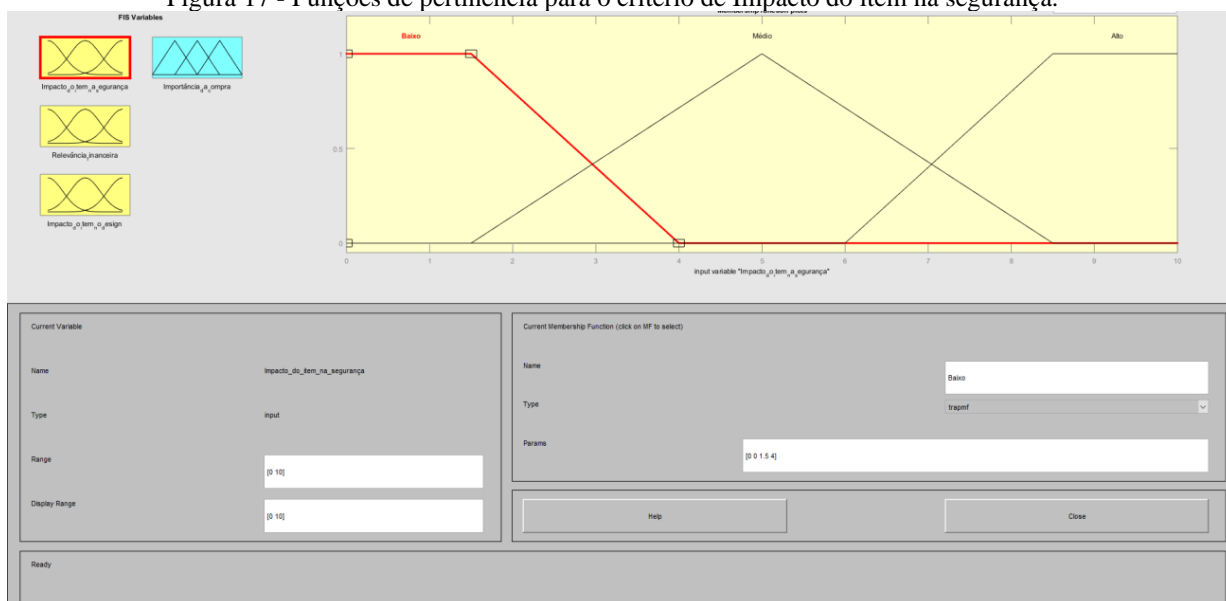
Nas Figuras 16 e 17 estão representadas algumas telas de exemplo do *software*. A Figura 16 mostra as variáveis de entrada e saída da dimensão de Importância da compra; a Figura 17 mostra as funções de pertinência do critério de Impacto do item na segurança.

Figura 16 - Variáveis de entrada e de saída para a dimensão de Importância da compra.



Fonte: Elaborado pelo autor.

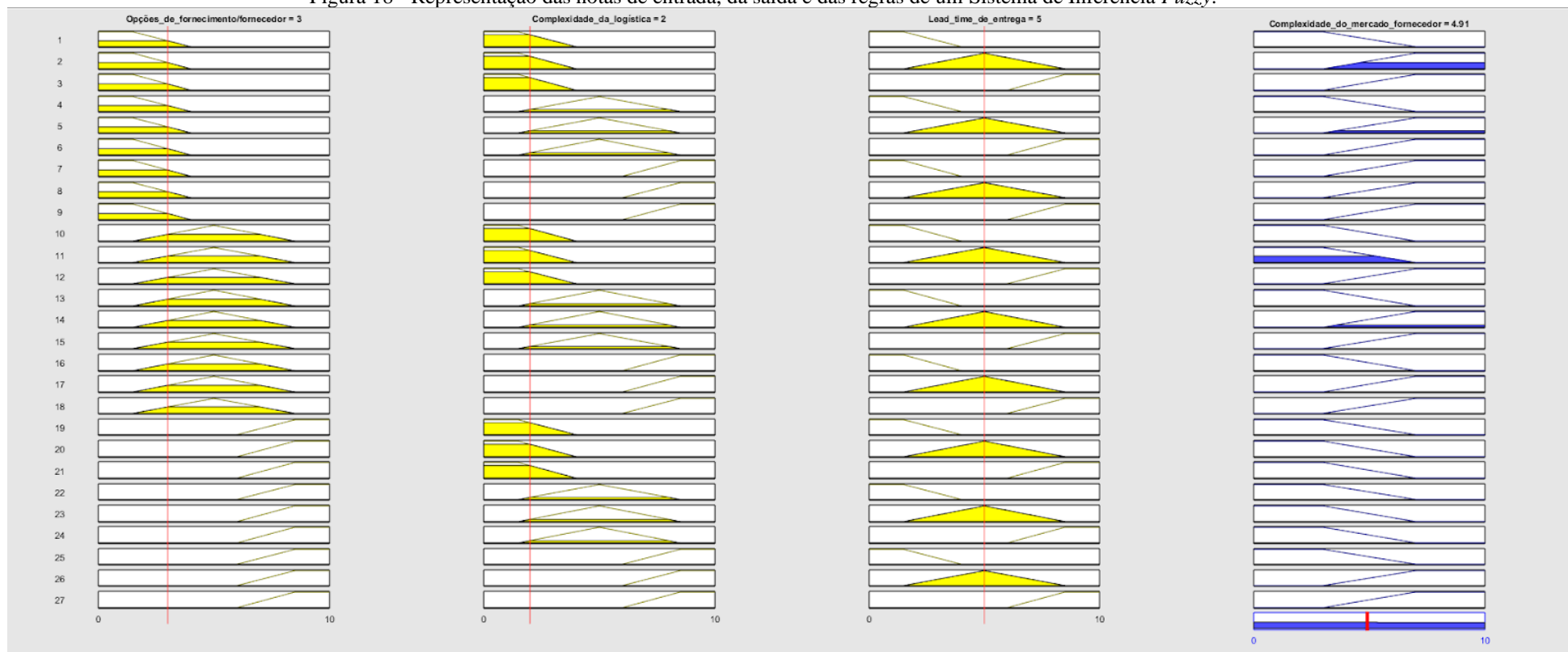
Figura 17 - Funções de pertinência para o critério de Impacto do item na segurança.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir dos dados coletados com os especialistas, representados nas Tabelas 11 e 12, foi possível gerar os resultados dos quatro sistemas de inferência *fuzzy*, um para cada dimensão de avaliação de itens e fornecedores. Para cada item ou fornecedor, as notas dos critérios de determinada dimensão foram inseridas, e o *software* gerou uma saída conforme a Figura 18. A figura representa um exemplo envolvendo a dimensão de complexidade do mercado fornecedor. As funções de pertinência em amarelo se referem às variáveis de entrada do sistema e aquelas em azul dizem respeito à saída. É possível observar também todas as regras, incluindo aquelas que foram ativadas, ou seja, com funções de pertinência não nulas entre os antecedentes. No exemplo em questão, as entradas 3, 2 e 5 apresentam uma saída igual a 4,91, já defuzzificada, ou seja, como um número *crisp*.

Figura 18 - Representação das notas de entrada, da saída e das regras de um Sistema de Inferência *Fuzzy*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

As Tabelas 13 e 14 representam as saídas de cada um dos FIS. Nelas estão os resultados gerados para cada item (Tabela 13) e fornecedor (Tabela 14). As saídas linguísticas foram obtidas a partir das saídas *crisp* e segundo o método de classificação apresentado no Capítulo 2.5.1.

Para o caso da classificação dos itens, foram levadas em consideração as funções de pertinência das dimensões de importância da compra e de complexidade do mercado fornecedor, representadas na Figura 14. A intersecção das funções “Baixa” e “Alta” está no ponto em que o valor *crisp* corresponde a 5. Para valores maiores que 5, a função “Alta” resultará em graus de pertinência maiores e, para valores menores que 5, a função “Baixa” resultará em graus de pertinência predominantes. Portanto, as saídas linguísticas para classificação dos itens dependem se os valores da saída *crisp* estão acima ou abaixo de 5.

Para a classificação dos fornecedores, foram levadas em consideração as funções de pertinência das dimensões de potencial de parceria e desempenho da entrega, representadas na Figura 15. Foram assumidos os pontos de intersecção entre as funções “Baixo” e “Médio” e entre as funções “Médio” e “Alto”, que se localizam quando os valores *crisp* são, respectivamente, 3,5 e 6,5. Para valores entre 0 e 3,5, a função “Baixo” resulta em um grau de pertinência maior; para valores entre 3,5 e 6,5, a função “Médio” resulta em um grau de pertinência predominante; e, por fim, para valores entre 6,5 e 10, os maiores graus de pertinência são definidos pela função “Alto”. Portanto, as saídas linguísticas para a classificação dos fornecedores estão associadas aos intervalos de valores *crisp* apresentados.

Tabela 13 - Resultados da avaliação dos itens.

Item	Importância da Compra		Complexidade do mercado fornecedor	
	Saída <i>crisp</i>	Saída linguística	Saída <i>crisp</i>	Saída linguística
I_1	6,93	Alta	6,93	Alta
I_2	7,25	Alta	7,25	Alta
I_3	7,25	Alta	6,93	Alta
I_4	6,93	Alta	6,93	Alta
I_5	7,18	Alta	4,91	Baixa
I_6	6,93	Alta	6,93	Alta
I_7	7,25	Alta	6,93	Alta

I_8	7,25	Alta	6,93	Alta
I_9	5,09	Alta	6,93	Alta
I_{10}	5,09	Alta	4,91	Baixa
I_{11}	3,31	Baixa	5,09	Alta
I_{12}	2,82	Baixa	3,87	Baixa
I_{13}	6,59	Alta	7,25	Alta
I_{14}	3,87	Baixa	3,87	Baixa
I_{15}	5,09	Alta	3,87	Baixa
I_{16}	5,09	Alta	6,93	Alta
I_{17}	5,09	Alta	6,93	Alta
I_{18}	2,82	Baixa	2,82	Baixa
I_{19}	7,18	Alta	5,09	Alta
I_{20}	4,91	Baixa	2,75	Baixa

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 14 - Resultados da avaliação dos fornecedores.

Fornecedor	Potencial de parceria		Desempenho da entrega	
	Saída <i>crisp</i>	Saída linguística	Saída <i>crisp</i>	Saída linguística
F_1	7,83	Alto	7,45	Alto
F_2	7,83	Alto	8,06	Alto
F_3	8,06	Alto	6,28	Alto
F_4	7,83	Alto	8,06	Alto
F_5	6,27	Médio	8,06	Alto
F_6	7,83	Alto	7,07	Alto
F_7	7,83	Alto	7,53	Alto
F_8	7,45	Alto	8,06	Alto
F_9	7,45	Alto	5,01	Médio
F_{10}	6,27	Médio	8,01	Alto
F_{11}	5	Médio	6,28	Médio
F_{12}	6,27	Médio	7,45	Alto
F_{13}	7,53	Alto	8,01	Alto
F_{14}	7,53	Alto	8,17	Alto

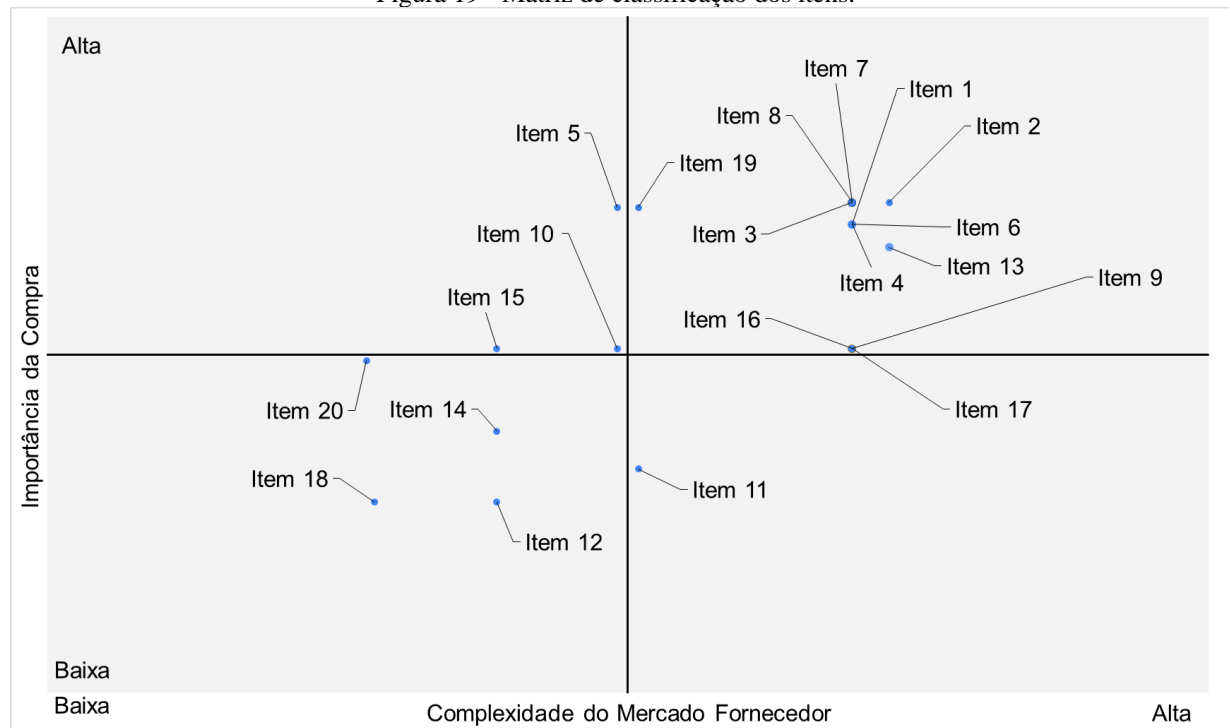
F_{15}	7,07	Alto	7,53	Alto
F_{16}	5	Médio	6,28	Médio
F_{17}	7,07	Alto	8,06	Alto
F_{18}	7,45	Alto	5,01	Médio
F_{19}	7,07	Alto	8,17	Alto
F_{20}	7,07	Alto	8,17	Alto

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.5. PASSO 3: ANÁLISE DE GAP DOS FORNECEDORES COM BASE NO TIPO DE ITEM E DIRETRIZES PARA DESENVOLVIMENTO DE FORNECEDORES

Na terceira etapa, foi realizada a análise de *gap* dos fornecedores com base no tipo de item fornecido. Para isso, os resultados apresentados nas Tabelas 13 e 14 foram organizados em forma de matrizes para facilitar a visualização. A Figura 19 mostra graficamente os resultados dos FIS para a Importância da compra e no FIS para Complexidade do mercado fornecedor.

Figura 19 - Matriz de classificação dos itens.

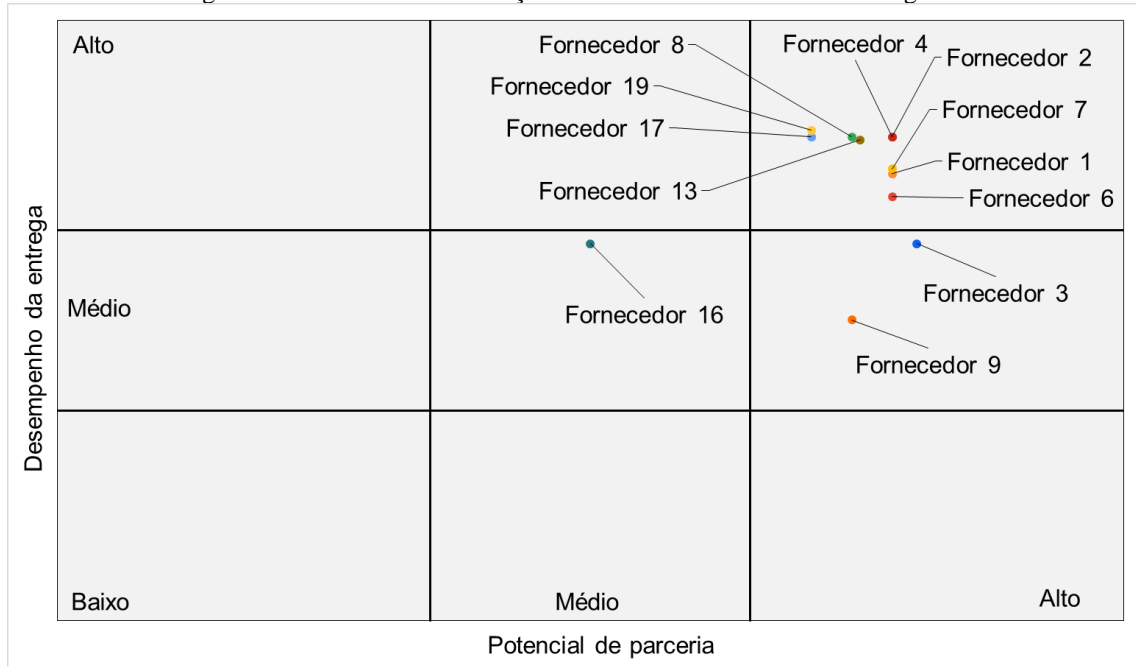


Fonte: Elaborado pelo autor.

Seguindo o modelo proposto por Osiro, Lima-Júnior e Carpinetti (2014), os itens classificados como não-críticos (I_{12} , I_{14} , I_{18} e I_{20}) foram desconsiderados para a análise de *gap* dos fornecedores.

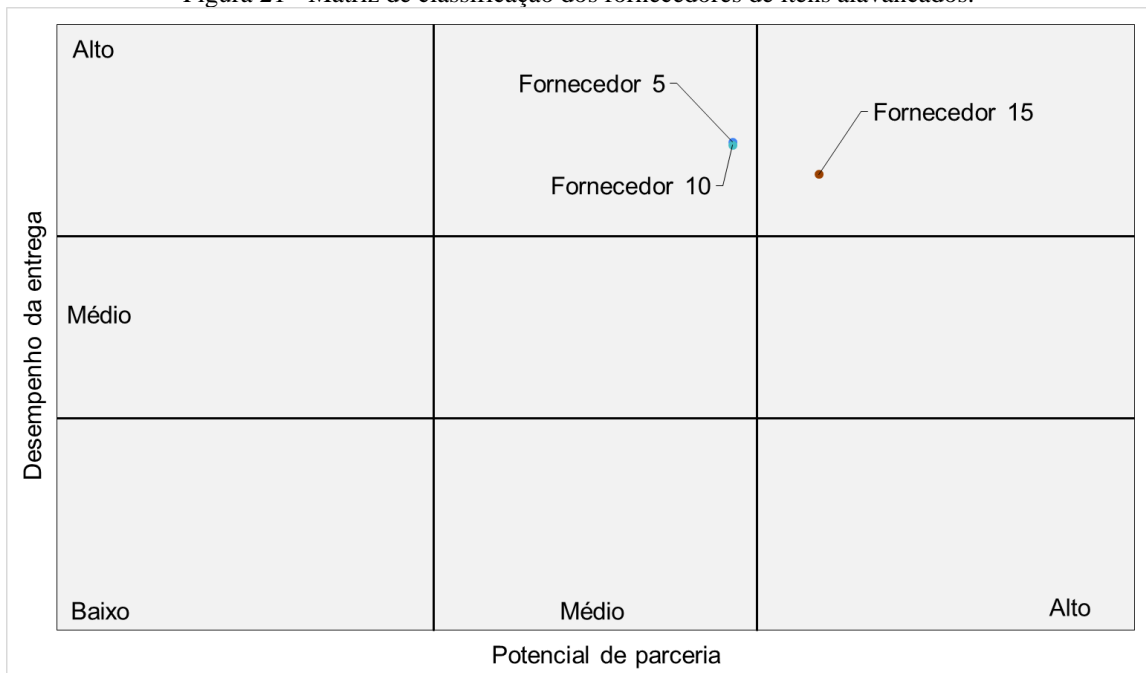
A seguir, nas Figuras 20, 21 e 22 são apresentadas as matrizes de segmentação dos fornecedores de acordo com o tipo de item, com base no FIS para o Potencial de parceria e no FIS para o Desempenho da entrega. As figuras representam, respectivamente, as matrizes para itens estratégicos, itens alavancados e itens gargalos.

Figura 20 - Matriz de classificação dos fornecedores de itens estratégicos.



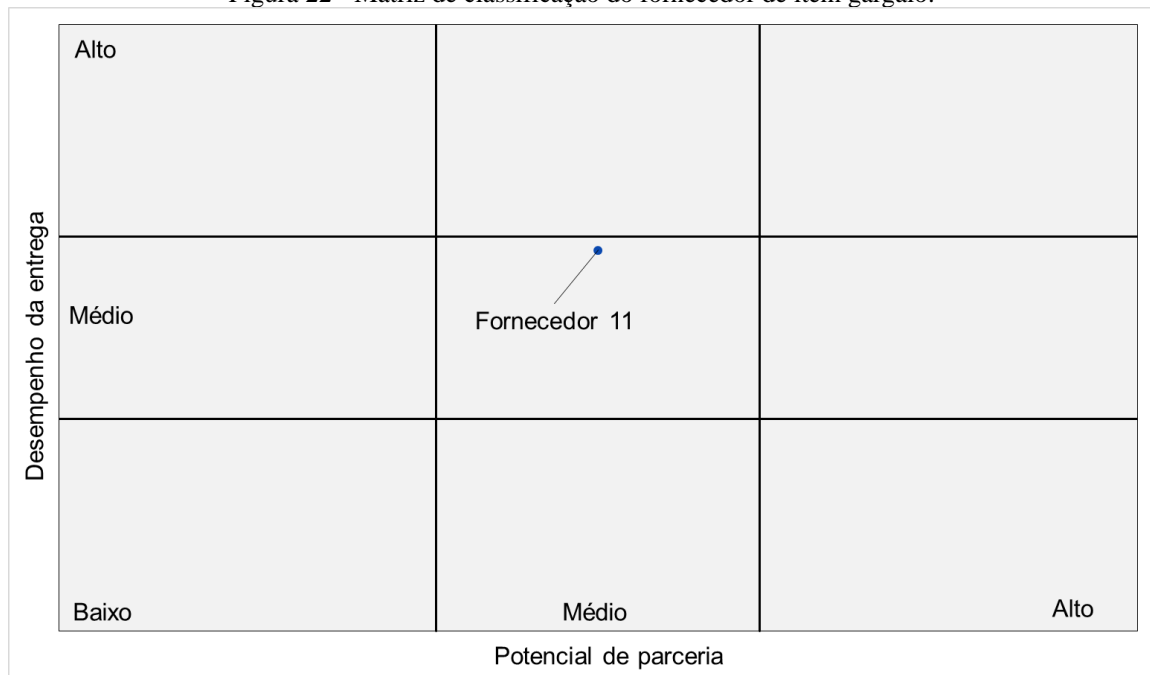
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 21 - Matriz de classificação dos fornecedores de itens alavancados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 22 - Matriz de classificação do fornecedor de item gargalo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir da localização de cada fornecedor na matriz, é traçada uma diretriz de relacionamento entre a empresa e o fornecedor, a fim de suprir o *gap* existente entre a situação atual e o cenário ideal para a empresa com relação ao fornecimento. As diretrizes sugeridas por Osiro, Lima-Júnior e Carpinetti (2014) são representadas na Figura 5. Desta forma, considerando cada um dos fornecedores, as diretrizes de relacionamento sugeridas são apresentadas na Tabela 15. É válido ressaltar que, para os itens não-críticos, não foram representadas as diretrizes de relacionamento.

Tabela 15 - Diretrizes de relacionamento para os fornecedores do estudo.

Tipo do item	Item	Fornecedor	Resultado da classificação dos	
			fornecedores (potencial de parceria, desempenho da entrega)	Diretriz de relacionamento
Item estratégico	I_1	F_1	Alto, alto	Manter relação
	I_2	F_2	Alto, alto	Manter relação
	I_3	F_3	Alto, médio	Desenvolver programas de <i>follow up</i>
	I_4	F_4	Alto, alto	Manter relação
	I_6	F_6	Alto, alto	Manter relação
	I_7	F_7	Alto, alto	Manter relação
	I_8	F_8	Alto, alto	Manter relação
	I_9	F_9	Alto, médio	Desenvolver programas de <i>follow up</i>
	I_{13}	F_{13}	Alto, alto	Manter relação
	I_{16}	F_{16}	Médio, médio	Desenvolver programas de <i>follow up</i>
	I_{17}	F_{17}	Alto, alto	Manter relação
	I_{19}	F_{19}	Alto, alto	Manter relação
Item alavancado	I_5	F_5	Médio, alto	Apoiar novos programas de desenvolvimento

	I_{10}	F_{10}	Médio, alto	Apoiar novos programas de desenvolvimento
	I_{15}	F_{15}	Alto, alto	Alocar itens estratégicos
Item gargalo	I_{11}	F_{11}	Médio, médio	Manter relação
	I_{12}	F_{12}	Médio, alto	(Item não-crítico)
Item não-crítico	I_{14}	F_{14}	Alto, alto	(Item não-crítico)
	I_{18}	F_{18}	Alto, médio	(Item não-crítico)
	I_{20}	F_{20}	Alto, alto	(Item não-crítico)

Fonte: Elaborado pelo autor.

As estratégias apresentadas na Tabela 15 variam para cada fornecedor, dependendo do item fornecido. Assim, a estratégia de manter a relação é sugerida para os fornecedores F_1 e F_{11} , apesar do fato de eles apresentarem diferentes classificações na matriz. Isso se justifica pelo tipo de item fornecido: no caso do fornecedor F_1 , o item é estratégico e para o fornecedor F_{11} , o item é gargalo. A estratégia de desenvolver programas de *follow up* se aplica a fornecedores que necessitam de um maior acompanhamento para melhorar sua classificação em uma ou ambas as dimensões (desempenho da entrega e potencial de parceria). Os fornecedores F_9 e F_{16} fornecem itens estratégicos; enquanto o fornecedor F_9 precisa ser desenvolvido a fim de melhorar o desempenho da entrega, o fornecedor F_{16} carece de uma melhoria em ambas as dimensões. A estratégia de alocar itens estratégicos diz respeito a fornecedores que foram classificados com alto desempenho da entrega e alto potencial de parceria. Ou seja, devido à sua classificação, esses fornecedores poderiam passar a fornecer itens estratégicos para a empresa. Por fim, a estratégia de apoiar novos programas de desenvolvimento tem a finalidade de criar oportunidades para os fornecedores de itens avançados passarem a fornecer itens estratégicos.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

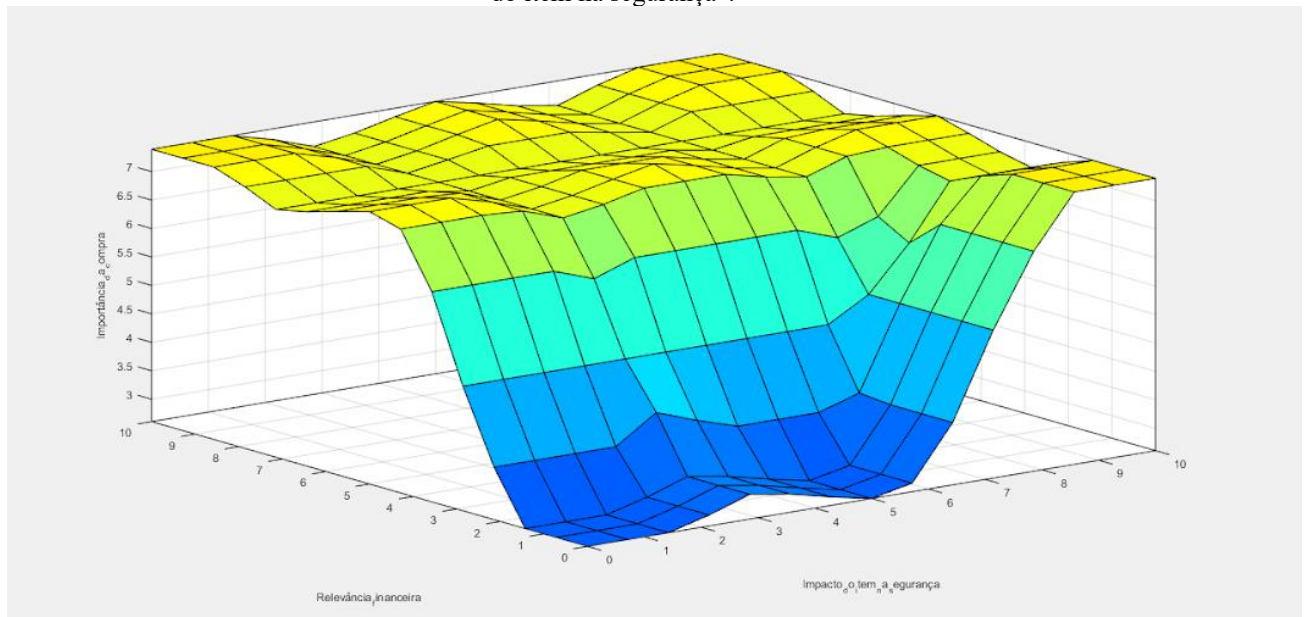
Os resultados foram apresentados a um dos especialistas que participou do trabalho a fim de ser realizada uma validação da aplicação do modelo de segmentação de fornecedores. Assim, foi realizada uma análise geral, sendo coletadas algumas impressões do colaborador. Nessa análise, foi levantada a questão da localização de alguns itens na matriz de classificação dos itens. Por exemplo, o I_5 deveria, na opinião do especialista, ser classificado como “estratégico” e não “alavancado”. O item I_{20} também deveria ter nos resultados uma maior importância da compra. Por outro lado, a classificação dos itens $I_1, I_2, I_3, I_4, I_6, I_7, I_8$ como estratégicos estão coerentes com a realidade da empresa. Além disso, foram feitas observações também com relação aos itens I_{11}, I_{12} , que tiveram uma classificação coerente.

Do ponto de vista da classificação dos fornecedores e as estratégias sugeridas, o especialista comentou sobre os casos dos fornecedores F_9, F_{10} e F_{15} . O fornecedor F_9 apresentou um resultado alto no potencial de parceria, porém teve médio desempenho da entrega. O especialista comentou que, em geral, concorda com a classificação no quadrante, porém acredita que o desempenho da entrega poderia ter tido um valor mais baixo (ainda dentro do intervalo médio do critério). Sobre a estratégia sugerida para esse fornecedor (“desenvolver programas de follow up”), o especialista afirmou ser coerente. O fornecedor F_{10} apresenta um alto desempenho na entrega, porém médio potencial de parceria. O especialista comentou que as entregas desse fornecedor são boas; por outro lado, ele acredita haver oportunidade de melhorias na parceria. Sobre a estratégia sugerida para esse fornecedor (“apoiar novos programas de desenvolvimento”), o especialista comentou sobre ela ser coerente, dada a possibilidade desse fornecedor se desenvolver para fornecimento de itens estratégicos, através, por exemplo, de mais investimentos em máquinas e pessoas. No caso do fornecedor F_{15} , o resultado foi um alto potencial de parceria e alto desempenho da entrega. Pelo fato de ele fornecer um item alavancado, a estratégia sugerida foi “alocar itens estratégicos”. Sobre os resultados e a estratégia, o especialista comentou serem adequados, uma vez que esse fornecedor apresenta recursos, como máquinas, para produzir itens até mais complexos que aqueles fornecidos para a empresa.

De forma geral, o especialista levantou a necessidade de se fazerem alguns ajustes na aplicação, como revisar os pesos de alguns critérios. Apesar disso, ele revelou que o modelo atendeu de forma satisfatória à realidade da empresa.

Quanto aos parâmetros utilizados no MATLAB® para aplicação do modelo, o *software* permite gerar superfícies que representam a interação entre duas variáveis de entrada de um FIS. Essas superfícies revelam o comportamento da variável de saída em função das duas variáveis de entrada. Através da análise dos resultados foi possível observar que as superfícies geradas pelo *software* para as dimensões de classificação dos itens apresentaram um comportamento com oscilações dos valores das variáveis de saída. A Figura 23 mostra a superfície gerada para a dimensão de Importância da compra, considerando as variáveis de entrada “Relevância financeira” e “Impacto do item na segurança”. Essa superfície apresenta picos de valores para a Importância da compra, o que pode gerar uma inconsistência nos resultados. Nesse caso, se for tomado um valor fixo para o critério “Relevância Financeira”, variando-se o valor do critério “Impacto do item na segurança” para cima, o comportamento esperado para a variável de saída (“Importância da compra”) seria o aumento de seu valor, já que, quanto mais o item impacta na segurança do equipamento, maior é sua importância de compra. No entanto, é possível observar que o valor da variável de saída está sujeito a oscilações, o que não condiz com o esperado.

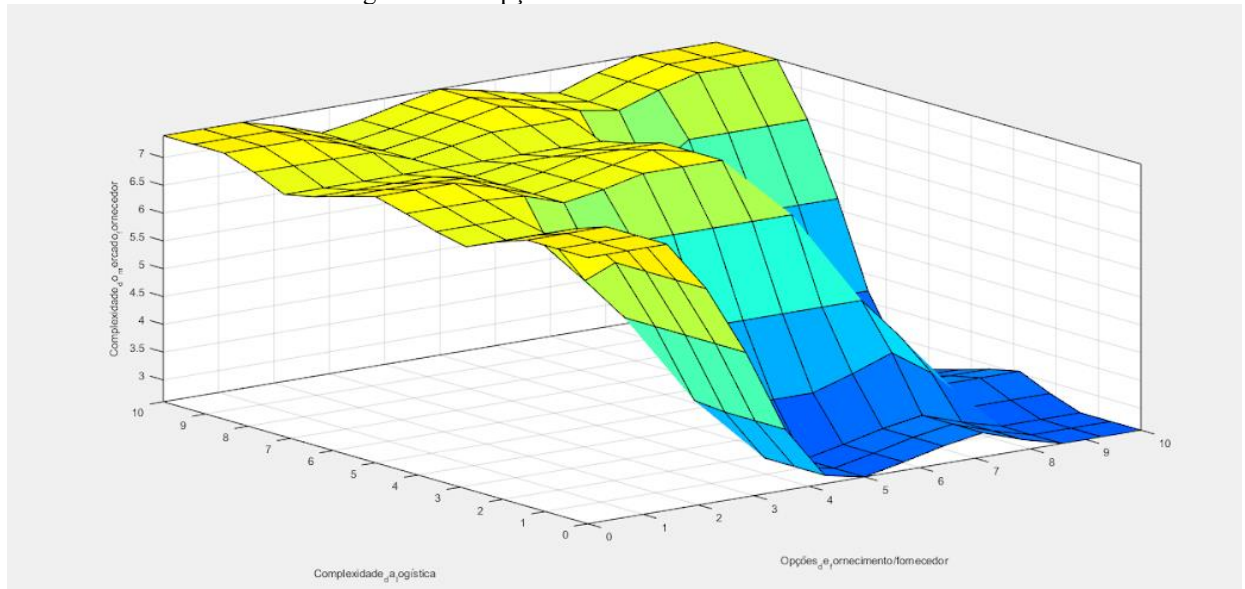
Figura 23 - Superfície da Importância da compra para as variáveis de entrada “Relevância financeira” e “Impacto do item na segurança”.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Da mesma forma, para a dimensão de Complexidade do mercado fornecedor, as superfícies geradas apresentam oscilações nos valores de saída. A Figura 24 mostra uma superfície considerando as variáveis de entrada “Complexidade da logística” e “Opções de fornecimento/fornecedor”. Nesse caso, fixando-se um valor para o critério “Complexidade da logística”, conforme o valor do critério “Opções de fornecimento/fornecedor” é diminuído, o comportamento esperado para a variável de saída (“Complexidade do mercado fornecedor”) seria o aumento de seu valor, uma vez que, com opções reduzidas de fornecimento de determinado item, a complexidade do mercado é maior. Porém, o que a Figura 24 revela são oscilações dos valores de complexidade do mercado fornecedor, diferente do comportamento esperado.

Figura 24 - Superfície da Complexidade do mercado fornecedor para as variáveis de entrada “Complexidade da logística” e “Opções de fornecimento/fornecedor”.



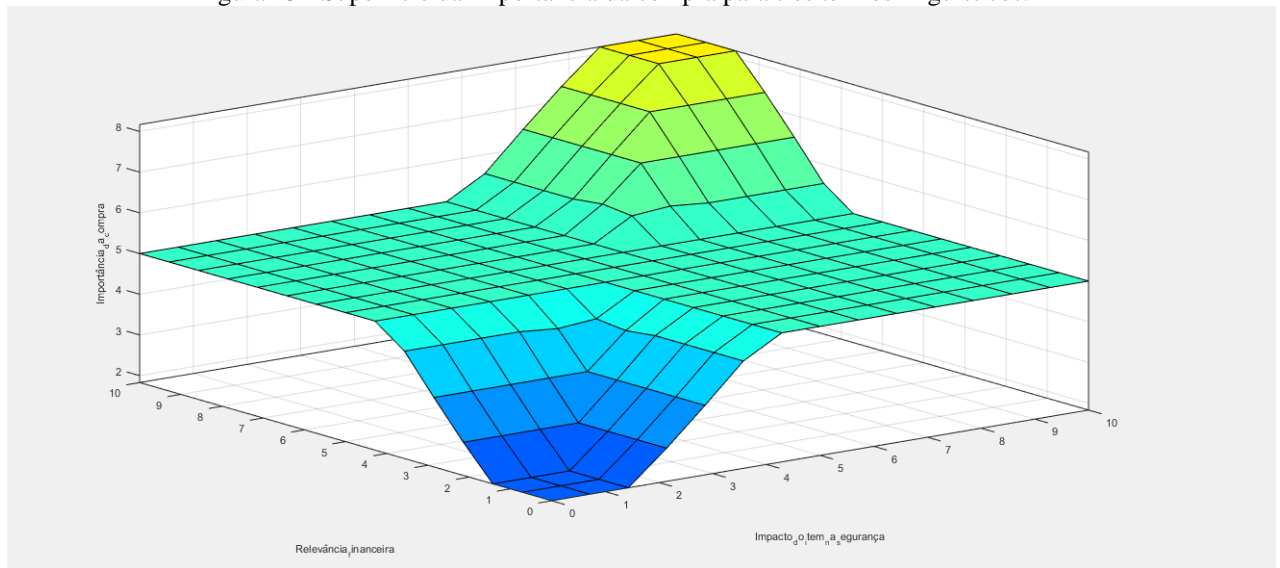
Fonte: Elaborado pelo autor.

Tendo em vista que as dimensões de classificação dos itens apresentam apenas dois termos linguísticos para as variáveis de saída (alto e baixo), deduziu-se que o comportamento observado nas figuras anteriores poderia estar associado à escolha entre dois extremos para o consequente de cada regra. Assim, em casos em que o termo “médio” poderia ser mais apropriado para o consequente, foi preciso escolher entre os termos “alto” e “baixo”.

Uma possível alternativa considerada para tratar a situação é a utilização de três termos linguísticos (alto, médio e baixo) para as variáveis de saída. Desta forma, foi realizado um teste no *software* MATLAB®, incluindo três funções de pertinência para as variáveis de saída “Importância da compra” e “Complexidade do mercado fornecedor”. As funções utilizadas

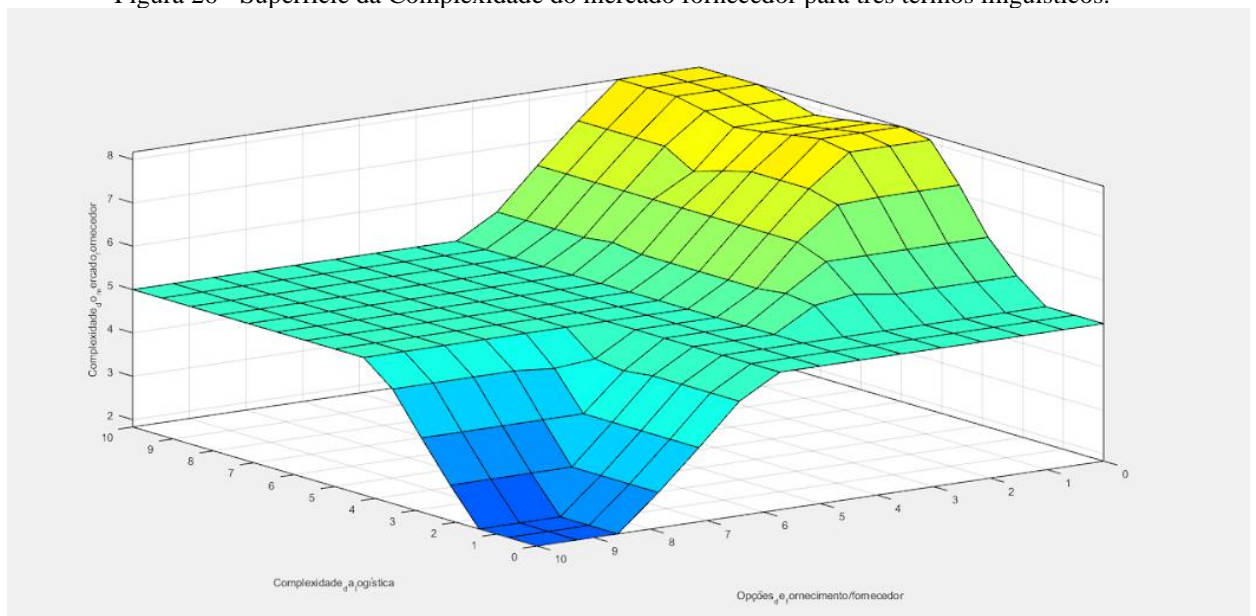
foram as mesmas das variáveis de entrada (Figura 13). Nas Figuras 25 e 26 estão representadas as superfícies geradas para as duas dimensões de classificação de itens, considerando as mesmas variáveis de entrada das superfícies das Figuras 23 e 24. É possível notar que as oscilações observadas nas Figuras 23 e 24 não estão presentes ou aparecem de forma mais suave nesses casos. Esses resultados revelam a possibilidade de se repensar a classificação dos itens nas dimensões de Importância da compra e Complexidade do mercado fornecedor, com uso de um portfólio de compras com mais classes, por exemplo.

Figura 25 - Superfície da Importância da compra para três termos linguísticos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 26 - Superfície da Complexidade do mercado fornecedor para três termos linguísticos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho propôs a aplicação de um modelo de segmentação baseado no Sistema de Inferência *Fuzzy* em um caso real de um fabricante de equipamentos eletrônicos. Durante o estudo, foram analisados critérios de seleção de fornecedores já usados pela empresa, além de critérios de classificação de itens e fornecedores propostos na literatura. Com isso, foi possível construir uma base de critérios de avaliação de itens e fornecedores adaptada para o contexto da empresa. No processo de definição dos critérios, também foram escolhidos os seus respectivos parâmetros para aplicação do modelo baseado no FIS.

A etapa de coleta de dados de entrada para o modelo aconteceu junto com os especialistas, por meio de entrevistas e/ou do envio de uma planilha para preenchimento das avaliações de cada critério. Nos dois casos, os especialistas foram acompanhados e orientados com relação ao funcionamento da avaliação, tendo, inclusive, acesso a uma figura com as funções de pertinência *fuzzy*, os termos linguísticos de avaliação e as escalas. A escolha das notas pelos colaboradores foi baseada na experiência de cada um em sua respectiva área de atuação. Com isso, foi possível observar que o uso de escalas associadas a termos linguísticos em conjunto com o *know-how* dos especialistas permitiu uma avaliação prática dos itens e fornecedores, em que cada um pôde decidir pela nota que julgou mais adequada.

Os resultados foram gerados para a classificação de itens e fornecedores e puderam ser apresentados em formatos de matrizes, através de um método de classificação *fuzzy*. Esse formato facilita a visualização e análise dos resultados, mostrando-se adequado para o contexto de empresas que estejam interessadas em monitorar o desempenho dos fornecedores e como cada item fornecido se enquadra em um portfólio de compras.

Quanto aos resultados obtidos, eles se mostraram satisfatórios pela análise de um dos especialistas, apesar de ser levantada a necessidade de alguns ajustes nos pesos utilizados para os critérios de forma a garantir melhor compatibilidade dos resultados com a realidade. Além disso, foi possível perceber uma oportunidade de adaptação do modelo através do uso de três termos linguísticos para as dimensões de classificação dos itens. Originalmente, o modelo utiliza os termos “Alto” e “Baixo”. O uso de três termos (“Alto”, “Médio” e “Baixo”) para a classificação de itens no software MATLAB® revelou melhorias nas superfícies de interação

entre critérios, eliminando as oscilações nos resultados das variáveis de saída, observadas com o uso de dois termos linguísticos.

Por fim, o Sistema de Inferência *Fuzzy* permitiu o uso do conhecimento dos especialistas na criação da base de regras, além de apresentar a possibilidade de incluir e retirar itens e fornecedores avaliados com relativa facilidade. A aplicação do modelo de segmentação de fornecedores revelou a adequação do uso de uma técnica baseada na teoria dos conjuntos *fuzzy* para processos de tomada de decisão, particularmente em decisões envolvendo fornecedores, além de mostrar a importância da etapa de segmentação para futuro gerenciamento deles.

O presente estudo apresentou também algumas limitações. Uma delas foi a não validação dos resultados com um especialista que estivesse fora do contexto da avaliação, uma vez que isso pode trazer novas percepções. Outra limitação foi a impossibilidade da realização de ajustes na aplicação, a partir da análise feita pelo especialista.

Para futuros estudos envolvendo o uso de sistemas de inferência *fuzzy* para segmentação de fornecedores, poderia ser levada em consideração a classificação do tipo de item fornecido através de uma matriz com duas dimensões e três termos linguísticos de avaliação, resultando em mais classes em comparação à matriz utilizada nesse trabalho. Além disso, futuras aplicações poderiam, no final do processo, envolver os fornecedores através de *feedbacks*, por exemplo, como sugerido no modelo proposto por Osiro, Lima-Júnior e Carpinetti (2014).

6. REFERÊNCIAS

- ALOINI, D.; DULMIN, R.; MININNO, V.; ZERBINO, P. Leveraging procurement-related knowledge through a fuzzy-based DSS: a refinement of purchasing portfolio models. **Journal of Knowledge Management**, v. 23, n. 6, p. 1077–1104, 2019.
- ARANTES, R. F. M. **Proposta de um modelo de classificação de riscos de fornecimento baseado na aplicação das técnicas fuzzy para a tomada de decisão em grupo**. 128 p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2020.
- BAI, C.; REZAEI, J.; SARKIS, J. Multicriteria Green Supplier Segmentation. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 64, n. 4, p. 515–528, 2017.
- GERAMIAN, A.; MEHREGAN, M. R.; MOKHTARZADEH, N. G. Fuzzy inference system application for failure analyzing in automobile industry. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 34, n. 9, p. 1493–1507, 2017.
- GOVINDAN, K.; KANNAN, D.; HAQ, A. N. Analyzing supplier development criteria for an automobile industry. **Industrial Management and Data Systems**, v. 110, n. 1, p. 43–62, 2010.
- ISHIBUCHI, H.; NOZAKI, K.; TANAKA, H. Distributed representation of fuzzy rules and its application to pattern classification. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 52, n. 1, p. 21–32, 1992.
- KRALJIC, P. Purchasing Must Become Supply Management. **Harvard Business Review**, n. September-October, p. 109–117, 1983.
- LEE, D. M.; DRAKE, P. R. A portfolio model for component purchasing strategy and the case study of two South Korean elevator manufacturers. **International Journal of Production Research**, v. 48, n. 22, p. 6651–6682, 2010.
- LIMA JUNIOR, F. R. L.; OSIRO, L.; CARPINETTI, L. C. R. A fuzzy inference and categorization approach for supplier selection using compensatory and non-compensatory decision rules. **Applied Soft Computing Journal**, v. 13, n. 10, p. 4133–4147, 2013.
- MAMDANI, E. H.; ASSILIAN, S. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. **International Journal of Man-Machine Studies**, v. 7, n. 1, p. 1–13, 1975.
- OSIRO, L. **Proposta de um modelo de portfólio para avaliação e desenvolvimento de fornecedores baseado na lógica fuzzy**. Tese (Doutorado). 212 p. Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.
- OSIRO, L.; LIMA-JUNIOR, F. R.; CARPINETTI, L. C. R. A fuzzy logic approach to supplier evaluation for development. **International Journal of Production Economics**, v. 153, p. 95–112, 2014.

PRAJOGO, D.; CHOWDHURY, M.; YEUNG, A. C. L.; CHENG, T. C. E. The relationship between supplier management and firms operational performance: A multi-dimensional perspective. **International Journal of Production Economics**, v. 136, n. 1, p. 123–130, 2012.

REZAEI, J.; FALLAH LAJIMI, H. Segmenting supplies and suppliers: bringing together the purchasing portfolio matrix and the supplier potential matrix. **International Journal of Logistics Research and Applications**, v. 22, n. 4, p. 419–436, 2019.

REZAEI, J.; ORTT, R. A multi-variable approach to supplier segmentation. **International Journal of Production Research**, v. 50, n. 16, p. 4593–4611, 2012.

REZAEI, J.; ORTT, R. Supplier segmentation using fuzzy logic. **Industrial Marketing Management**, v. 42, n. 4, p. 507–517, 2013.

REZAEI, J.; WANG, J.; TAVASSZY, L. Linking supplier development to supplier segmentation using Best Worst Method. **Expert Systems with Applications**, v. 42, n. 23, p. 9152–9164, 2015.

RODRIGUES, F.; JUNIOR, L. Modelos de Suporte à Decisão para Segmentação de fornecedores: uma Revisão Sistemática da Literatura Decision Support Models for Supplier Segmentation: a Systematic Literature Review. n. December, p. 0–12, 2020.

SAUGO, Ricardo Antonio. **Proposição de um modelo baseado em inferência neuro-fuzzy para segmentação de fornecedores sustentáveis**. 2022. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2022.

SHIRALKAR, K.; BONGALE, A.; KUMAR, S. Issues with decision making methods for supplier segmentation in supplier relationship management: A literature review. **Materials Today: Proceedings**, v. 50, p. 1786–1792, 2021.


ZIMMERMANN, H. J. Fuzzy set theory. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics**, v. 2, n. 3, p. 317–332, 2010.

APÊNDICE A – Formulário de Avaliação de Pesos dos Critérios

Avaliação dos pesos dos critérios para segmentação dos fornecedores

Olá!

Esse questionário tem como objetivo coletar informações com relação à importância de alguns critérios para a avaliação de fornecedores segundo a perspectiva de cada área da empresa.

 elviojsfilho@gmail.com (não compartilhado) [Alternar conta](#)



***Obrigatório**

Qual é a sua área? *

- ☐ Engenharia
- ☐ Supply
- ☐ PCP
- ☐ Qualidade

[Próxima](#)

[Limpar formulário](#)

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google. [Denunciar abuso](#) - [Termos de Serviço](#) - [Política de Privacidade](#)

Google Formulários

Avaliação dos pesos dos critérios para segmentação dos fornecedores



elviojsfilho@gmail.com (não compartilhado) [Alternar conta](#)



*Obrigatório

Importância da compra

Observação: todos os critérios abaixo dizem respeito ao item comprado.

Descrição dos critérios:

Impacto do item na segurança : Avaliação do impacto do item na segurança do produto durante seu uso pelo cliente.

Relevância financeira do item: Avaliação da participação do item no valor total do produto e do montante gasto por compra desse item.

Impacto do item na estética do produto: Avaliação do impacto do item no padrão de acabamento.

Quais dos seguintes critérios você considera importante sua área avaliar? *

Considere o know-how de sua área.


- ☐ Impacto do item na segurança
- ☐ Relevância financeira do item
- ☐ Impacto do item na estética do produto
- ☐ Nenhum acima

[Voltar](#)

[Próxima](#)

[Limpar formulário](#)

Avaliação dos pesos dos critérios para segmentação dos fornecedores

 elviojsfilho@gmail.com (não compartilhado) [Alternar conta](#)



*Obrigatório

Importância da compra

A seguir, são apresentados os critérios de importância da compra. Selecione o peso que cada um apresenta para sua área (em que 1 é o peso mais baixo e 3, o peso mais alto). Caso mais de um tenha o mesmo peso, coloque o mesmo número. Caso o critério não seja avaliado por sua área, assinale a opção correspondente.

Impacto do item na segurança *

Escolher



Relevância financeira do item *

Escolher



Impacto do item na estética do produto *

Escolher



[Voltar](#)

[Próxima](#)

[Limpar formulário](#)

Avaliação dos pesos dos critérios para segmentação dos fornecedores



elviojsfilho@gmail.com (não compartilhado) [Alternar conta](#)



*Obrigatório

Complexidade do mercado fornecedor

Observação: todos os critérios abaixo dizem respeito ao item comprado.

Descrição dos critérios:

Opções de fornecimento/fornecedor: Avaliação do número de opções de fornecedores ou itens alternativos.

Complexidade da logística: Avaliação da complexidade da logística de um item, considerando a existência de processos como beneficiamentos e importações, além da armazenagem.

Lead time de entrega: Avaliação do tempo padrão de entrega de determinado item.

Quais dos seguintes critérios você considera importante sua área avaliar? *

Considere o know-how de sua área.


- ☐ Opções de fornecimento/fornecedor
- ☐ Complexidade da logística
- ☐ Lead time de entrega
- ☐ Nenhum acima

[Voltar](#)

[Próxima](#)

[Limpar formulário](#)

Avaliação dos pesos dos critérios para segmentação dos fornecedores

 elviojsfilho@gmail.com (não compartilhado) [Alternar conta](#)



*Obrigatório

Complexidade do mercado fornecedor

A seguir, são apresentados os critérios de complexidade do mercado fornecedor. Selecione o peso que cada um apresenta para sua área (em que 1 é o peso mais baixo e 3, o peso mais alto). Caso mais de um tenha o mesmo peso, coloque o mesmo número. Caso o critério não seja avaliado por sua área, assinale a opção correspondente.

Opções de fornecimento/fornecedor *

Escolher



Complexidade da logística *

Escolher



Lead time de entrega *

Escolher



[Voltar](#)

[Próxima](#)

[Limpar formulário](#)

Avaliação dos pesos dos critérios para segmentação dos fornecedores



elviojsfilho@gmail.com (não compartilhado) [Alternar conta](#)



*Obrigatório

Potencial de parceria

Observação: todos os critérios abaixo estão relacionados com os fornecedores.

Descrição dos critérios:

Comprometimento com a melhoria e resolução de problemas: Avaliação do nível de comprometimento do fornecedor com a melhoria, estando aberto à resolução de problemas relacionados à qualidade.

Facilidade no relacionamento/comunicação: Avaliação do nível de abertura do fornecedor ao relacionamento e à comunicação.

Comprometimento em se relacionar a longo prazo: Avaliação do nível de comprometimento do fornecedor em manter uma relação duradoura.

Know-how do fornecedor: Avaliação do nível de conhecimento técnico do fornecedor em seus próprios serviços ou produtos.

Quais dos seguintes critérios você considera importante sua área avaliar? *

Considere o know-how de sua área.

- ☐ Comprometimento com a melhoria e resolução de problemas
- ☐ Facilidade no relacionamento/comunicação
- ☐ Comprometimento em se relacionar a longo prazo
- ☐ Know-how do fornecedor
- ☐ Nenhum acima

[Voltar](#)

[Próxima](#)

[Limpar formulário](#)

Avaliação dos pesos dos critérios para segmentação dos fornecedores



elviojsfilho@gmail.com (não compartilhado) [Alternar conta](#)



*Obrigatório

Potencial de parceria

A seguir, são apresentados os critérios de potencial de parceria. Selecione o peso que cada um apresenta para sua área (em que 1 é o peso mais baixo e 4, o peso mais alto). Caso mais de um tenha o mesmo peso, coloque o mesmo número. Caso o critério não seja avaliado por sua área, assinale a opção correspondente.

Comprometimento com a melhoria e resolução de problemas *

Escolher



Facilidade no relacionamento/comunicação *

Escolher



Comprometimento em se relacionar a longo prazo *

Escolher



Know-how do fornecedor *

Escolher



[Voltar](#)

[Próxima](#)

[Limpar formulário](#)

Avaliação dos pesos dos critérios para segmentação dos fornecedores



elviojsfilho@gmail.com (não compartilhado) [Alternar conta](#)



*Obrigatório

Desempenho da entrega

Observação: todos os critérios abaixo estão relacionados com o fornecedor.

Descrição dos critérios:

Prazo de entrega: Avaliação do desempenho do fornecedor em respeitar o prazo de entrega.

Conformidade com as especificações: Avaliação do desempenho do fornecedor com base na ocorrência de não conformidades.

Índice de não conformidades: Avaliação do desempenho do fornecedor com base na quantidade de itens não conformes em relação ao total de itens entregues em determinado período.

Precisão da entrega: Avaliação do desempenho do fornecedor em realizar entregas com correspondência entre quantidade da Nota Fiscal e quantidade recebida.

Quais dos seguintes critérios você considera importante sua área avaliar? *

Considere o know-how de sua área.


- ☐ Prazo de entrega
- ☐ Conformidade das especificações dos itens entregues
- ☐ Índice de não conformidades
- ☐ Precisão da entrega
- ☐ Nenhum acima

[Voltar](#)

[Próxima](#)

[Limpar formulário](#)

Avaliação dos pesos dos critérios para segmentação dos fornecedores

 elviojsfilho@gmail.com (não compartilhado) [Alternar conta](#)



*Obrigatório

Desempenho da entrega

A seguir, são apresentados os critérios de desempenho da entrega. Selecione o peso que cada um apresenta para sua área (em que 1 é o peso mais baixo e 4, o peso mais alto). Caso mais de um tenha o mesmo peso, coloque o mesmo número. Caso o critério não seja avaliado por sua área, assinale a opção correspondente.

Prazo de entrega *

Escolher



Conformidade das especificações dos itens entregues *

Escolher



Índice de não conformidades *

Escolher



Precisão da entrega *

Escolher



[Voltar](#)

[Próxima](#)

[Limpar formulário](#)

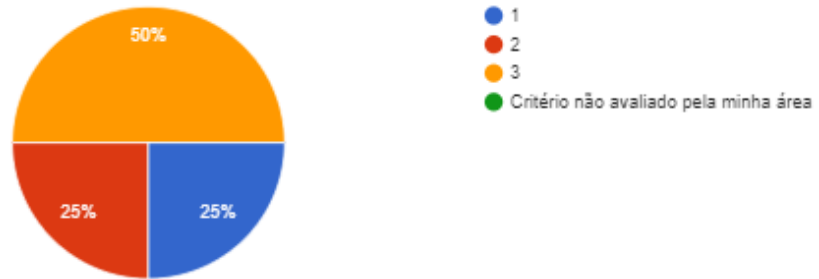
APÊNDICE B – Respostas do Formulário de Avaliação dos Pesos dos Critérios

Importância da compra

Impacto do item na segurança

 Copiar

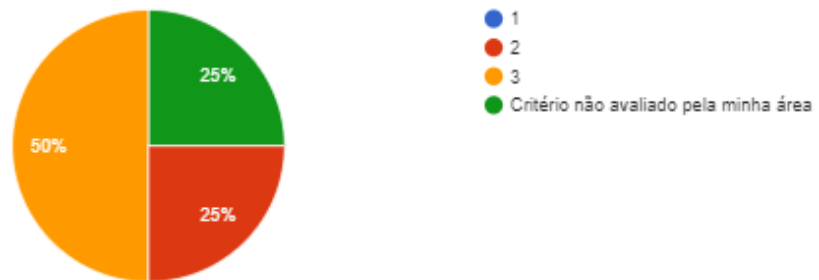
4 respostas



Relevância financeira do item

 Copiar

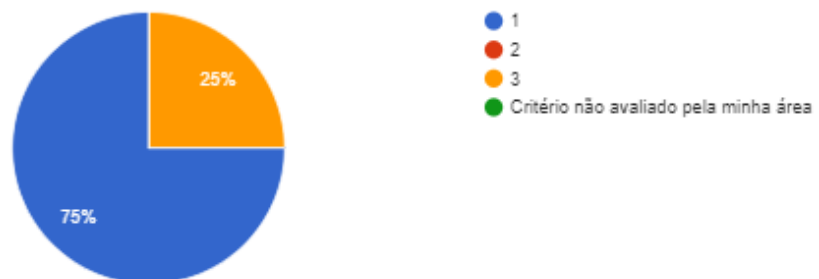
4 respostas



Impacto do item na estética do produto

 Copiar

4 respostas

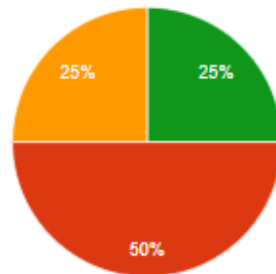


Complexidade do mercado fornecedor

Opções de fornecimento/fornecedor

4 respostas

 Copiar

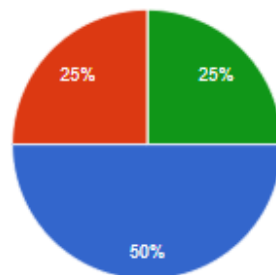


- 1
- 2
- 3
- Critério não avaliado pela minha área

Complexidade da logística

4 respostas

 Copiar

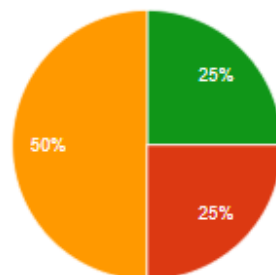


- 1
- 2
- 3
- Critério não avaliado pela minha área

Lead time de entrega

4 respostas

 Copiar



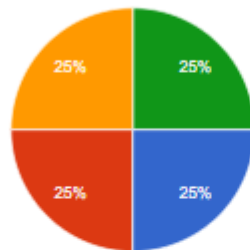
- 1
- 2
- 3
- Critério não avaliado pela minha área

Potencial de parceria

Comprometimento com a melhoria e resolução de problemas

 Copiar

4 respostas

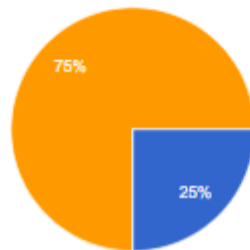


- 1
- 2
- 3
- 4
- Critério não avaliado pela minha área

Facilidade no relacionamento/comunicação


 Copiar

4 respostas

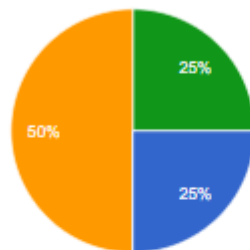


- 1
- 2
- 3
- 4
- Critério não avaliado pela minha área

Comprometimento em se relacionar a longo prazo

 Copiar

4 respostas

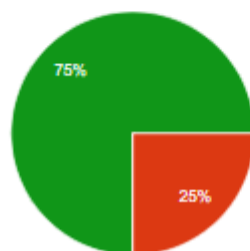


- 1
- 2
- 3
- 4
- Critério não avaliado pela minha área

Know-how do fornecedor

 Copiar

4 respostas



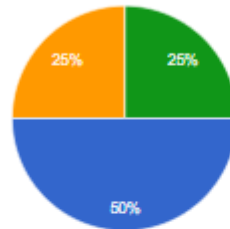
- 1
- 2
- 3
- 4
- Critério não avaliado pela minha área

Desempenho da entrega

Prazo de entrega


 Copiar

4 respostas

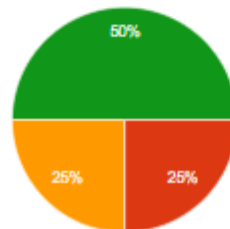


- 1
- 2
- 3
- 4
- Critério não avaliado pela minha área

Conformidade das especificações dos itens entregues

 Copiar

4 respostas

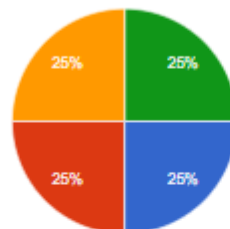


- 1
- 2
- 3
- 4
- Critério não avaliado pela minha área

Índice de não conformidades


 Copiar

4 respostas

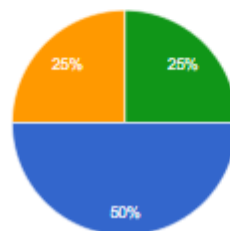


- 1
- 2
- 3
- 4
- Critério não avaliado pela minha área

Precisão da entrega

 Copiar

4 respostas



- 1
- 2
- 3
- 4
- Critério não avaliado pela minha área