

FLÁVIO YOSHIKAZU YUKITA

**MEDIÇÃO DA INOVAÇÃO EM PROJETOS AUTOMOTIVOS:
UMA ABORDAGEM *FUZZY* - TAGUCHI**

Guaratinguetá - SP

2017

FLÁVIO YOSHIKAZU YUKITA

**MEDIÇÃO DA INOVAÇÃO EM PROJETOS AUTOMOTIVOS:
UMA ABORDAGEM *FUZZY* - TAGUCHI**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientadora: Profa. Dra. Paloma M. S. Rocha Rizol
Coorientadora: Profa. Dra. Marcela A. G. M. Freitas

Guaratinguetá - SP

2017

Y94m Yukita, Flávio Yoshikazu
Medição da inovação em projetos automotivos : uma abordagem fuzzy
- Taguchi / Flávio Yoshikazu Yukita – Guaratinguetá, 2017.
105 f : il.
Bibliografia: f. 99-104

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2017.
Orientadora: Profª Drª Paloma Maria Silva Rocha Rizol
Coorientadora: Profª Drª Marcela A. Guerreiro Machado de Freitas

1. Taguchi, Método de (Controle de qualidade) 2. Seis sigma (Padrão de controle de qualidade) 3. Inovações tecnológicasI. Título

CDU : 658.56(043)

FLÁVIO YOSHIKAZU YUKITA

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
“MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO”

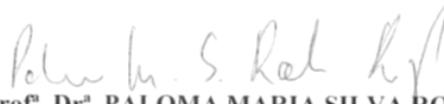
PROGRAMA: ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO: MESTRADO ACADÊMICO

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO



Prof. Dr. Otávio José de Oliveira
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr.^a PALOMA MARIA SILVA ROCHA RIZOL
Orientadora/UNESP-FEG



Prof. Dr. VALÉRIO ANTONIO PAMPLONA SALOMON
UNESP/FEG



Prof. Dr. FABRÍCIO MACIEL GOMES
EEL/USP

Dezembro de 2017

DADOS CURRICULARES

Flávio Yoshikazu Yukita

NASCIMENTO	23.07.1973 – Assaí / PR
FILIAÇÃO	Eduardo Koji Yukita Maria Satiko Yukita
1992/1996	Curso de Graduação em Engenharia Mecânica Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá - UNESP
2002/2003	MBA em Gestão Empresarial Fundação Getúlio Vargas - FGV

Dedico este trabalho a todos os meus familiares em especial à
Roselaine e Yumi

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por possibilitar esta realização tão importante na minha vida;

pela oportunidade de voltar a estudar nesta universidade, podendo rever professores, funcionários e amigos.

A orientadora Professora Paloma, pelo incentivo e pelos esforços para a conquista de mais este título da minha vida acadêmica. Certamente, foi da coorientadora Professora Marcela várias direções e resolução de importantes questões ao longo deste trabalho.

A todos os demais queridos professores da engenharia de produção, de outros departamentos e de outras instituições os quais sempre foram receptivos e muito me ajudaram nas dificuldades e desafios encontrados.

A todas as pessoas e novos amigos que de alguma forma contribuíram com esta conquista.

“Se você tem uma laranja e troca com outra pessoa que também tem uma laranja, cada uma fica com uma laranja. Mas se você tem uma ideia e troca com outra pessoa que também tem uma ideia, cada uma fica com duas.”

Confúcio

RESUMO

Na busca pela competitividade, muitas empresas acabam adotando estratégias muito semelhantes baseadas nas práticas mais usuais e difundidas em seus respectivos negócios. Além dos recursos financeiros em si, as empresas também investem tempo e esforços para atingir desempenhos semelhantes às mais competitivas, as quais julgam ser o “*benchmarking*”, ou seja, a referência em seus negócios. Entretanto, buscar somente se espelhar nas melhores práticas das empresas de referência não possibilita tornar-se líder no negócio, pois para tanto seriam necessários outros ingredientes, outras estratégias que façam a diferença. Quando direcionado o foco para o produto em si, no caso deste estudo em específico da indústria automobilística que é um segmento bastante competitivo no mundo, faz-se necessário estratégias muito mais sofisticadas ou muitas vezes ainda inexistentes. Mencionado por diversos líderes e executivos de grandes empresas multinacionais como uma metodologia eficaz, o *Design for Six Sigma*, ou simplesmente DFSS, possibilita aprofundamentos e desdobramentos muito importantes para o entendimento dos mercados, de seus clientes, das suas necessidades e anseios. Pela flexibilidade do uso da metodologia do DFSS, torna-se possível desenvolver propostas e soluções para um dos diferenciais mais importantes neste mercado competitivo, a inovação. Em função da subjetividade presente sob alguns aspectos do conceito deste diferencial, propôs-se adotar a lógica *fuzzy* para se trabalhar com as variáveis mais importantes de natureza linguística e, combinado à relação sinal ruído de Taguchi, mensurar de forma quantitativa o grau de inovação inerentes aos produtos. Com este modelamento, validado por meio da análise de diversos sistemas veiculares que evoluíram ao longo da história automobilística, torna-se possível comparar produtos correntes com novas ideias e propostas do ponto de vista da inovação, fornecendo assim subsídios úteis para o processo de tomada de decisão.

PALAVRAS-CHAVE: Desenvolvimento de Produtos. *Design for Six Sigma*. Taguchi. Lógica *Fuzzy*. Inovação.

ABSTRACT

To pursue the competitiveness, many companies end up adopting similar strategies based on the most common and disseminated practices in their respective business. Beyond the financial resources, the companies also invest time and efforts in order to achieve similar performances of the most competitive ones which they deem to be "benchmarking", i.e. the reference in your business. However, simply adopting the best practices of those reference companies will not allow become a leader in their businesses, since it would require other ingredients, other strategies that make the difference. When it focuses on the product itself, specifically in the case of this study about the automotive industry, which is a very competitive segment in the world, it is necessary much more sophisticated strategies or even non-existent yet. Mentioned by several leaders and executives of multinational companies as an efficient methodology, the Design for Six Sigma, or simply DFSS, enables to understand their markets, their customers, respective necessities and yearnings, in a deep way and their deployments as well. By the flexibility of using DFSS methodology, it becomes possible to develop proposals and solutions to one of the most important differentials in this competitive market, the innovation. Due to the subjectivity around some aspects of the concept of that differential, it is proposed to adopt the fuzzy logic, to work on the most important linguistic variables and, combined with the Taguchi's signal to noise relation, quantitatively measure the degree of innovation inherent in the products. By this modeling, validated through the analysis of several vehicular systems that have evolved throughout the automobile history, it becomes possible to compare current products with new ideas and proposals from the point of view of innovation, thus providing useful inputs to the decision-making process.

KEYWORDS: Product Development. Design for Six Sigma. Taguchi. Fuzzy Logic. Innovation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Quantidade de publicações e citações para a consulta “Taguchi” e “fuzzy”	19
Figura 2 – Empresas engajadas na colaboração internacional, por tamanho, selecionadas dentro das economias do G20 (2010-12)	22
Figura 3 – Performance comparativa da ciência natural e sistemas de inovação (a. Competências e capacidade de inovar)	23
Figura 4 – Performance comparativa da ciência natural e sistemas de inovação (b. Interações e habilidades para inovação)	23
Figura 5 – Ciclo do DFSS (IDDOV)	27
Figura 6 – Um sistema de inferência <i>fuzzy</i> que trata dados imprecisos e afirmações vagas e fornece subsídios à tomada de decisões	35
Figura 7 – Representação de um Sistema de Inferência <i>Fuzzy</i>	36
Figura 8 – Exemplo do Sistema de Inferência <i>Fuzzy</i> Mamdani	37
Figura 9 – Método de defuzificação pelo centro de área	38
Figura 10 – Processo esquemático de modelagem	42
Figura 11 – Fluxograma do método de pesquisa	43
Figura 12 – Ilustração parcial do questionário aberto acerca da inovação	44
Figura 13 – Ilustração parcial do questionário confirmatório	45
Figura 14 – Ilustração parcial do questionário fechado aplicado aos especialistas	46
Figura 15 – Esquema sequencial da aplicação da análise de Taguchi e sistemas <i>fuzzy</i>	49
Figura 16 – Disposição ilustrativa da tabela de comparação por meio do Índice Referencial Múltiplo de Inovação (IRMI)	50
Figura 17 – Pontuações recebidas dos profissionais da área de desenvolvimento	56
Figura 18 – Estrutura do modelo <i>fuzzy</i> (A)	58
Figura 19 – Superfície (A)	60
Figura 20 – Estrutura do modelo <i>fuzzy</i> (B)	61

Figura 21 – Superfícies (B)	63
Figura 22 – Estrutura do modelo <i>fuzzy</i> (C)	64
Figura 23 – Superfície (C)	65
Figura 24 – Etapas para o cálculo do IRMI	72
Figura 25 – Ilustração (<i>Rule viewer</i>) das regras acionadas e saída para a Coluna de Direção em Plástico	75
Figura 26 – Etapas com o exemplo da Coluna de Direção	76
Figura A1 – QFD	87
Figura A2 – Modelo de Kano	89
Figura C1 – Imagens sequenciais da tela com o questionário com formato do <i>Google forms</i> ...	94
Figura C2 – Perfil da amostra pesquisada (questionário confirmatório)	97
Figura C3 – Imagens sequenciais do questionário elaborado com uso do programa <i>Excel</i>	98

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Desenvolvimento dos Modelos de Inovação	25
Quadro 2 – Classificação da pesquisa	41
Quadro 3 – Variáveis importantes na avaliação da inovação de produto	53
Quadro 4 – Sistemas veiculares e suas respectivas versões	57
Quadro 5 – Base de regras (A)	59
Quadro 6 – Base de regras (B)	62
Quadro 7 – Base de regras (C)	65
Quadro A1 - Tipos de problemas	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplos de coleta e cálculos elaborados a partir da avaliação pelos especialistas	47
Tabela 2 – Avaliação do sistema Coluna de Direção	74
Tabela 3 – Cálculo do IRMI para sistemas automotivos	77

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	15
1.2	OBJETIVO GERAL	17
1.3	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	18
1.4	JUSTIFICATIVA E CONTRIBUIÇÕES	18
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1	INOVAÇÃO	21
2.1.1	Inovação e Incerteza	25
2.2	<i>DESIGN FOR SIX SIGMA</i>	26
2.2.1	Fase de Identificação e Definição de Requisitos (Fase ID)	28
2.2.2	Fase de Desenvolvimento de Conceitos (Fase IDD)	31
2.2.3	Fase de Otimização do Conceito (Fase IDDO)	32
2.2.4	Fase de Verificação (Fase IDDOV)	32
2.3	RELAÇÃO SINAL RUÍDO DE TAGUCHI	33
2.4	LÓGICA <i>FUZZY</i>	34
2.5	RELAÇÃO SINAL RUÍDO E LÓGICA <i>FUZZY</i>	38
2.6	SISTEMA BASEADO EM CONHECIMENTO	39
3	MÉTODO DE PESQUISA	40
3.1	QUESTIONÁRIO ABERTO E CONFIRMATÓRIO	42
3.2	QUESTIONÁRIO FECHADO	45
3.3	APLICAÇÃO DOS MODELOS <i>FUZZY</i> E A RELAÇÃO SINAL RUÍDO	48
3.4	PROCESSO DE VALIDAÇÃO	50
4	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	52
4.1	PESQUISA DAS VARIÁVEIS DE AVALIAÇÃO DA INOVAÇÃO	52
4.2	QUESTIONÁRIO PRELIMINAR DE AVALIAÇÃO DA INOVAÇÃO	56
4.3	SISTEMAS <i>FUZZY</i>	57
4.3.1	Nível de Diferenciação Técnica	58
4.3.2	Medida de Negócio	60

4.3.3	Alinhamento com as VOCs	64
4.4	QUESTIONÁRIO FINAL DE AVALIAÇÃO DA INOVAÇÃO	66
4.5	DINÂMICA DA APLICAÇÃO DA MODELAGEM <i>FUZZY</i> E CÁLCULO DO IRMI	71
4.6	VALIDAÇÃO	72
4.6.1	Exemplo de Um Sistema Automotivo	73
4.7	RESULTADO COMPARATIVO DO IRMI	76
5	COMENTÁRIOS FINAIS	79
5.1	CONCLUSÕES DA PESQUISA	79
	REFERÊNCIAS	81
	APÊNDICE A – QFD, Modelo de KANO, TRIZ	87
	APÊNDICE B – Protocolo de Pesquisa da Literatura	91
	APÊNDICE C – Questionários	93
	APÊNDICE D – Rotina “ddeinit”	102
	APÊNDICE E – Publicações	103

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

No contexto de uma economia cada vez mais globalizada, práticas organizacionais bem-sucedidas de uma determinada empresa, rapidamente tornam-se conhecidas pelas concorrentes, tornando o que seria um diferencial competitivo em domínio comum (MERINO; MERINO; WAGNER, 2017). O mesmo ocorreu por exemplo, com as técnicas de manufatura enxuta que consagraram diversos “gurus” da qualidade, mas que passaram a ser praticadas por várias empresas de diversos ramos. Neste cenário, o fato de um determinado ramo fabril ou um processo de produção possuir técnicas de manufatura enxuta, não mais representa uma vantagem ou um diferencial competitivo. Em função dessa crescente competitividade nos diversos ramos da indústria e mesmo no de serviços (SIMSIT; VAYVAY; OZTURK, 2014), faz com que as empresas busquem formas novas e diferenciadas de produto, de prestação de serviços ou da forma de vender os mesmos. Um dos fatores que exerce uma grande influência na obtenção do diferencial competitivo é a inovação (IONESCU; DUMITRU, 2015).

Desde o reconhecimento da importância do conceito da inovação por Schumpeter¹ (1934 apud RADU, 2015, p. 53), o mesmo tem tido abordagens diferentes ao longo do tempo (RADU, 2015). Entretanto, a essência de se ousar em adotar uma ideia nova, uma invenção em algo comercialmente viável, tem sido uma constante.

Na literatura, o conceito pode ser visto sob diferentes esferas. No âmbito organizacional, além do par invenção mais exploração, estende-se também ao desenvolvimento e implementação da invenção (RADU, 2015). Em termos de estrutura com base em dados, define-se inovação como implementação de um novo produto significativamente melhorado (produtos ou serviços) ou de um processo, ou de uma nova forma de *Marketing* ou até de outras formas organizacionais. Em termos macroeconômicos, inovação representa a produção, assimilação e exploração de soluções bem-sucedidas para problemas econômicos e sociais, extrapolando de necessidades individuais no contexto da sociedade às transformações de abrangência global (JOOLY, 2012).

¹ Schumpeter, J., *The Theory of Economic Development*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1934 apud RADU, L.D. Investments in Technological Innovations: A Literature Review of Organization Determinants, **European Scientific Journal**, SPECIAL edition vol.1, 2015.

Apesar das similaridades e dos diversos aspectos que o conceito pode tomar, esta pesquisa abordará os desdobramentos da inovação seguindo a definição de Dundon (2002), a qual trata a mesma como sendo a implementação rentável, lucrativa de uma estratégia de criatividade, podendo ser dividida em quatro componentes: criatividade, estratégia, implementação e lucratividade (SIMSIT; VAYVAY; OZTURK, 2014).

Além dos diversos conceitos, existem também várias classificações quanto aos tipos de inovação (ROWLEY; BAREGHEH; SAMBROOK, 2011) e uma delas proposta por Francis e Bessant (2005) é chamada de “Quatro Ps”, que é caracterizada da seguinte forma:

P1 – inovação para introduzir ou melhorar **Produtos**;

P2 – inovação para introduzir ou melhorar **Processos**;

P3 – inovação para definir ou redefinir o **Posicionamento** de uma organização ou produtos;

P4 – inovação para definir ou redefinir o **Paradigma** de uma organização.

Existem autores que defendem a estratégia de criação e lançamentos de produtos (P1), e seu respectivo processo de desenvolvimento, como sendo uma das mais importantes formas de inovação, essencial para o sucesso de uma empresa e sua permanência em seu mercado (ECHEVESTE; ROZENFELD; SONEGO, 2016; KOREN; PALCIC, 2015).

Desta forma, avaliar adequadamente pelo prosseguimento de uma ideia é uma análise de grande importância e que envolve diversos aspectos do processo de tomada de decisão, o qual na literatura internacional é em geral conhecida como *Decision Making Process*. Historicamente, as empresas podem tomar dois tipos de decisões que comumente desdobram em erros estratégicos (OZER, 2005):

- i. Pode-se decidir por perseguir uma ideia de produto potencialmente fracassada;
- ou
- ii. Pode-se decidir por não desenvolver um novo produto potencialmente de sucesso.

O processo de tomada de decisão é complexo e envolve vários fatores relacionados à incerteza, aos riscos, às preferências, até mesmo aos culturais, entre outros que, em geral, apresentam diversos aspectos subjetivos, tornando-o uma

atividade difícil aos gestores e a outros a quem se incumbem desta prerrogativa (BEHRENS, 2016). Assim, ferramentas, processos e outros que possam auxiliar nesse processo são importantes para que se tenha maior confiabilidade na tomada de decisão.

1.2 OBJETIVO GERAL

Estabelecer uma referência quantitativa, de escala mensurável, do grau de inovação para sistemas e componentes desenvolvidos para indústria do setor automobilístico.

Questões da Pesquisa

. De que forma seria possível comparar ideias e propostas de projetos de sistemas automotivos de modo a indicar quais seriam os “mais inovadores”?

. Quais são os aspectos intrínsecos da avaliação subjetiva para escolha de produtos com maior inovação?

. Como deixar um aprendizado, que muitas vezes é de suposto domínio exclusivo de especialistas ou gestores, para utilização por outros profissionais relacionados com a área de criação e implementação ou mesmo para outros pesquisadores do assunto?

. Como tratar adequadamente os aspectos envolvidos na avaliação da inovação de forma a obter-se um estudo com validade científica? Quais abordagens adotar?

Objetivos Específicos

. Indicar uma referência comparativa entre os sistemas automotivos atualmente existentes no mercado com novas propostas, que forneça subsídios para tal finalidade;

. Definir os aspectos mais relevantes na determinação da criação, implementação e viabilidade de produtos com o intuito de atingir objetivos de negócios específicos os quais podem ser até mesmo divergentes;

. Dirimir as eventuais diferenças entre classificações e valores de referência do grau de inovação entre especialistas desta área específica, dando a elas a devida tratativa;

. Em função da subjetividade do tema, identificar abordagens, ferramentas adequadas de forma a trazer uma modelagem apropriada para os objetivos da pesquisa em questão.

1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Pela própria natureza do tema, avaliação da inovação, que pode de forma direta ou indireta estar relacionados às mais diversas áreas de negócios e de estudos, delimitou-se esta pesquisa à análise de sistemas e componentes automotivos, para a indústrias do setor automobilístico brasileiro. Apesar da aplicabilidade neste setor ser ampla, para alguns aspectos pertinentes a este trabalho, levou-se em consideração a existência de um departamento ou setor envolvidos com a criação, pesquisa ou desenvolvimento de novos produtos.

Este não tem como intenção abordar aspectos mais ligados ao processo de criação em si, bem como das tendências artísticas, modismos e outros com aspectos mais mercadológicos e correlacionados à área de *marketing*. Pela definição adotada neste por Dundon (2002), não se abordou as variáveis cognitivas mais relacionadas a estética, de posicionamento social ou de raça e credo.

1.4 JUSTIFICATIVA E CONTRIBUIÇÕES

Referências de comparação entre propostas diferentes de inovações, como dito no meio dos negócios, são comumente carregados de parcialismos e nem sempre são decididos com alguma coerência mais abrangente, em vários dos aspectos do processo de implementação de um novo produto no mercado (HOMENDA; JASTRZEBSKA; PEDRYCZ, 2016). De tal forma, esta pesquisa objetiva auxiliar na indicação comparativa dos produtos mais inovadores.

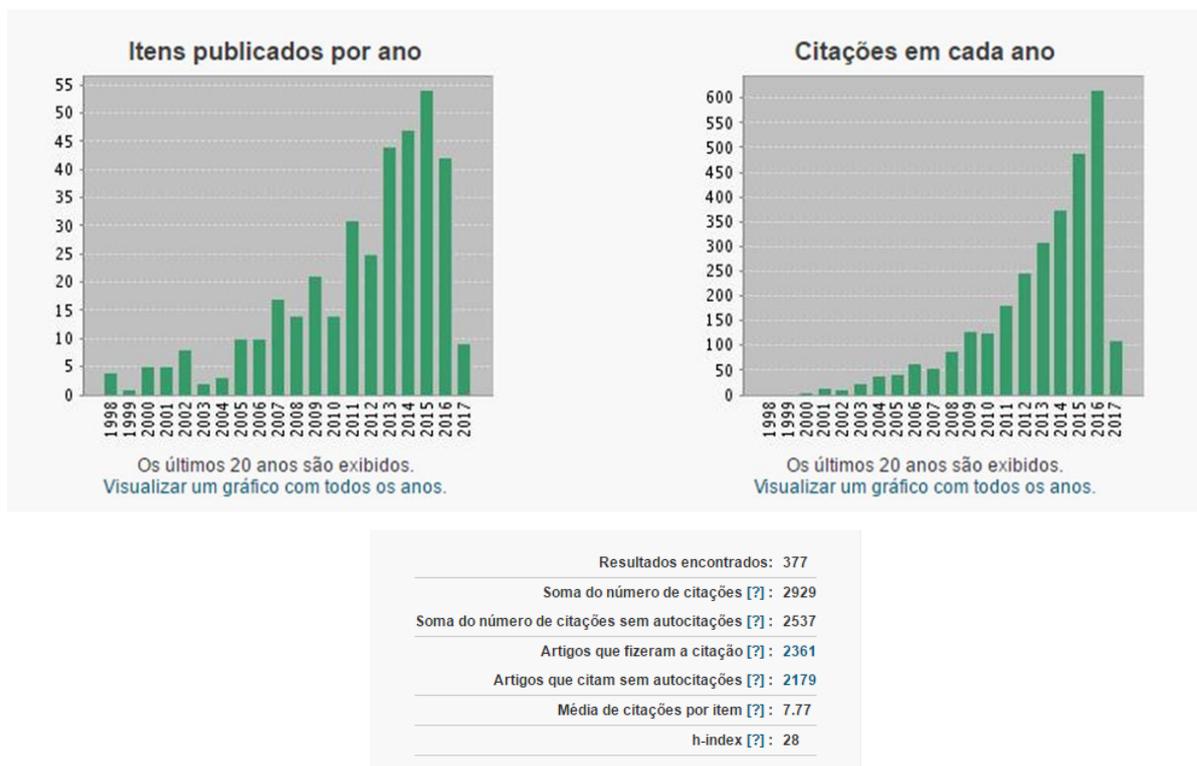
Mesmo no setor privado, onde por muitas vezes adota-se métodos e processos empíricos sem alguma fundamentação científica, não existem práticas comparativas que consigam avaliar e propor, com referências ao grau de inovação, as melhores soluções nas tomadas de decisão (OMAN et al., 2013).

Como uma abordagem muito eficiente no que tange ao processo criativo de desenvolvimento de novos produtos, propõe-se a adoção da metodologia de *Design for Six Sigma* (DFSS) (MINGSHUN et al., 2014). Apesar da sua definição, o ciclo e como ele é composto estar melhor detalhado no referencial teórico deste estudo, pode-se dizer basicamente que as primeiras fases do desenvolvimento de um produto almejando a inovação por este método possuem linhas gerais ainda fracamente detalhadas na literatura. Mesmo tendo sido já exploradas em algumas pesquisas como em Mingshun et al. (2014), estas indicam de forma superficial a abordagem por meio do DFSS, principalmente nas fases de I a IDD sob um aspecto até conceitual, sobre a questão do produto “novo”.

Outros estudos como o de Li et al. (2014), abordam com mais detalhes apenas alguma porção específica do ciclo de DFSS, como a questão da voz do cliente e seu respectivo desdobramento em requisitos. Neste estudo de Li et al. (2014), mais aprofundado apenas em termos de uma aplicabilidade específica, sugere-se o uso de ferramentas específicas como o QFD (*Quality Function Deployment* – Desdobramento da Função Qualidade) e do TRIZ (*Theoria Resheneyva Isobretatelskehuh Zadach* - Teoria Inventiva de Solução de Problemas) como catalisadores e direcionadores de produtos inovadores que atendam aos anseios dos clientes finais.

Não obstante a quantidade de publicações sobre DFSS em periódicos não estarem aumentando significativamente, acumulam cerca de 685 artigos na base *Scopus* (2017), dentro dos últimos vinte anos. Em contrapartida, a abordagem de uma fase específica do DFSS, a “otimização”, onde se utilizam comumente as técnicas de Taguchi, vem crescendo rapidamente e nos últimos anos, combinado à lógica *fuzzy*, também trouxe uma rápida quantidade de citações, conforme gráfico da base *Web of Science* (figura 1). A contemporaneidade também pode ser percebida pela quantidade de pesquisas mais recentes, como por exemplo, mais da metade destas foram publicadas de 2013 a 2017 e de 2009 para cá tivemos mais de 75% de todas as publicações existentes.

Figura 1 – Quantidade de publicações e citações para a consulta “Taguchi” e “fuzzy”



Sendo assim, a combinação dos dois termos da consulta, Taguchi e *fuzzy*, apresenta uma tendência crescente de pesquisa ao redor do mundo, apontando para um espaço de novos estudos promissor e de grande aplicabilidade. Atualmente, já existem aplicações muito diversificadas relacionadas, de projetos de equipamentos elétricos (HWANG; CHANG; LIU, 2013), de processos produtivos (HSIANG; LIN; LAI, 2012), até análises logísticas (AMER; LUONG; LEE, 2010), entre diversas outras.

Neste estudo, serão apresentadas as principais abordagens do DFSS com aplicabilidade prática, especificamente em componentes automotivos, para a geração estratégica da inovação. Como uma variação ao uso tradicional das técnicas de Taguchi, será adotado um uso diferente combinando com a porção subjetiva da definição de inovação por meio da lógica *fuzzy*. Desta forma, o ciclo do DFSS não apenas promoverá a criação, mas também fornecerá subsídios na indicação de quais projetos de produtos indicariam uma melhor sinalização da inovação em si. Com este resultado, esta pesquisa visa contribuir para o melhor entendimento prático e acadêmico da discussão do processo de tomada de decisão envolvendo a inovação.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Para melhor detalhar os assuntos e partes principais nesta dissertação, toda a pesquisa foi assim dividida dentro de uma estrutura formada por 5 capítulos. No primeiro capítulo, foi descrito uma introdução, contextualizando o assunto, os principais desafios e objetivos a serem perseguidos. Na busca adequada pelos objetivos, foi delimitado o alcance desta pesquisa, bem como quais aspectos do assunto não seriam neste abordados. Por fim, descreve-se a relevância do assunto e as principais contribuições esperadas.

No capítulo 2 descreve-se a fundamentação teórica, abordando o conceito de inovação e seus aspectos correlatos, a base para operacionalizar o desenvolvimento de produto criativo, o DFSS, com foco em uma de suas fases onde adota-se tradicionalmente os métodos de Taguchi e a abordagem da lógica nebulosa, dos conjuntos *fuzzy*.

No terceiro capítulo, agrupou-se o método de pesquisa, desde as atividades iniciais de pesquisa até como foi feita a análise dos resultados. No capítulo 4, além de apresentar os resultados, também foram incluídos os comentários e as conclusões parciais.

Por fim, no capítulo 5, comentou-se as conclusões acerca de todo este estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 INOVAÇÃO

Conforme descreve o Manual de Oslo da OECD¹ - *Organisation for Economic Co-operation and Development* (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) de 2005, o conceito de inovação possui uma complexidade em função do próprio processo em si e das suas variações. Para a OECD, a definição mais ampla traduzida para o português seria:

“...implementação de um novo ou significativamente melhorado produto (produto ou serviço), ou processo, um novo método de marketing, ou um novo método organizacional de práticas no negócio, de organização do local de trabalho ou das relações externas...”

Segundo uma outra publicação da própria OECD, *G20² Innovation Report* (Relatório da Inovação) de 2016, existem várias ações importantes para o desenvolvimento da ciência, tecnologia e inovação pelos países membros em andamento, porém não necessariamente de forma uniforme por cada um. Neste último relatório, fala-se de diversos aspectos e desafios importantes como os relacionados ao clima e meio ambiente, da importância da tecnologia como a *Internet of Things* [IoT] (Internet das Coisas), dos incentivos em formação, de incentivos fiscais, entre outros. Em âmbito geral, envolvendo diversos países, o que chamou atenção foi a posição e a diferença apontada do caso do Brasil, nas atividades de intercâmbio de inovação com suas unidades internacionais entre pequenas e médias, para as grandes empresas (figura 2).

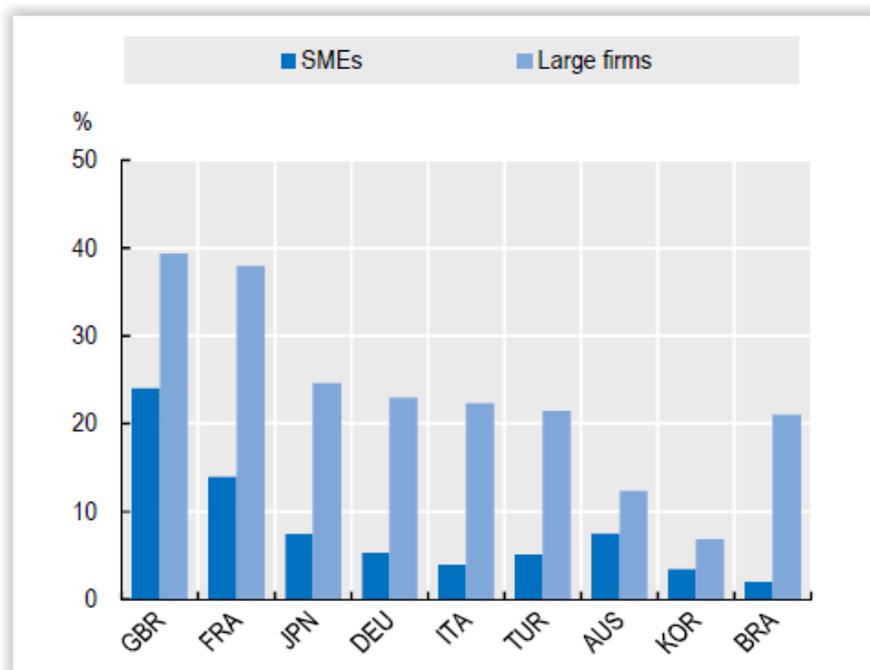
O relatório da OECD de 2016 ainda traça um perfil de todos os países membros, inclusive o do Brasil. Apesar de alguns programas sociais e outros importantes para alavancagem tecnológica e de inovação, o Brasil ainda apresenta diversos aspectos desfavoráveis como a baixa quantidade de registros de marcas e patentes, de população adulta

¹ A OECD promove um fórum para os governantes trabalharem juntos no compartilhamento de experiências e buscarem soluções de problemas comuns.

² O G20 (Grupo dos 20) é um grupo constituído por ministros da economia e presidentes de bancos centrais dos 19 países de economias mais desenvolvidas do mundo, mais a União Europeia. O Brasil faz parte desse grupo que foi criado em 1999, na esteira de várias crises econômicas da década de 1990. O G20 é uma espécie de fórum de cooperação e consulta sobre assuntos financeiros internacionais.

no terceiro grau, da quantidade de empresas que mais investem em pesquisa e desenvolvimento, entre outros que podem ser observados nos gráficos de performance comparativas (figuras 3 e 4).

Figura 2 – Empresas engajadas na colaboração internacional, por tamanho, selecionadas dentro das economias do G20 (2010-12)



Fonte: OECD, 2016

Onde:

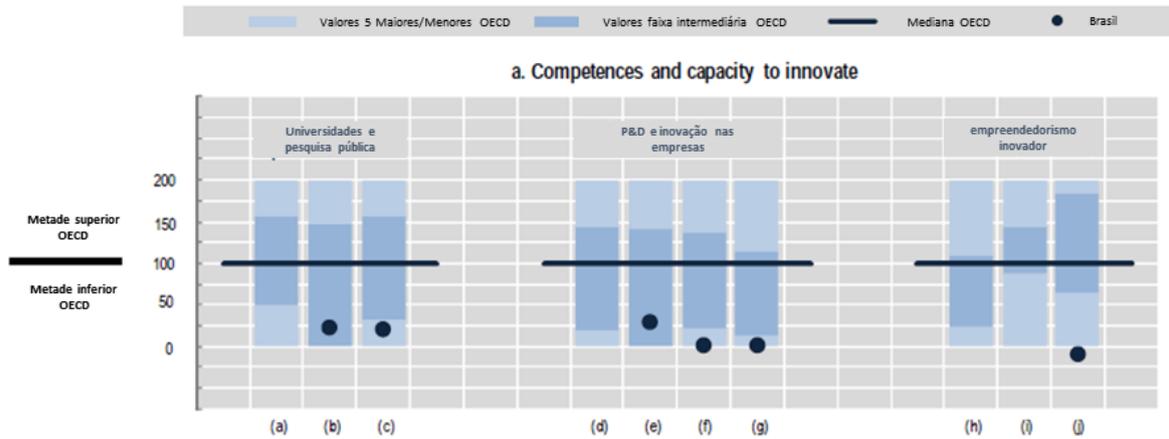
SMEs são as empresas de pequeno e médio porte e *Large firms* empresas de grande porte.

Siglas: GBR – Grã-Bretanha, FRA – França, JPN – Japão, DEU – Alemanha, ITA – Itália, TUR – Turquia, AUS – Austrália, KOR – Coreia do Sul.

Mesmo com a queda na produção e vendas do setor automotivo brasileiro nos últimos anos, o segmento ainda apresenta números expressivos, como faturamento de US\$ 59,1 bilhões, emprego de 1,3 milhões de pessoas, obtenção de 4,0% de participação no PIB³, entre outros (ANFAVEA, 2017), apresentando desta forma, forte importância para o desenvolvimento socioeconômico do país.

³ PIB – Produto Interno Bruto: somatória de todos os serviços e bens produzidos em um determinado período.

Figura 3 – Performance comparativa da ciência natural e sistemas de inovação (a. Competências e capacidade de inovar)

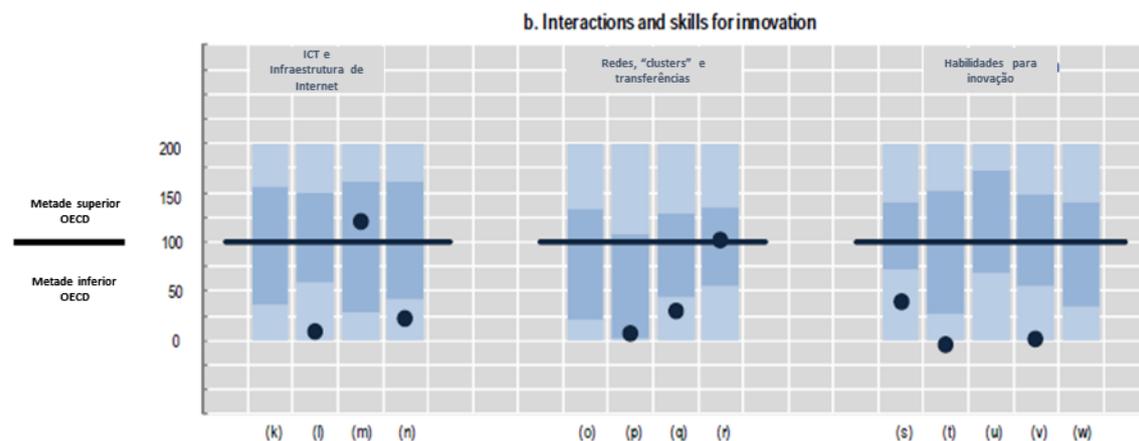


Fonte: OECD, 2016

Onde:

- (a) Despesa com pesquisa e desenvolvimento público (pelo PIB)
- (b) 500 maiores universidades (pelo PIB)
- (c) Publicações nas maiores revistas científicas (pelo PIB)
- (d) Despesas com pesquisa e desenvolvimento em negócios (pelo PIB)
- (e) 500 investidores corporativos em pesquisa e desenvolvimento (pelo PIB)
- (f) Famílias de patentes triádicas (pelo PIB)
- (g) Registro de marcas (pelo PIB)
- (h) *Venture Capital* (pelo PIB)
- (i) Jovens empresas de patentes (pelo PIB)
- (j) Índice de facilidade de empreendedorismo

Figura 4 – Performance comparativa da ciência natural e sistemas de inovação (b. Interações e habilidades para inovação)



Fonte: OECD, 2016

Onde:

- (k) Investimento em Tecnologia da Informação e Comunicação (pelo PIB)
- (l) Assinatura de banda larga fixa (pela população)
- (m) Assinaturas de banda larga sem fio (pela população)
- (n) Índice de desenvolvimento e-governo
- (o) Financiamento privado em pesquisa e desenvolvimento público (pelo PIB)
- (p) Patentes por universidades e laboratórios públicos (pelo PIB)
- (q) Co-autoria internacional (%)
- (r) Co-invenção internacional (%)
- (s) Despesas com educação superior (pelo PIB)
- (t) População adulta no ensino superior (%)
- (u) Melhores performances na solução de problemas em tecnologia (%)
- (v) Melhores performances em ciências nos últimos 15 anos (%)
- (w) Taxa de doutoramento em ciências e engenharia (%)

Dentro do próprio setor automotivo, tanto no contexto global como local, no Brasil, a crescente concorrência entre as empresas novas e tradicionais acabam trazendo uma série de novidades em produtos e serviços agregados. No caso específico do Brasil, a própria crise do setor em função do cenário econômico, torna a competitividade mais acirrada e traz a necessidade de criação de novas tecnologias ou mesmo mudanças em suas estratégias de produtos atuais. Desta forma, modelos para tratar a inovação vem sendo criados para implantação nos estágios de pesquisa e desenvolvimento de novos veículos, bem como na formação e decisão do portfólio de cada fabricante (BEHRENS, 2016).

De forma genérica, não restrito apenas ao setor automotivo, os modelos de inovação no mundo sofreram mudanças ao longo da história, cujas principais fases podem ser verificadas no quadro 1.

Além dos modelos e abordagens, dependendo do ramo econômico podem haver diferentes classificações referente aos tipos de grau de inovação, mas uma das mais bem aceitas é baseada em Marquis (1969 apud RADU, 2015, p. 53) que propõe os três tipos:

i. Inovação Radical: ideias devem ter grande impacto ou trazer mudanças significativas em toda a indústria

Marquis, D.G. (1969), *The Anatomy of Successful Innovations*, Innovation, November, Reprinted in M.L. Tushman and W.L. Moore, Eds., *Readings in the Management of Innovation*, Marshfield, MA, 1982 apud RADU, L.D. *Investments in Technological Innovations: A Literature Review of Organization Determinants*, **European Scientific Journal**, SPECIAL edition vol.1, 2015.

ii. Inovação Incremental: pequenas ideias no sentido de melhorar produtos, processos ou serviços

iii. Inovação de Sistema: ideias que requerem diversos recursos e muitos anos de trabalho para serem concretizadas

Quadro 1 - Desenvolvimento dos Modelos de Inovação

Modelo	Geração	Característica
Impulsão pela Tecnologia	Primeira (1950-1960)	Ênfase em P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) e ciência. Mercado recebe os resultados de P&D
Mercado Puxado	Segunda (1960-1970)	Ênfase em Marketing. Mercado é a fonte de novas ideias de P&D
Modelo de Acoplamento	Terceira (1970-1980)	Ciclos de retroalimentação entre P&D e <i>Marketing</i>
Modelo Interativo	Quarta (1980-1990)	Combinação dos modelos empurrados e puxados, integração dentro da empresa, ênfase com as correlações externas
Modelo de Rede	Quinta (1990-2000)	Ênfase no conhecimento acumulado e nas correlações externas, integração de sistemas e extensivo “ <i>networking</i> ” (rede)
Inovação Aberta	Sexta (2000-)	Ideias internas e externas, bem como padrões internos e externos do mercado podem ser combinados para o avanço do desenvolvimento de novas tecnologias

Fonte: Adaptado de SIMSIT; VAYVAY; OZTURK, 2014

2.1.1 Inovação e Incerteza

Ao longo das fases de desenvolvimento de um novo produto, que pode envolver *gates* (fóruns) de aprovação como nos modelos baseados no *fuzzy front-end* (ELING; GRIFFIN; LANGERAK, 2014), o processo de tomada de decisão é cercado de riscos e incertezas (MEISSNER; KOTSEMIR, 2016). A incerteza não está presente somente na tomada de decisão por gestores ou outras lideranças, mas também traz desafios aos profissionais ligados a este tipo de atividade, de criação. Em alguns estudos como de Eling, Griffin e Langerak (2014), aborda-

se inclusive o uso da própria intuição humana que traria uma série de outros fatores muitas vezes não formalizados, mas que pesariam nas tomadas de decisão.

Marafon et al. (2015) menciona a dificuldade no processo de tomada de decisão pelos gestores de pesquisa e desenvolvimento sob três diferentes óticas, da incerteza, do conflito e da complexidade, conforme segue abaixo:

i. Incerteza em função da necessidade de se trabalhar com dados tanto qualitativos, como também quantitativos, os quais precisam ser constantemente revistos cientificamente;

ii. Conflitante pois refere-se a um contexto onde diferentes grupos de pessoas procuram melhorar o atingimento de um determinado critério, o qual é percebido como sendo o mais importante, em oposição a outro critério defendido por outros grupos;

iii. Complexo pois envolve critérios múltiplos pouco claros ou incertos, os quais em geral são integrados por uma compensação mal estabelecida.

Fatores, ferramentas e outros métodos podem ser muito úteis ao longo dos processos criativos e respectivos fóruns de tomadas de decisão. Neste estudo em específico, o DFSS é abordado de forma a propiciar a criação de novos produtos utilizando parte do ciclo de I a IDD (identificação a desenvolvimento de conceito) e propõe o uso da lógica *fuzzy*, principalmente nos aspectos relacionados a incertezas, na tratativa inerente ao conceito de inovação em si.

Alguns autores que pesquisam sistemas que auxiliem nos processos multicritérios, relatam ainda a importância da aplicação dos mesmos nas situações do mundo real e sugerem a continuidade dos trabalhos que combinem modelos e métodos, como com sistemas especialistas, computacionais e outros. O objetivo é endereçar, por exemplo, problemas complexos com altos graus de incerteza, objetivos conflitantes, diferentes formas de dados e informações, interesses múltiplos, perspectivas (RAZMAK; AOUNI, 2015).

2.2 DESIGN FOR SIX SIGMA

De acordo com Chowdhury (2002), vários *CEOs*⁴ de grandes e importantes empresas localizadas em diferentes lugares do mundo entendem que a única vantagem competitiva sustentável é a inovação. Entretanto, simplesmente reconhecer esta necessidade não facilita os trabalhos de gestão de uma organização nesta direção. Sendo assim, adotar uma forma, um mé-

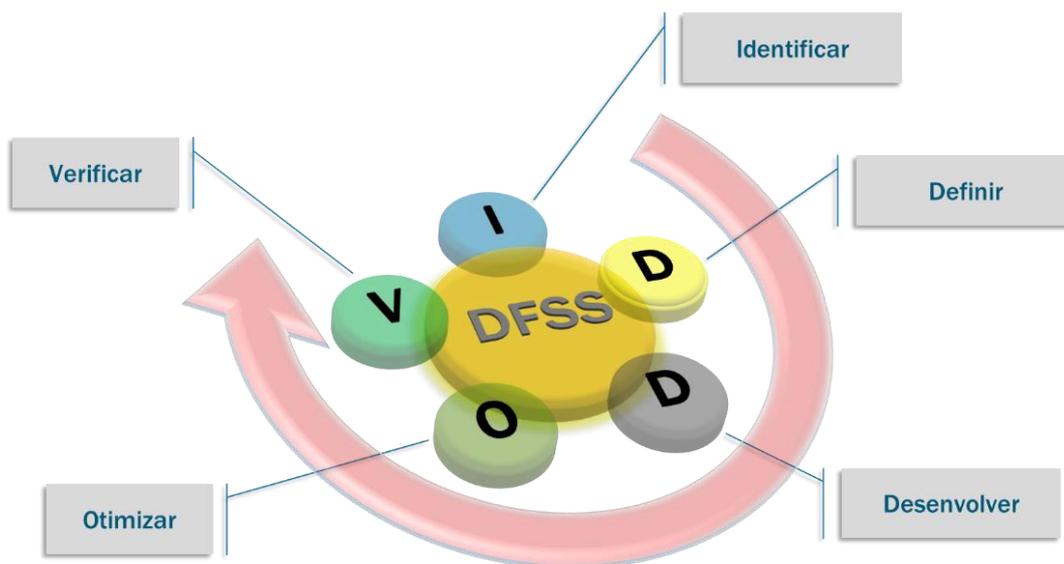
⁴ CEO – Chief Executive Officer: diretor executivo ou geral, sendo o cargo mais alto na liderança de uma empresa.

todo, para conduzir e operacionalizar tal estratégia empresarial, a qual tem se mostrado muito útil aos gerentes na obtenção de resultados superiores, seria o método que Chowdhury sugere, o DFSS.

O DFSS é um método baseado em dados, evidências que sugere o uso de um conjunto de ferramentas analíticas, que busca prevenir e prever problemas no projeto de um produto, processo ou serviço (FEO; BAR-EL, 2002). Outros autores como Mingshun et al. (2014), consideram o DFSS mais do que uma metodologia fixada e padronizada, tendo uma abordagem mais rigorosa em termos de complexidade, buscando trabalhar com análises multivariadas desde o início do processo.

A sequência do processo do DFSS é dividida em várias fases (YOON; BYUN, 2012), conforme figura 5.

Figura 5 – Ciclo do DFSS (IDDOV)



Fonte: Adaptado de YOON; BYUN, 2012

Esta divisão por fases, como a listada IDDOV, não é a única praticada pelas empresas. Existem certas variações acerca do acrônimo IDDOV e das respectivas nomeações das fases do DFSS. Algumas praticam um ciclo mais simples o IDOV - *Identify, Design, Optimize e Validate* (Identificar, Projetar, Otimizar e Validar), outras o CDOV - *Concept, Design, Optimize e Verify* (Conceituar, Projetar, Otimizar e Verificar) o ICOV - *Identify, Characterize, Optimize e Verify* (Identificar, Caracterizar, Otimizar e Verificar), o DMEDI - *Define, Measure, Explore, Design*

e *Implement* (Definir, Medir, Explorar, Projetar e Implementar), entre outros. Há ainda alguns autores como Creveling e Wong (YOON; BYUN, 2012) que propõem outro ciclo o I²DOV - *Invention e Innovation, Develop, Optimize e Verify* (Inventar e Inovar, Desenvolver, Otimizar e Verificar) que teria algum enfoque de inovação, porém este especificamente voltado para a área de desenvolvimento de novas tecnologias, como por exemplo, em novos *hardwares*. Entre os diversos ciclos, o mais utilizado é o DMADV - *Define, Measure, Analyze, Design e Verify* (Definir, Medir, Analisar, Projetar e Verificar) (YOON; BYUN, 2012).

Apesar desta diversidade de ciclos e respectivos acrônimos, todas as modalidades de distribuição por fases deste método, acabam formando um fechamento, um ciclo muito análogo à ideia do ciclo do PDCA – *Plan, Do, Check, Action* (do inglês, Planejar, Executar, Verificar e Agir) (JOU et al., 2010). Pelo fato de ao final dos ciclos de diferentes nomes ou acrônimos o objetivo ser praticamente o mesmo, que é buscar atender as vozes dos clientes por meio de uma sequência lógica e cadenciada de aplicação de ferramentas conectadas entre si, será referenciado neste trabalho o ciclo IDDOV, sem prejuízos quanto a referência à aplicabilidade desta pesquisa.

2.2.1 Fase de Identificação e Definição de Requisitos (Fase ID)

O desenvolvimento utilizando o ciclo de DFSS inicia-se na fase de Identificação ou em alguns casos em uma conjunção das duas primeiras, ID – Identificação e Definição de Requisitos. Alguns autores como Chowdhury (2002), denominam estas duas primeiras como Identificação e Definição de Oportunidade ou Fase 1, cujos objetivos são os mesmos da denominação anterior (YOON; BYUN, 2012).

Nestas primeiras fases, basicamente define-se as pessoas que exercerão algum papel e terão participação no desenvolvimento, tais como o líder, o *Coach, Champion, Sponsor*, especialistas em diversas funções e áreas distintas, entre outros, para formar o time principal. Determina-se o cronograma, as atividades principais do projeto de DFSS, identificação dos clientes, escopo, entre outros, que formam o que comumente é chamado de Plano do Projeto ou *Project Plan* (RAFIQUE, 2013).

Neste início de desenvolvimento, além dos detalhes que compõe o Plano do Projeto, o objetivo principal é definir qual a oportunidade de projeto. Quais vão ser os ganhos que se objetivam atingir ao fim de todo o ciclo de desenvolvimento (IDDO) e a ser verificado (V). Existem diversos critérios para uma definição adequada da oportunidade e o “*SMART*” (VICKERS; SCHIPPERINJ, 2013) é um dos mais utilizados, cujo acrônimo em inglês

significa: *S – Specific, M – Measurable, A – Actionable, R – Relevant e T – Time bound* (Específico, Mensurável, Exequível, Relevante e Dentro de um Prazo). Em projetos de DFSS, a questão do “M”, ou seja, ser mensurável é um dos pontos mais importantes em função do aspecto de se medir os ganhos de forma quantitativa.

Desta forma, como acontece também ao longo de toda a metodologia do DFSS, existem várias definições e ações que formam uma sequência lógica. Por exemplo, nestas fases iniciais a determinação dos clientes ou do cliente principal é imprescindível para capturar as vozes corretas e, conseqüentemente, quais os ganhos esperados ao final do trabalho. Por esse aspecto mais amplo determinado apenas pela vontade (vozes) do cliente, o projeto de DFSS pode adaptar-se às mais variadas aplicações e pode adotar focos e utilizações das suas ferramentas também de diversas formas, ainda assim formando um ciclo lógico de sucessão de atividades, intimamente interligadas (MAST; DIEPSTRATEN; DOES, 2011).

Para o aspecto da busca do desenvolvimento com foco em inovação, pode-se iniciar a identificação da oportunidade a partir de duas fontes típicas: a partir da voz negativa e da voz positiva (VICKERS; SCHIPPERINJ, 2013).

No caso da voz negativa, que em geral representa o aspecto de insatisfação por parte do cliente com o produto, a situação típica é quando o produto ou não desempenha a função para o qual foi projetado ou não a desempenha de forma adequada. Para esse caso, em geral o produto necessita de um grau de mudança simples que possibilite eliminar ou ao menos diminuir as suas possíveis fraquezas. Já no segundo caso, da voz positiva, o produto funciona conforme o especificado, porém não atende plenamente às expectativas deste cliente. Este pode requerer um grau de modificação de projeto maior, para desempenhar a função de forma diferente ou simplesmente se adequar a VOC (*Voice of Customer – Voz do Cliente*). Em ambos os casos, é neste início do desenvolvimento que se planeja quais serão as ferramentas mais adequadas para se atingir estes objetivos, pois não necessariamente utiliza-se todas as ferramentas e/ou da mesma forma em todo projeto de DFSS (SAEED et al., 2013).

Comumente o cliente é classificado em duas categorias, o interno e o externo (RAFIQUE, 2013). O primeiro é quem participa da criação, da produção e/ou do produto. Em geral, são áreas afins ao desenvolvimento de produto que também acabam sendo afetadas pelas decisões tomadas no projeto. Há casos em que os ganhos esperados por estes tipos de clientes não são percebidos pelos clientes finais do produto, apesar da fácil mensuração dos ganhos. Por exemplo, diminuir a complexidade de manufaturabilidade de um produto pode ajudar muito na redução de custos de produção, porém pode não trazer nenhum benefício direto para o cliente final que compra o produto acabado. Já a outra categoria, o cliente externo tem pouca ou

nenhuma relação com as atividades internas da empresa, mas é o mais importante para a mesma, visto que é para ele que o produto ou serviço é projetado. Quando a modificação do produto é muito diferenciada, com um alto grau de inovação, o cliente final pode ter suas expectativas superadas como, por exemplo, nos casos de introdução de uma nova interface tecnológica com o mesmo.

Nesse início do planejamento de um projeto, aspectos de ordem prática também devem ser observados (CHOWDHURY, 2002). Alguns podem vir a ser tornar restrições do projeto que dentre eles, podemos destacar:

- i. Não exequível em função do custo e/ou tempo;
- ii. Ainda não exista domínio da tecnologia ou a mesma ainda não exista.

Ambos acima podendo ou não estar diretamente relacionados a questão da inovação de produto.

Requisitos

Apesar da lógica existente entre as aplicações das distintas ferramentas, o DFSS não possui formulações intransigíveis para obter-se sucesso. Na verdade, o aspecto minimalista é sempre desejável ao ponto que se traga subsídios adequados e suficientes para as tomadas de decisões (ALVAREZ, 2015). Com este objetivo, as ferramentas indicadas preferencialmente pela metodologia é o QFD (WANG; YEH; CHU, 2016), o Modelo de Kano e o *Customer Loss Function* - Função Perda para o Cliente (XIONG; YU; WANG, 2015). Um breve descritivo a respeito do QFD e do Modelo de Kano podem ser vistos no apêndice A.

Existem várias outras ferramentas que podem ser utilizadas para o devido entendimento das vozes dos clientes, como por exemplo pesquisa ou indicador de campo com entrevista direta com os clientes finais. Esse entendimento e a correta interpretação das mesmas é sobremaneira importante por parte dos profissionais e pesquisadores que utilizarão ou referenciarão os resultados esperados desta pesquisa. Alguns autores como Li et al. (2014), propõe uma abordagem por processos humanos cognitivos, dividindo estes requisitos em visceral, comportamental e reflexivo. Li et al. (2014) ainda se baseia na teoria hierárquica de Maslow para demonstrar que os clientes percebem as inovações dos produtos da perspectiva da funcionalidade, usabilidade e prazer. Cada uma delas sendo percebidas pela interação estética, de significado e até emocional.

2.2.2 Fase de Desenvolvimento de Conceitos (Fase IDD)

A fase de desenvolvimento de conceitos é composta por duas partes principais (CHOWDHURY, 2002):

- . Geração, criação de conceitos que satisfaçam os requisitos baseados nas VOCs;
- . Seleção racional e estratégica do conceito mais adequado.

Na primeira parte, a da criação, é muito importante observar as características críticas para atingimento das vozes, as quais são estabelecidas na fase anterior, de definição de requisitos ou fase ID. Desta forma, a capacidade de criar o novo baseado nestas condições tem uma função imprescindível para que se atinja o objetivo principal desta fase do ciclo de DFSS (SAEED et al., 2013).

Alguns exemplos de características acerca da criatividade que devem ser observadas (VICKERS; SCHIPPERINJ, 2013):

- . Enxergar coisas antigas de outras maneiras ou em diferentes combinações;
- . Na maioria das vezes, a criatividade costuma surgir de uma “explosão”, repentinamente, ao invés de uma sequência lógica de informações;
- . Frequentemente origina-se de uma frustração;
- . É arriscado, mas compensador;
- . Torna o trabalho mais prazeroso, entre outros.

A criatividade por si só não traz os resultados que se esperam desta parte do DFSS e as possíveis ideias geradas precisam ser combinadas e trabalhadas de forma a se criar efetivamente um produto, preferencialmente um produto mais inovador.

Seguem abaixo, algumas características que normalmente representam ou estão presentes em um produto inovador (VICKERS; SCHIPPERINJ, 2013):

- . Oferece uma nova solução ou melhoria para atender às expectativas existentes do consumidor;
- . Atende às vozes do consumidor atualmente não atendidas pelo mercado;
- . Redefine segmentos de produtos existentes ou cria novos;
- . Pode ser aperfeiçoado com a prática, entre outros.

Na segunda parte, onde comumente utiliza-se ferramentas de escolha e/ou identificação de pontos fortes e fracos das criações, esta será endereçada à próxima fase do ciclo (IDDO) com uma abordagem diferenciada.

Técnicas e Ferramentas de Criatividade

Mais especificamente nesta fase do ciclo de DFSS é que se faz uso das técnicas de criatividade e outras ferramentas associadas. Em geral, o DFSS não impõe o uso de uma ou outra técnica, ferramenta e sim, a escolha das mesmas precisa ter uma íntima relação com os objetivos do desenvolvimento. Por exemplo, o *brainstorming* ou “tempestade de ideias” pode produzir muitas ideias para gerar conceitos que permitam atingir os CTQs (*Critical to Quality* – Crítico para a Qualidade) (HE; TANG; CHANG, 2009), mas em contrapartida utiliza de pouca estruturação em direção à solução final. Em outras palavras, ela permite gerar uma grande quantidade de criações baseadas em uma análise mais simples, mas não permite uma análise mais complexa e uma visão mais aprofundada das possíveis soluções, pois ela dependeria de um desdobramento deste uso. Uma outra ferramenta, de maior profundidade técnica sugerida e muito utilizada inclusive na indústria automobilística é o TRIZ (TIUC; DRAGHICI, 2016). Detalhes desta ferramenta pode ser verificada no apêndice A.

2.2.3 Fase de Otimização do Conceito (Fase IDDO)

Os produtos e mesmo os serviços podem sofrer variações na performance em função da influência do mundo real. Em um desenvolvimento com o uso do DFSS busca-se estressar o produto de forma a prever e maximizar a probabilidade do projeto atingir os requisitos ou CTQs, dado as variações provocadas pelo ambiente de uso, de manufatura e o próprio uso em si (AMER; LUONG; LEE, 2010).

Pela abordagem deste estudo a adoção dos princípios da Engenharia Robusta, serão mencionados no tópico Relação Sinal Ruído de Taguchi.

2.2.4 Fase de Verificação (Fase IDDOV)

Analogamente ao ciclo PDCA, que ao perfazer uma volta completa tem-se finalizado um turno de melhoria, o ciclo do IDDOV também conclui uma rodada com uma verificação ou confronto dos objetivos do projeto, com os resultados obtidos.

Desta forma, o que se procura neste trabalho com os resultados da análise da fase de “otimização” é a confirmação esperada em termos de referência de inovação.

Certamente, alguns resultados ligados ao negócio de forma indireta é que darão a dimensão da criação e da inovação em si, mas o direcionamento dentro do âmbito desta pesquisa se restringe a análise do resultado em termos de planejamento do produto, não abordando todos os desdobramentos do negócio em si, por ser susceptível a uma gama de variáveis que dificilmente poderiam ser consideradas em um único estudo.

2.3 RELAÇÃO SINAL RUÍDO DE TAGUCHI

Em uma das fases mais importantes de um projeto de DFSS, a “Otimização”, as técnicas mais utilizadas são as conhecidas dentro do contexto da Engenharia Robusta.

A Engenharia Robusta ou também conhecida na literatura como Métodos de Taguchi, recebeu uma maior atenção internacional na década de 1980, em função da divulgação das ideias que o doutor Genichi Taguchi realizou a respeito da redução na variação, a partir de uma tradução original para o inglês de uma publicação com o seu parceiro Yuin Wu, “*Introduction to off-line quality control*”, em 1979 (GIJO; SCARIA, 2012).

Dentro do contexto da engenharia robusta, uma definição se faz bastante importante, a de Robustez. Para Taguchi, Chowdhury e Wu (2005), Robustez é o nível de desempenho onde a tecnologia, produto ou processo são minimamente sensíveis aos fatores causadores de variação (tanto no ambiente de manufatura, quanto no ambiente de utilização) e desgaste, com o menor custo. De uma outra forma, o objetivo não é eliminar o ruído (fatores que causam variação) e sim tornar o produto insensível a ele (GIJO; SCARIA, 2012).

O método de Taguchi começa com a definição do escopo do problema e o planejamento dos experimentos que normalmente incluem a seleção de características a serem “otimizadas”, os *control factors* (fatores de controle), os *noise factors* (fatores de ruído) e as matrizes ortogonais ou disposição do experimento mais adequados (HWANG; CHANG; LIU, 2013).

Para verificar a robustez de um produto, Taguchi propôs a utilização da relação sinal ruído (*signal-to-noise S/N*) que determina a variação do valor resultante do experimento contra o desejado, definindo desta forma os melhores valores às características a serem maximizadas (HWANG; CHANG; LIU, 2013). Taguchi, Chowdhury e Wu (2005) dividem as estratégias da engenharia robusta em duas principais: *Dynamic* (Dinâmica) e *Non-Dynamic* (Não-Dinâmica). A dinâmica propõe a análise de três aspectos, linearidade, sensibilidade e variabilidade, enquanto a não-dinâmica apenas a sensibilidade e variabilidade, uma vez que esta última

estratégia concentra a atenção a um objetivo único. A “otimização” não-dinâmica, que é a mais adequada para este estudo, é em geral dividida em três categorias de análise da relação S/N: quanto menor melhor, quanto maior melhor ou nominal é o melhor (HSIANG; LIN; LAI, 2012).

Neste estudo será adotado a estratégia não-dinâmica, da categoria quanto maior melhor, cuja equação (1) segue descrita abaixo (TAGUCHI; CHOWDHURY; WU, 2005):

$$S/N = \eta = 10 \log \frac{1}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}} \quad (1)$$

Onde, y_i é o valor a ser lido e n o número de vezes para a mesma proposta de produto.

Dependendo da categoria (quanto maior melhor, quanto menor melhor e nominal é o melhor) e do respectivo objetivo da aplicação da relação S/N existem variações da equação (1) (TAGUCHI; CHOWDHURY; WU, 2005).

Segundo Brenneman e Myers (2003), Taguchi, Chowdhury e Wu (2005), *noises* (ruídos ou fatores de ruído) são variáveis que causam modificações na função de um sistema, ou seja, que fazem o mesmo desviar do objetivo buscado. A maioria dos autores divide os *noises* em três naturezas diferentes: *noises* externos, *noises* internos e *noise* de unidade para unidade (GIJO; SCARIA, 2012).

2.4 LÓGICA FUZZY

A ideia de vagueza, imprecisão no campo da engenharia e abordado em publicações ocorreu em 1965, com a obra *Fuzzy Sets* do Prof. Lotfi Zadeh da Universidade da Califórnia (YAO et al., 2016). No início, a comunidade científica encarou a nova teoria do Prof. Zadeh com certo ceticismo, o que foi radicalmente mudando nestes últimos 50 anos, principalmente nas três últimas décadas (MESA; LINDAHL; LAFUENTE, 2017). Consultando apenas a coleção principal da *Web of Science*, chegamos ao número de 170 mil publicações (*Web of Science*, 2017) sobre o assunto.

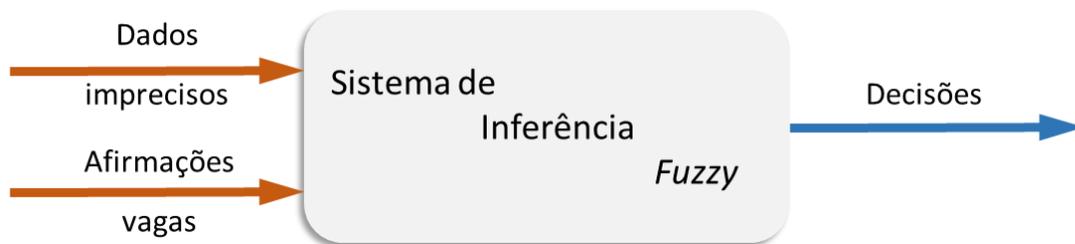
Foi apenas em meados da década de 1970 que um grupo de cientistas e pesquisadores começou a estudar a abordagem do Prof. Zadeh com mais seriedade, a partir da qual seria criada a primeira literatura internacional especializada, era então instituída a *Fuzzy Sets and Systems*. Outras associações foram sendo formadas, como a primeira conferência *NAFIPS – North American Fuzzy Information Processing Society* (Sociedade de Processamento de Informações

Fuzzy da América do Norte) em 1982 e muitos outros grupos e literaturas especializadas foram surgindo, tornando a teoria cada vez mais difundida e estudada (MERIGÓ; LAFUENTE; YAGER, 2015).

Contudo, a teoria não se restringiu apenas ao meio acadêmico e como uma aplicação na área industrial, já na década de 1980, iniciou-se a utilização da lógica *fuzzy* no controle de um forno de cimento. Ainda nessa década no Japão, aplicações no processo de purificação de água pela *Fuji* e um sistema de controle automático de trem pela *Hitachi*, seriam apenas o início do que viria a se tornar um “boom” da lógica *fuzzy* naquele país (TANAKA, 1991).

Estes conceitos inicialmente conflitantes com os princípios do campo da engenharia e da lógica clássica, tiveram sua popularização em diferentes aplicações em função da abordagem de duas características opostas entre si, a imprecisão e a incerteza (SANDRI; CORREA, 1999; SMETS, 1999). Em geral, quanto maior a incerteza, menor a imprecisão e vice-versa. Por exemplo, quando dizemos que “o trânsito em determinada avenida costuma ficar congestionada por volta das 18 horas”, ou seja com certa imprecisão, é possível melhorar a incerteza desta informação, mas dizendo algo como “o trânsito é ruim das 17 às 19 horas”. Na figura 6, representa-se esquematicamente a tratativa por um sistema de inferência *fuzzy*, com as respectivas naturezas das entradas e saída.

Figura 6 - Um sistema de inferência *fuzzy* que trata dados imprecisos e afirmações vagas e fornece subsídios à tomada de decisões



Fonte: Adaptado de TRIVINO; SUGENO, 2013

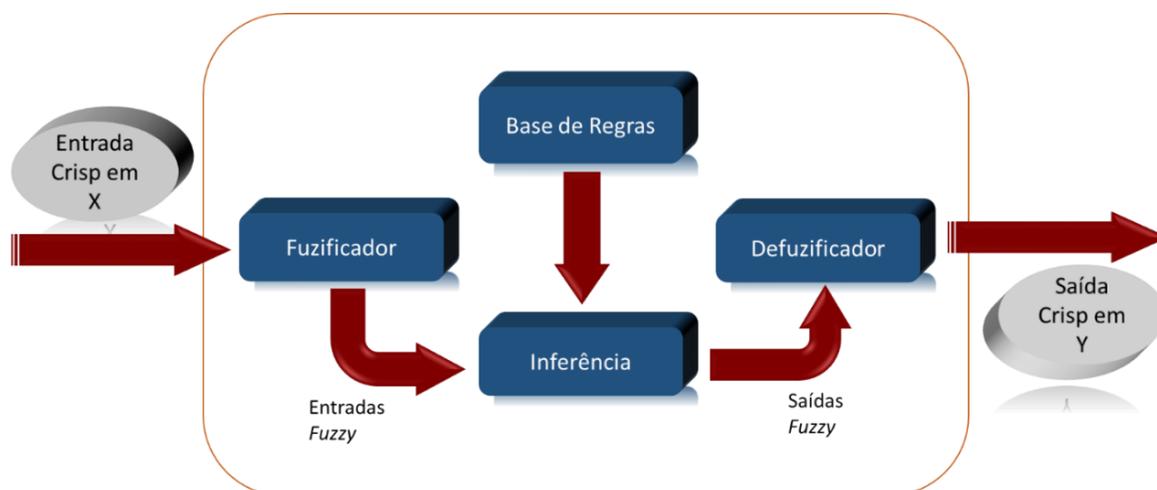
Segundo Smets (1999), o conceito de imprecisão está ligado a teoria dos conjuntos e incerteza a probabilidades, porém ambas não seriam capazes de dar a tratativa adequada inerente à complexidade da informação humana. Desta forma, a partir da teoria dos conjuntos *fuzzy*, Prof. Zadeh desenvolveu a teoria das possibilidades, o qual apesar de intimamente ligada ao conceito de probabilidades, permitiu o melhor modelamento das nuances típicas à natureza humana.

Segundo Merigó, Lafuente e Yager (2015), estas teorias têm sido cada vez mais utilizadas em situações que envolvam informações que carregam a complexidade da comunicação humana, que vão desde controles simples de eletrodomésticos à controles de satélites, de transações financeiras à estudos da medicina, com a tendência de crescerem principalmente nos estudos híbridos que incorporam abordagens conexionistas e evolutivas.

Assim, ao longo dos anos, a teoria dos conjuntos *fuzzy* foi sendo adotada de diferentes formas, como incorporada com a inteligência artificial, com a linguagem natural, nos processos de tomada de decisão, nos sistemas especialistas, em redes neurais, com a teoria de controle, entre outros (BUSTINCE et al., 2016). Essa vocação de “parceria” com outras abordagens e teorias, vem crescendo recentemente e uma das mais importantes é a da tomada de decisão, pela sua natureza complexa, de difícil tratativa e incertezas envolvidas (GARCÍA; LAFUENTE; CALDERÓN, 2015).

Um sistema de inferência *fuzzy* é composto por três unidades básicas: o fuzificador, o motor de inferência *fuzzy* e o defuzificador (HWANG; CHANG; LIU, 2013), conforme pode ser visto esquematicamente na figura 7.

Figura 7 – Representação de um Sistema de Inferência *Fuzzy*



Fonte: Adaptado de MENDEL, 1995

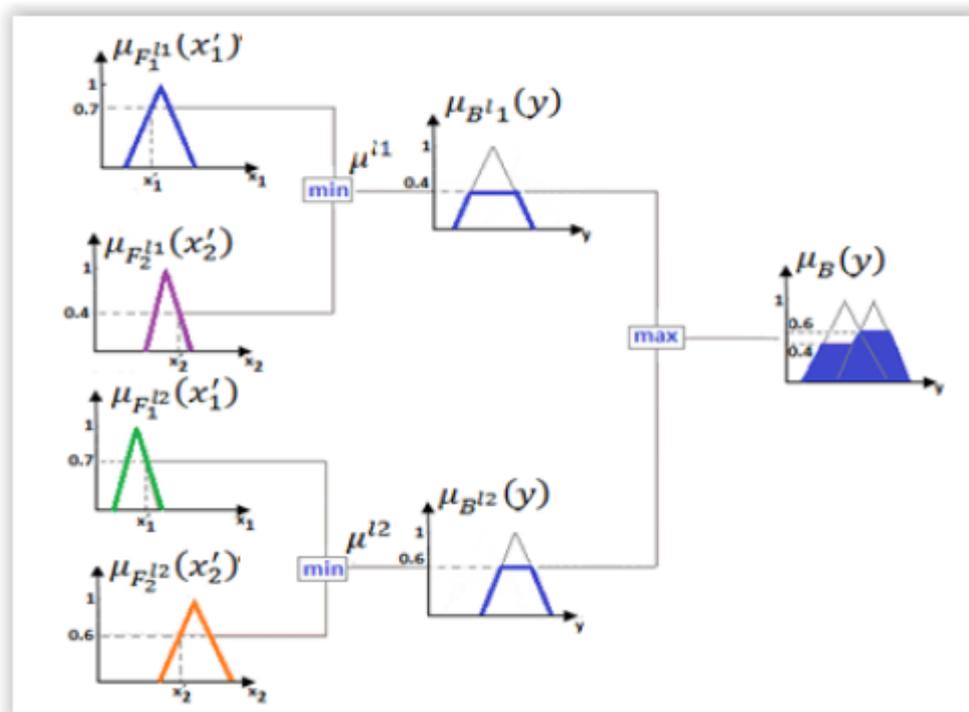
O **fuzificador** tem como papel transformar valores reais ou *crisp* em valores *fuzzy*, ou seja, caracterizar a entrada *crisp* em valores pertencentes a um universo de discurso padronizado, os quais tornam-se instâncias de variáveis de natureza linguística.

A **base de regras** é composta por estruturas proposicionais do tipo SE (premissa) – ENTÃO (conclusão) as quais constituem o conjunto de regras que atuam no lugar de um

especialista, tratando as variáveis linguísticas de acordo com as entradas e suas possíveis combinações.

O **módulo de inferência fuzzy** verifica o grau de compatibilidade entre os fatos e cláusulas nas premissas da base de regras, gerando uma conclusão por meio de um método de inferência. Os métodos de inferência mais encontrados na literatura são o Mamdani, Larsen e os chamados de interpolação Takagi-Sugeno e Tsukamoto (SIVANANDAM; SUMATHI; DEEPA, 2007). A figura 8 apresenta um exemplo do controlador adotado neste trabalho.

Figura 8 - Exemplo do Sistema de Inferência *Fuzzy* Mamdani



Fonte: Adaptado de SIVANANDAM; SUMATHI; DEEPA, 2007

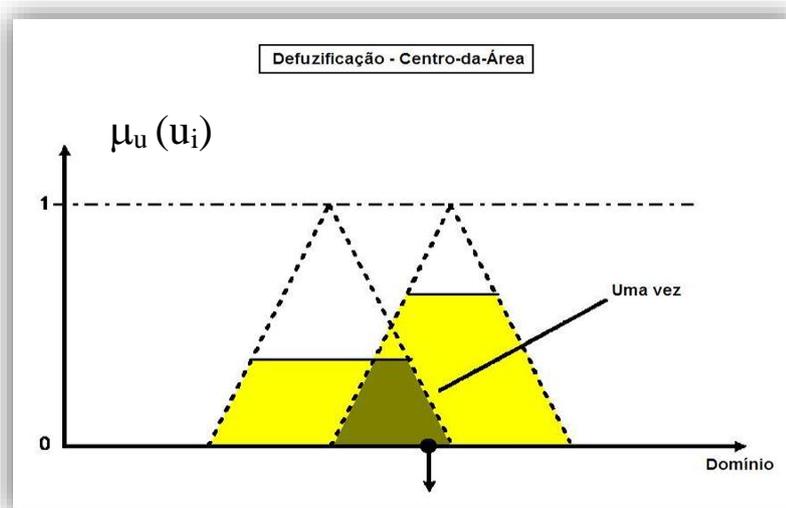
O processo de **defuzificação** consiste em combinar os valores de saída obtidos por meio de um dos controladores *fuzzy* com um único valor *crisp* correspondente, retornando o mesmo em termos linguísticos. Um dos métodos de defuzificação mais conhecidos é o do centroide ou centro de área (DRIANKOV; HELLENDORN; REINFRANK, 1996), conforme figura 9.

O resultado pode ser obtido por meio da equação (2):

$$u^* = \frac{\int_u u \cdot \mu_U(u) du}{\int_u \mu_U(u) du} \quad (2)$$

Sendo μ_U a união da área das funções de pertinência e u é o valor de ativação da respectiva regra *fuzzy* pré-estabelecida na base de regras do sistema.

Figura 9 – Método de defuzzificação pelo centro de área



Fonte: Adaptado de DRIANKOV; HELLENDORN; REINFRANK, 1996

2.5 RELAÇÃO SINAL RUÍDO E LÓGICA FUZZY

O desenvolvimento de novos produtos tem se tornado um fator cada vez mais importante para as instituições alavancarem alguma vantagem competitiva e, portanto, muito necessário para suas estratégias de permanência em seus mercados, de forma lucrativa (KOREN; PALCIC, 2015, ELING; GRIFFIN; LANGERAK, 2014). Neste contexto, a responsabilidade e dificuldade nos processos de tomada de decisão acabam sendo atribuições complexas nos mais diversos ramos não só das empresas, onde em geral envolvem decisões de investimentos, mas também em outras organizações onde exista a necessidade de se avaliar a continuidade do desenvolvimento de propostas.

O processo decisório ainda pode ser complicado por envolver diversos aspectos, como por exemplo, riscos e incertezas diversas. Em pesquisa operacional, o processo que pode agregar diversas dimensões imensuráveis e conflitantes é tratado como MCDA – *Multi Criteria Decision Aid* (Auxílio às Decisões Multicritérios) (RAZMAK; AOUNI, 2015).

Os estudos abordando MCDA são inúmeros, sendo utilizados não somente no campo das ciências exatas, mas vão das áreas humanas, sociais à biológicas e, como mencionado por Guitouni e Martel (1998), em função da quantidade e diversidade é praticamente impossível realizar em um só estudo a comparação de todos os métodos MCDA existentes.

Nesta proposta, associado à lógica *fuzzy* que possui diversos estudos correlacionados com as dimensões do conceito de inovação, como em García, Lafuente, Calderón (2015) e

Okorokov, Kalchenko (2015), e de tomada de decisão, como em Ekel et al. (2016) e Yager, Alajlan (2016), optou-se por adotar o método de Taguchi. Em específico, a função sinal ruído (S/N) de Taguchi, pela possibilidade de tratativa das saídas dos sistemas *fuzzy* e captura não somente do valor principal a atingir-se, mas também das variações das saídas difusas. Isso proporcionaria em última análise, compreender de onde seriam as maiores fontes de variações de valores (altos e baixos) gerando condições de aprofundamentos ou tomadas de decisão com riscos melhor conhecidos. Além disso, o método Taguchi é a ferramenta de auxílio de análise proposta pelo próprio ciclo de DFSS adotado nesta pesquisa e em outras variações do mesmo (WANG; YEH; CHU, 2016).

Assim, este estudo propõe a utilização da lógica *fuzzy* para modelar a forma como critérios chaves representados por variáveis linguísticas podem assumir valores dentro dos seus respectivos graus de pertinência, com o intuito de afetar o objetivo principal de cada proposta, ou cada tipo de produto, de ter o melhor nível de inovação possível.

2.6 SISTEMA BASEADO EM CONHECIMENTO

Em função da importância estratégica do processo decisório do portfólio e desenvolvimento de novos produtos para as empresas, vários métodos vêm sendo propostos como o AHP (*Analytic Hierarchy Process*), técnicas de otimização como o *Linear Programming* (Programação Linear), entre outros, cada um deles com suas respectivas limitações (OH; YANG; LEE, 2012). Uma dessas limitações estaria relacionada a própria disponibilidade do conhecimento.

Um sistema baseado em conhecimento ou sistema especialista é uma programação computacional que utiliza conhecimento especializado para fornecer informações ou resultados que, no caso deste, forneceria subsídios acerca da inovação. Conforme adotado também na abordagem *fuzzy*, o sistema representa o conhecimento na forma de regras, onde o “SE” seria a premissa e o “ENTÃO” a consequente (GIARRATANO; RILEY, 1998).

A versatilidade tecnológica é bem vasta, bem como a questão construtiva de um sistema especialista, como a agregação de um módulo de aprendizagem, de geração de explicações, entre outros. Apesar deste estudo não ter a pretensão de estender-se na direção de um sistema especialista completo, a modelagem a ser atingida ao final comporia a máquina de inferência de um sistema especialista.

3 MÉTODO DE PESQUISA

Segundo Marconi e Lakatos (2017), “Método é o conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo de produzir conhecimentos válidos e verdadeiros, traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista. ” Desta forma, é este rigor sistemático que possibilita a caracterização do conhecimento científico como:

- i. Real ou factual:** lida com ocorrências ou fatos;
- ii. Conhecimento contingente:** conhecida as proposições e hipóteses quanto a veracidade ou falsidade com base na experiência;
- iii. Sistemático:** formação de um sistema de ideias (teoria), conhecimento ordenado logicamente;
- iv. Verificabilidade:** afirmações podem ser comprovadas no âmbito da ciência;
- v. Conhecimento falível:** não absoluto, definitivo ou final;
- vi. Aproximadamente exato:** novas descobertas podem reformular acervo existente.

Sendo assim, o devido enquadramento do método de pesquisa a ser adotado de forma a estabelecer o vínculo legítimo ao rigor científico se faz necessário e importante. Com base nesta necessidade, para o atingimento dos objetivos desta pesquisa, os aspectos relacionados à sua classificação, bem como os respectivos comentários e características foram resumidos, conforme descrito no quadro 2.

Enquanto a porção qualitativa deste estudo apresenta uma oportunidade e importância em função de uma lacuna de pesquisa, a porção quantitativa assume o papel de representar por meio de modelos o comportamento da vida real, com conseqüente contribuição nos processos de tomada de decisão (BERTRAND; FRANSOO, 2002). A figura 10 representa esquemática e simplificada a estratégia principal da modelagem matemática tratada neste trabalho.

Na etapa de **formulação**, foram adotadas as variáveis obtidas da porção qualitativa, sem a qual não seria possível descrever os aspectos relacionados a inovação. Como o modelo é de abrangência e não de priorização, os vinte e quatro itens foram considerados nesta análise. Na sequência, a **dedução**, aplicando as técnicas matemáticas e também uso de programas computacionais, verifica-se as saídas ou dados fornecidos. Na **inferência**, é feita a análise das conclusões, se as mesmas são suficientes e trazem subsídios para melhor entender o mundo real. Por fim, avalia-se (etapa de **avaliação**) se as conclusões com base nos dados fornecidos são consistentes ou se ainda precisam de melhorias, repetindo-se o ciclo esquemático. Esta

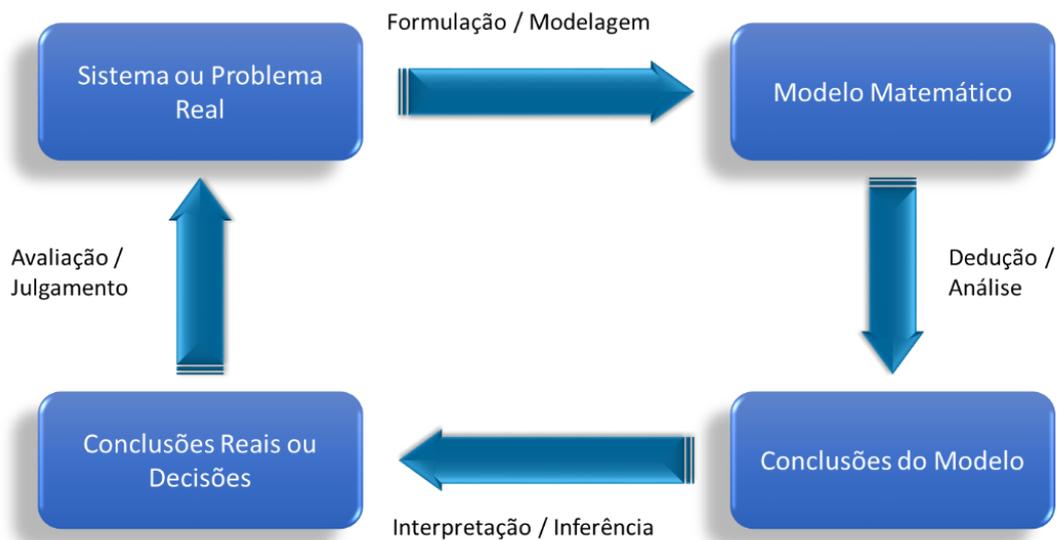
última sendo considerada por muitos autores como a etapa de maior importância para se atingir resultados satisfatórios da porção de natureza quantitativa (MIGUEL et al., 2012).

Quadro 2 – Classificação da pesquisa

Quanto à (ao)	Classificação da Pesquisa	Comentários
Natureza	Aplicada	Desenvolvimento de pesquisa científica com aplicabilidade prática, cujos resultados podem ser utilizados na solução e análise da realidade
Objetivos/Fins	Exploratória e Normativa	Explorar a questão com entrevistas, pesquisa e levantamento bibliográfico para aumentar a familiaridade com o assunto, para ganhos tanto para a ciência, quanto para as empresas. Com esta contribuição, espera-se aperfeiçoar a literatura existente e / ou comparar com soluções e práticas já conhecidas
Abordagem	Qualitativa e Quantitativa	A inexistência dos aspectos importantes na avaliação da inovação na pesquisa inicial da literatura, mostra a necessidade de uma coleta de informações de caráter qualitativo. O caráter quantitativo será abordado na sequência desta investigação, com os resultados numéricos objeto do estudo em questão
Método	Modelagem	Como sistema principal deste estudo, a análise da combinação da lógica <i>fuzzy</i> e do método de Taguchi, formará um meio de traduzir o conhecimento de especialistas e combinações de fatores importantes para a inovação, em respostas que representariam o mais próximo à vida real

Fonte: Baseado em Miguel et al., 2012

Figura 10 – Processo esquemático de modelagem



Fonte: Adaptado de Miguel et al., 2012

Considerando este processo esquemático, esta pesquisa foi dividida em três partes principais, conforme pode ser visto na figura 11, Identificação e análise dos aspectos ligados a inovação, Planejamento específico para verificação e Coleta de informações, contendo ações planejadas que podem ocorrer concomitantemente, bem como as que dependem de outras atividades prévias.

Fluxograma

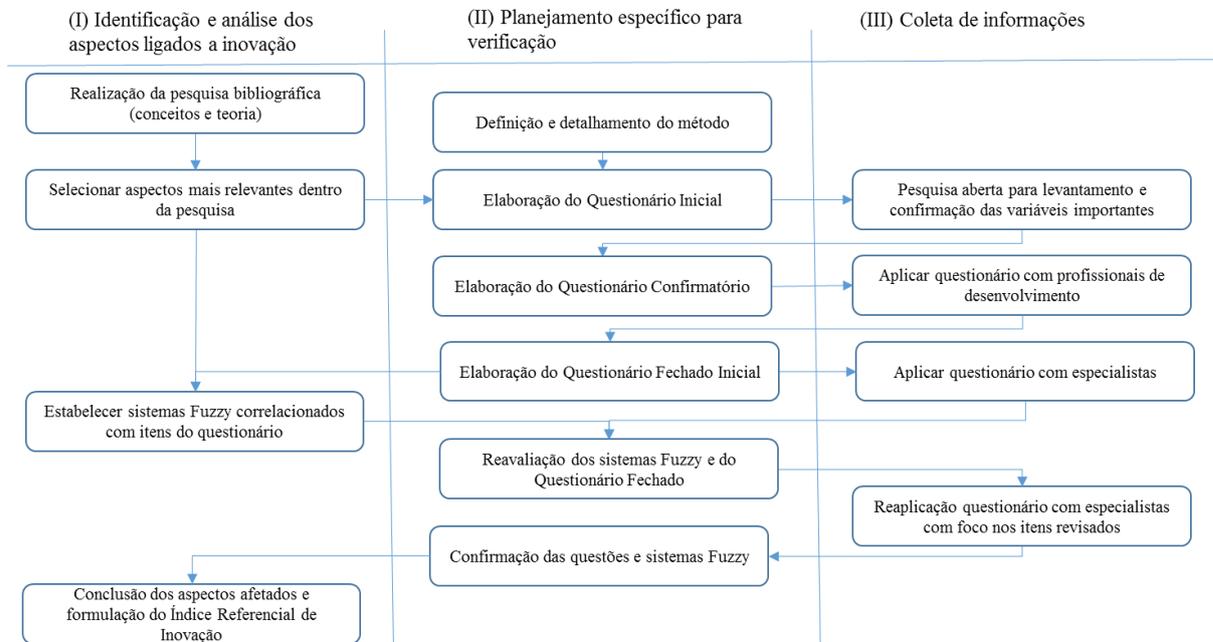
A figura 11 apresenta o fluxograma do método de pesquisa, identificando como as três partes principais estariam inter-relacionadas, bem como se dispõem ao longo do desenvolvimento até o atingimento do objetivo final.

3.1 QUESTIONÁRIO ABERTO E CONFIRMATÓRIO

Com base na investigação da literatura, foi sumarizado no capítulo 2 o melhor uso das ferramentas mais adequadas ao enfoque da criação estratégica, dentre as que são propostas em cada uma das fases do DFSS. Este levantamento foi feito seguindo um protocolo de pesquisa detalhado no apêndice B. Alguns resultados práticos de criação de produtos com a utilização

da metodologia do DFSS, foram utilizados para verificação e / ou refino da proposta deste estudo na fase de “otimização”, onde se propõe medir o grau de inovação.

Figura 11 – Fluxograma do método de pesquisa



Fonte: Produção do próprio autor

Seguindo o fluxograma do método desta pesquisa (figura 11), as variáveis importantes para análise da inovação foram propostas por meio de levantamento da opinião e experiência de especialistas. O instrumento adotado para a coleta destes dados foi um questionário do tipo aberto, com uma abordagem qualitativa, exploratória, de forma a buscar todas as variáveis relacionadas.

O questionário é um dos instrumentos mais utilizados nos mais variados tipos de pesquisas e, no que se refere aos tipos de métodos adotados, é parte essencial na área de estudos de negócios (WAIDI, 2016). Além dos guias para a construção de um questionário sumarizados por Waidi (2016), foram considerados, na construção dos questionários desta pesquisa, as características para uma adequada elaboração deste tipo de instrumento que são a relevância, consistência, usabilidade, clareza, quantificabilidade e legibilidade.

Dentre os principais tipos de estrutura de questionários, como os binários, com escala, múltiplas escolhas, aberto, complete a sentença e de priorização, tirou-se vantagens da composição do tipo aberto com complete a sentença, procurando esclarecer melhor a questão em pesquisa (WAIDI, 2016). Por meio de questionário do tipo autoaplicação (VIEIRA, 2009)

enviado por *e-mail*, foram pesquisados um especialista em desenvolvimento e inovação em uma empresa do ramo no estado da Bahia, outro participante no estado de Minas Gerais e cinco no estado de São Paulo.

Para a determinação desta amostra considerou-se trabalhar com os grupos focais por existirem poucas empresas com esta capacidade criativa, bem como das pessoas nelas dedicadas a esta função específica. Desta forma, levou-se em conta critérios importantes como custo, tempo e valor científico (VIEIRA, 2009).

O modelo do questionário aberto enviado pode ser visto no apêndice C deste trabalho. A sentença argumentativa e a respectiva pergunta seguem na figura 12.

Figura 12 – Ilustração parcial do questionário aberto acerca da inovação

Questionário - INOVAÇÃO

Segundo a definição de Elaine Dundon (2002), **inovação** é a implementação rentável, lucrativa de uma estratégia de criatividade, o qual é subdividida em 4 componentes: criatividade, estratégia, implementação e lucratividade. Dentro do contexto de desenvolvimento de sistemas e componentes para veículos (indústria automobilística), para você quais são os fatores e aspectos importantes a serem observados para avaliar um produto de outro (s) em termos de inovação?

(Esta não é uma lista de prioridades, por favor não listar os mais importantes, mas sim todos que julgar pertinentes à questão)

1. _____

2. _____

Fonte: Produção do próprio autor

Para melhor entender se as variáveis relacionadas à avaliação de propostas de inovação apresentavam boa adesão e faziam sentido junto a profissionais que atuam na área de desenvolvimento, foi elaborado um outro questionário com os itens mencionados, previamente determinados no questionário aberto. Este continha todos os itens dispostos de forma aleatória com a adoção de uma escala do tipo Likert (VIEIRA, 2009), variando do valor 1 (um) ao 10 (dez) onde o menor número é o menos importante e quanto maior, maior a sua importância para o profissional pesquisado. Este questionário do tipo escala e de autoaplicação foi enviado via *link* por *e-mail* a 105 (cento e cinco) pessoas do ramo, distribuídas em duas empresas do setor

no estado de São Paulo. Mesmo existindo diversas discussões a respeito do uso e interpretação do coeficiente alfa ou ainda alfa de Cronbach, mencionado pelo próprio Cronbach (1947) e por outros como Cortina (1993), este é de longe o parâmetro mais utilizado nas diversas pesquisas em diferentes áreas do conhecimento (PETERSON, 1994). Desta forma, para medir a confiabilidade, adotou-se o alfa de Cronbach (CRONBACH, 1947) calculado com o uso do programa *Minitab* versão 17 (GADERMANN; GUHN; ZUMBO, 2012). Os questionários foram respondidos e consolidados por meio da ferramenta *Google forms*, cuja imagem ilustrativa contendo questões do perfil do pesquisado e da importância das variáveis está representada na figura 13. O questionário integral e outros detalhes constam no apêndice C.

Figura 13 – Ilustração parcial do questionário confirmatório: (a) perfil, (b) variáveis

(a) perfil

(b) variáveis

Fonte: Produção do próprio autor

3.2 QUESTIONÁRIO FECHADO

A partir da confirmação das variáveis mais importantes para avaliação da inovação, elaborou-se a versão preliminar do questionário fechado o qual foi aplicado à diferentes

especialistas na área de inovação, de forma a aprimorar os sistemas de inferência *fuzzy* propostos inicialmente. Para esta etapa optou-se pela entrevista pessoal direta, com a escolha de um sistema automotivo do qual o entrevistado conhecesse bem. A condução da entrevista seguiu o tipo semi-estruturada, com a possibilidade de posteriormente adaptar a linguagem abordada nas perguntas previamente elaboradas, de forma a melhor adequar-se ao alvo técnico.

O questionário fechado possuía 24 questões, com uma escala Likert de 1 a 5 tanto para a base de comparação, como para as propostas. Concomitantemente ao aprimoramento dos sistemas *fuzzy*, efetuou-se também pequenas melhorias neste questionário cuja versão final pode ser vista integralmente no apêndice C e, como parte importante dos resultados deste trabalho, no item 4.4. Para ilustrar o modelo aplicado junto aos especialistas, parte do mesmo está representado na figura 14.

Figura 14 – Ilustração parcial do questionário fechado aplicado aos especialistas

Questionário aplicado para avaliação de inovação em componentes veiculares

Sistema / componente: _____

Base: _____



Identificação de versão: (A) _____

(B) _____

Nível de diferenciação técnica

Entradas

Projeto e Definição do tipo de forma, formato (design)

Especificação

	Base	A	B	
Aparência ultrapassada ou não perceptível	1	1	1	Igual às atuais no mercado
	2	2	2	
Aparência relativamente conhecida ou de baixa percepção	3	3	3	Diferenciação moderada
	4	4	4	
Aparência ainda única no mercado	5	5	5	Totalmente nova/diferente ao existente no mercado atual

Especificação de materiais

	Base	A	B	
Materiais já conhecidos ou em desuso	1	1	1	Igual às atuais no mercado
	2	2	2	
Alguns materiais diferentes ou relativamente difíceis de se	3	3	3	Diferenciação moderada
	4	4	4	
Materiais ainda raros ou de difícil obtenção	5	5	5	Totalmente nova/diferente ao existente no mercado atual

Fonte: Produção do próprio autor

Os resultados destas primeiras entrevistas foram tabelados em uma planilha em *Excel* e, em seguida, procedeu-se os ajustes ou refinamentos em diversos ciclos de forma a atingir a melhor

aderência do modelo *fuzzy* à realidade (maior proximidade com a análise dos especialistas). Foi utilizada a rotina “ddeinit” (Apêndice D), para obter-se simultaneamente as respostas dos modelos *fuzzy* de todos os dados da tabela. Os sistemas *fuzzy* foram modelados utilizando um parâmetro de comparação entre os dados reais e os resultados do modelo, bem como um coeficiente de correlação também devidamente escolhido e adotado. Especificamente adotou-se o erro (diferença) e o coeficiente de Spearman (REBEKIC et al., 2015).

Para exemplificar a consolidação dos dados no *Excel* dos primeiros sistemas automotivos para aprimoramento dos modelos *fuzzy* iniciais, seguem na tabela 1 as médias calculadas a partir das pontuações e classificações gerais pesquisados juntos aos especialistas dos referidos sistemas veiculares. No capítulo de Discussão dos Resultados (capítulo 4), será apresentado as nove versões dos sistemas veiculares utilizados nesta etapa.

Tabela 1 – Exemplos de coleta e cálculos elaborados a partir da avaliação pelos especialistas

Sistema	A1	A2	A	B1	B2	B3	B	C1	C2	C
Coluna de Direção Tradicional	1,17	1,00	3,00	2,60	2,00	3,00	5,00	2,25	2,00	5,00
Coluna de Direção em Plástico	3,83	1,33	8,00	2,60	2,00	3,00	6,00	2,25	3,33	7,00
Direção Mecânica	2,83	1,00	3,00	2,60	2,50	1,00	4,00	2,75	1,67	4,00
Direção Hidráulica	3,17	2,33	6,00	2,60	2,00	3,00	5,00	3,00	3,00	5,00
Direção Elétrica	3,50	4,00	9,00	2,00	1,50	2,00	4,00	3,75	4,67	9,00
Radio CD Player	1,83	1,33	4,00	4,20	3,00	3,00	7,00	4,00	1,33	6,00
Sistema Multimídia Geração 1	3,00	3,00	7,00	3,40	2,50	3,00	7,00	4,50	3,00	8,00
Sistema Multimídia Geração 2	3,17	3,67	9,00	3,00	2,50	3,00	6,00	4,75	4,00	9,00

Fonte: Produção do próprio autor

Onde:

(A1) Projeto e Especificação

(A2) Funcionalidade

(A) Nível de Diferenciação Técnica (nota geral do especialista)

(B1) Riscos

(B2) Custos

(B3) Tempo

(B) Medida de Negócio (nota geral do especialista)

(C1) VOC

(C2) Tendências

(C) Alinhamento com as VOCs (nota geral do especialista)

Em função da prévia disponibilidade, o *software* utilizado para tratativa dos modelos *fuzzy* foi o *Matlab* R2010 (SIVANANDAM; SUMATHI; DEEPA, 2007). Além disso, o mesmo atenderia os parâmetros adotados nesta referida análise, como por exemplo, a escolha pelo método Mamdani, de uso consolidado e amplamente publicado na literatura (AKGUN et al., 2012). A máquina computacional utilizada para processamento do *Matlab* possuía um processador *Core I7* do fabricante Intel, com 6GB de memória *RAM* e placa de vídeo de 740MB.

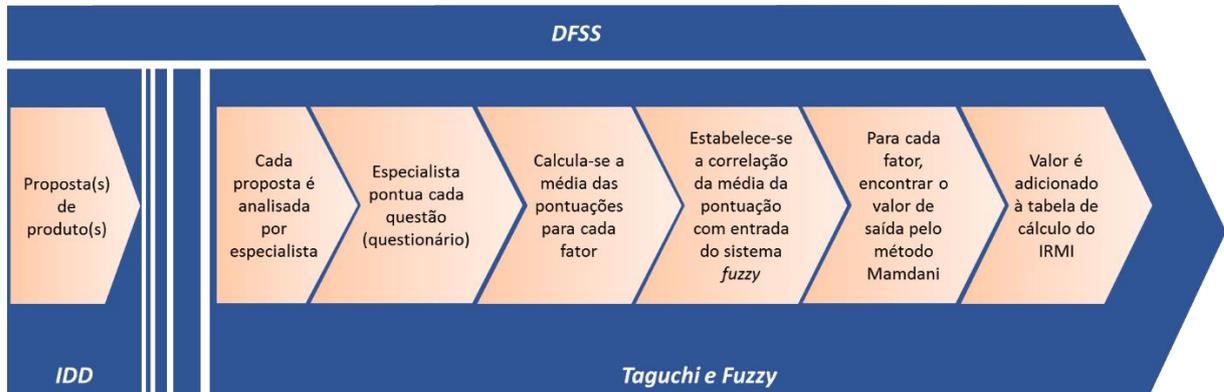
3.3 APLICAÇÃO DOS MODELOS *FUZZY* E DA RELAÇÃO SINAL RUÍDO

Com os modelos *fuzzy* e o questionário fechado devidamente aprimorados, partiu-se para a complementação do modelamento por meio da utilização da relação sinal ruído (S/N) de Taguchi. Ao fim, o objetivo era mensurar as propostas por meio de um índice que tivesse a abrangência de análise até aqui levantada, o qual adotamos o nome neste estudo de Índice Referencial Múltiplo de Inovação ou IRMI.

Na figura 15 representa-se esquemática e situacionalmente onde, no ciclo do DFSS, inseriu-se a análise de Taguchi e *fuzzy*, bem como a dinâmica de avaliação da inovação frente as propostas de conceitos ou ideias de novos produtos. Estas seis etapas descritas, partindo da análise dos sistemas automotivos até a inserção dos valores na tabela de cálculo do IRMI, foram neste estudo estabelecidos, sendo, portanto, parte dos resultados atingidos. Apesar do detalhamento a ser visto na seção 4.5 (Dinâmica da Aplicação da Modelagem *Fuzzy* e Cálculo do IRMI), a figura 15 apresenta resumidamente as referidas atividades que se iniciam pela

análise das propostas, segue com avaliação pelo especialista, cálculo das médias, utilização dos sistemas *fuzzy* e, por fim, alocação dos valores na tabela que possibilitarão o cálculo do IRMI.

Figura 15 – Esquema sequencial da aplicação da análise de Taguchi e sistemas *fuzzy*



Fonte: Produção do próprio autor

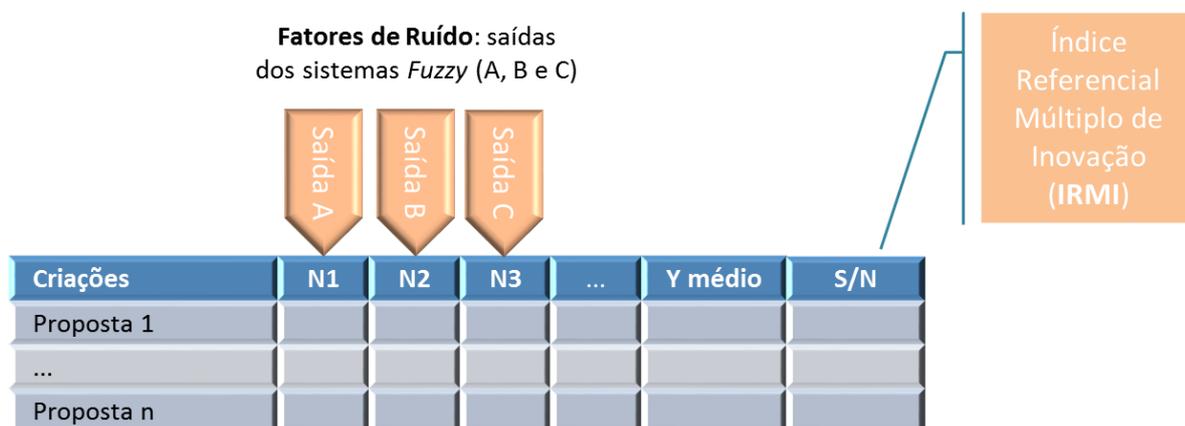
Para chegar a esta dinâmica, determinadas partes do modelamento elaborado foram importantes e algumas delas tiveram de partir de atividades e informações previamente apuradas. Referindo-se aos sistemas *fuzzy*, baseado nas variáveis de análise da inovação pesquisadas, as mesmas compuseram três modelos de inferência distintos, mas que possuíam a mesma característica de saída linguística. Cada um destes sistemas foi subsidiado por entradas de natureza subjetiva que, em geral, podem variar de especialista para especialista. Desta forma, as versões dos sistemas *fuzzy* empregadas no cálculo do IRMI foram as devidamente aprimoradas junto aos especialistas dos primeiros sistemas automotivos analisados.

Cada uma das três categorias formadas agruparam uma quantidade de perguntas diferentes e, para sua consolidação, adotou-se a média simples das pontuações, ao invés de outros tratamentos mais rebuscados e complexos matematicamente, pela finalidade prática que também se busca. Além disso, a adoção de outros parâmetros que pudessem, por exemplo, dar uma ponderação às questões de natureza incertas não trariam mudanças significativas (OZER, 2005). Esta seria a outra vantagem da adoção da lógica *fuzzy*, que em termos práticos pequenas distinções trariam respostas linguísticas potencialmente iguais.

Na continuidade do esquema da figura 15, os resultados dos sistemas *fuzzy* hipoteticamente chamadas de saídas A, B e C (ou poderiam ser mais) foram devidamente alocados na tabela conforme figura 16. A partir da aproximação de cada uma das condições (N1, N2 e N3) de variação, utilizando a equação (1) proposta por Taguchi, Chowdhury e Wu (2005) para quanto maior melhor, foi possível calcular o valor da relação sinal ruído (S/N), o

qual pelo modelamento até aqui proposto, representaria o Índice Referencial Múltiplo de Inovação (IRMI).

Figura 16 – Disposição ilustrativa da tabela de comparação por meio do Índice Referencial Múltiplo de Inovação (IRMI)



Fonte: Produção do próprio autor

Como em toda a análise por Taguchi, é importante que a base de comparação, indicada na figura 16 como “Proposta 1”, esteja sempre presente na avaliação comparativa, seja ela o produto atualmente comercializado no mercado, ou alguma outra proposta já melhor conhecida. O IRMI de uma análise comparativa não é absoluto e sim relativo e seus possíveis valores não poderiam ser comparados em estudos feitos separadamente. Por exemplo, não seria possível utilizar valores de IRMI para comparar um novo sistema de áudio para veículos com uma nova proposta de para-choque.

3.4 PROCESSO DE VALIDAÇÃO

Ao atingir-se a aderência planejada dos sistemas *fuzzy* com a análise junto aos especialistas e a versão final do questionário fechado, foram escolhidos 32 casos da história automobilística, de forma a validarmos os modelos e a comparação via sinal ruído (S/N), o IRMI. Índices referenciais maiores, do tipo quanto maior melhor (MONARREZ; YANEZ, 2015), indicaram não apenas uma característica que promoveria a adoção do projeto do novo produto, mas sim a resultante das categorias a serem formadas.

A escolha dos profissionais e seus respectivos desenvolvimentos teve como direcionador principal à busca em verificar e validar os modelos *fuzzy*, de forma a encontrar a

maior parte das situações previstas nas respectivas bases de regras. Os sistemas de inferência *fuzzy* identificados estão descritos no capítulo seguinte, de Discussão dos Resultados.

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 PESQUISA DAS VARIÁVEIS DE AVALIAÇÃO DA INOVAÇÃO

Em função de uma lacuna científica quanto aos fatores mais importantes para avaliação da inovação em projetos de produtos do setor automotivo, procedeu-se uma pesquisa de campo, de caráter qualitativo, cuja apreciação seguiu as diretrizes de análise de conteúdo propostas por Bardin (1977). As sete respostas recebidas apresentaram-se de formas diferentes, como uma lista ou descrito em texto. Pelo tamanho amostral não ser numeroso em quantidade, possibilitou que toda a amostra fosse analisada em detalhes e, apesar das pequenas diferenças na linguagem, todos apresentaram conteúdos muito semelhantes. Além das diretrizes de análise de conteúdo de Bardin (1977), adotou-se a sequência de análise dividida em cinco fases definidas por Moraes (1999):

i. Preparação das Informações: por meio de uma leitura flutuante (BARDIN, 1977), identificou-se as principais diferenças de conteúdos entre as respostas, além de obter um primeiro entendimento da consistência das mesmas;

ii. Unitarização ou transformação do conteúdo em unidades: uma releitura mais minuciosa foi feita em todos os questionários de forma a encontrar as naturezas semelhantes ou o que Moraes (1999) chama de unidade de análise. Neste caso em específico, não foi encontrado nenhuma informação muito discrepante a ser analisada separadamente;

iii. Categorização ou classificação das unidades em categorias: nesta fase, adotando-se os critérios da exaustividade e da homogeneidade (BARDIN, 1977), obteve-se a classificação principal e respectivas subclassificações;

iv. Descrição: as variáveis foram descritas para a formação das vinte e quatro questões;

v. Interpretação: as variáveis foram melhor detalhadas dentro do contexto dos desenvolvimentos na área automobilística e a linguagem foi melhor descrita e adaptada para o entendimento de profissionais e especialistas que nesta trabalham.

Desta forma, foram identificadas 24 variáveis definindo-se a primeira macro divisão, com o agrupamento das mesmas em 3 categorias que passaram a serem denominadas neste trabalho de **aspectos**, conforme segue abaixo:

A. Nível de Diferenciação Técnica

B. Medida de Negócio

C. Alinhamento com as VOCs

O agrupamento em **aspectos**, as subdivisões adotadas neste trabalho em **fatores** e **questões** foram dispostos conforme o quadro 3.

Quadro 3 – Variáveis importantes na avaliação da inovação de produto

Item	Aspectos	Fatores	Detalhes / Questões
1	Nível de Diferenciação Técnica	Projeto e Especificação	Definição do tipo de forma, formato (design)
2			Especificação de materiais
3			Aplicação nos sistemas veiculares
4			Forma de fabricação
5			Tipo de acabamento (pintura, textura, toque, etc.)
6			Reciclabilidade e preocupação ambiental
7		Funcionalidade	Forma de executar a função principal
8			Fontes de alimentação (matriz energética)
9			Agregar novas funções
10	Medida de Negócio	Riscos	Domínio da tecnologia de produto
11			Domínio da tecnologia de processo de produção
12			Risco de implementação (problemas no desenvolvimento, testes de aprovação, etc.)
13			Análise dos Potenciais modos de falhas (capacidade de prever problemas)
14			Facilidade de ingresso de "novos entrantes" (concorrência seguir novos conceitos)
15		Custos	Impacto do custo do produto para a empresa (produção dedicada, retrabalho, desperdício, etc.)
16			Influência de problemas no campo e respectivos custos
17	Tempo	Tempo de implementação em uma aplicação (ciclo de criação e ciclo de vida do produto)	
18	Alinhamento com as VOCs	VOC	Nível de <i>trade-offs</i> (ganha-se em um aspecto, perde-se em outro) quando sistema sofre modificação
19			Quanto das vozes (expectativas) dos clientes são conhecidas e atendidas
20			Interface com o cliente final
21			Custo de aquisição e manutenção pelo cliente final
22		Tendências	Ciclo da criação de um conceito e seu ciclo de vida
23			Iniciativas semelhantes dos competidores
24			Previsibilidade das tendências para estes sistemas

Fonte: Produção do próprio autor

No primeiro **aspecto**, Nível de Diferenciação Técnica, agrupou-se os fatores e detalhes relacionados com as abordagens mais técnicas, envolvidos com as especificações dos produtos e com suas funcionalidades primárias, secundárias ou outras. Surgiram variáveis interessantes do ponto de vista da contemporaneidade, como a reciclabilidade e matriz energética ou fonte de alimentação. No outro **aspecto**, Medida de Negócio, foram agrupadas as variáveis que afetam o lançamento de um produto novo no mercado, as que envolvem custos, riscos e tempo. Como exemplo, desenvolvimentos muito longos, inviáveis comercialmente, envolvendo riscos e custos elevados acabam pesando, neste caso negativamente, nos processos decisórios de novas propostas. Por último, fortalecendo alguns pontos importantes no direcionamento do processo de criação dos produtos, que seria o atendimento dos clientes e os fatores importantes relacionados (ECHEVESTRE; ROZENFELD; SONEGO, 2016), formou-se o grupo Alinhamento com as VOCs.

De acordo com o critério de exclusividade ou exclusão mútua (MORAES, 1999), um mesmo dado não pode pertencer a duas ou mais categorias diferentes e, desta forma, o entendimento do que cada **aspecto** representaria foi claramente definido. Assim, a variável de custo relacionada a aquisição e utilização por parte do cliente final, foi melhor alocado em Alinhamento com as VOCs ao invés de na Medida de Negócio.

Mesmo com a ausência de um trabalho anterior na literatura, existem outros estudos com várias semelhanças da identificação das variáveis levantadas nesta pesquisa. Alguns dos itens relacionados por Li et al. (2014) referenciam-se a porção da especificação técnica do projeto de produtos inovadores, como cores, tamanhos e formato. Além disso, o estudo comenta também acerca da importância da função do produto e fatores correlatos, que afetam também o negócio, como a durabilidade e taxa de falhas em campo. Certamente, os aspectos relacionados para a VOC são os norteadores principais neste trabalho de Li et al. (2014).

Além de ressaltar questões como a importância do desenvolvimento de novos produtos e da inovação, no estudo de Badizadeh e Khanmohammadi (2011) também existem coincidências nos três **aspectos** levantados. Os pesquisadores chamam atenção a aspectos relacionados à tecnologia (produto e produção), conhecimento do mercado (necessidades dos clientes), dos competidores, dos riscos e custos.

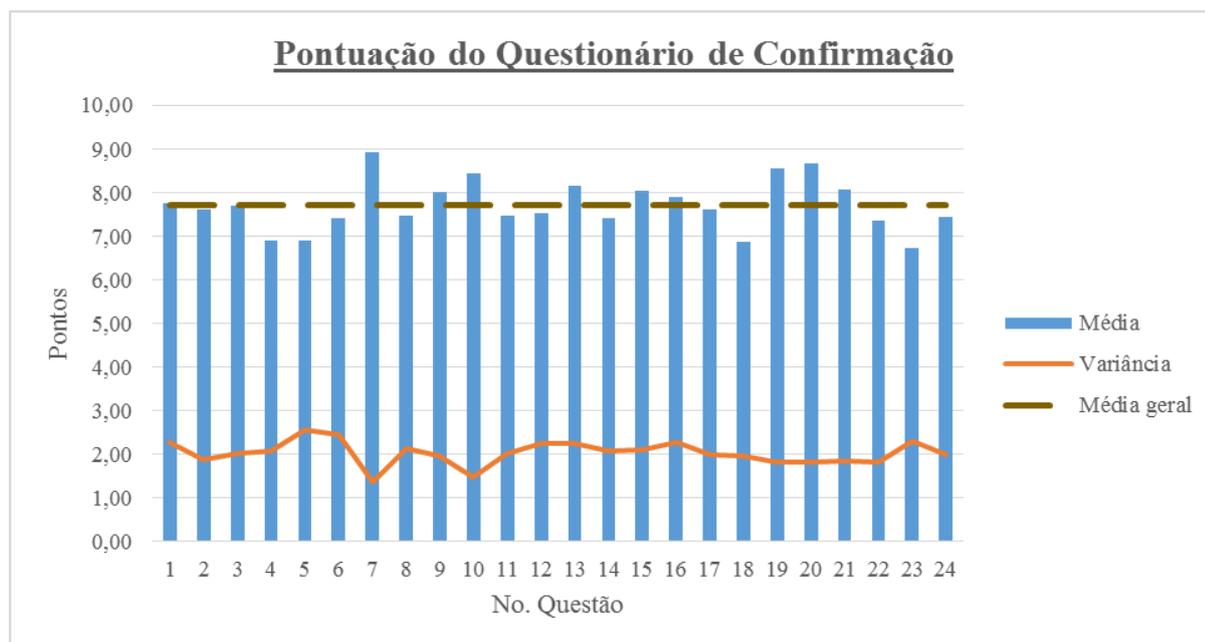
Foulquié, Alemán e Escudero (2004) além de ressaltar a relevância da inovação de produto, do processo decisório de escolha e definição, de uma forma mais genérica, também descreve fatores importantes para este último. Dentre algumas características semelhantes, pode-se citar a questão técnica, custos, ciclo de vida do produto, satisfação dos clientes, aceitação, oportunidade de mercado (tendências), entre outros.

Apesar dos itens relacionados no quadro 3 terem sido pesquisados junto a profissionais há muito tempo trabalhando com o assunto, bem como da reputação quanto as decisões junto a suas lideranças, este levantamento foi submetido a uma nova etapa de confirmação simples. Por meio de um questionário contendo os 24 itens e uma escala Likert de grau de importância, os mesmos foram pontuados de 1 (menos importante) a 10 (mais importante) por diversos profissionais diretamente ligados à área de desenvolvimento e pesquisa, dentro do setor em estudo.

Para validar o instrumento (o questionário confirmatório), foi realizado um pré-teste com 10 profissionais e estudantes de uma faculdade de engenharia que resultaram em pequenas modificações na descrição das questões. O questionário revisado foi então enviado a 105 pessoas, com 80 respostas consideradas válidas (76,2%) por meio de um formulário elaborado no *Google forms*, cujo *link* na internet foi enviado via *e-mail*. A amostra apresentou uma predominância de pessoas do sexo masculino (87,5%), com idades entre 36 a 45 anos representando mais de 42% dos entrevistados. Apesar de um grande número de profissionais com até 10 anos de experiência na área, 40% dos pesquisados tinham de 11 a 20 anos em suas funções. Com uma certa predominância da quantidade de envolvidos das áreas de chassi e carroceria, a distribuição por especialidade de um veículo foi relativamente equivalente, incluindo uma área menos correlata com as demais que é motor e transmissões. Os detalhes contendo as imagens do questionário do *Google forms* e o perfil da amostra pesquisada constam no apêndice C.

Sobre as pontuações recebidas (figura 17), a menor média foi de 6,74 que corresponde ao item “23 - Iniciativas semelhantes dos competidores” e a maior média foi de 8,93 que seria “7 - Forma de executar a função principal”. De uma maneira geral os demais itens receberam pontuações altas cujas médias variaram entre 7 e 8, com variâncias próximos a 2. Fazendo uma avaliação da pontuação máxima que cada item poderia receber (quantidade da amostra x 10), todos os 24 itens obtiveram uma porcentagem acima dos 65%, demonstrando a relativa importância destas variáveis na avaliação comparativa entre produtos atuais e a serem lançados no mercado. Baseado nesta amostragem, com o objetivo de confirmar a confiabilidade do instrumento, foi calculado o valor do alfa de Cronbach de 0,92, com o uso do programa *Minitab* versão 17, representando um valor adequado dentro do critério de ser maior que 0,7 proposto por Hair Jr. et al. (2009).

Figura 17 – Pontuações recebidas dos profissionais da área de desenvolvimento



Fonte: Produção do próprio autor

4.2 QUESTIONÁRIO PRELIMINAR DE AVALIAÇÃO DA INOVAÇÃO

A aplicação do questionário fechado aos especialistas em desenvolvimento de diversos sistemas automotivos foi realizada por meio de entrevista semi-estruturada (ROWLEY, 2012), escolhendo 9 casos que notadamente evoluíram em termos de inovação ao longo da sua história neste setor. Os sistemas escolhidos e suas respectivas versões constam do quadro 4.

Levando-se em conta o objetivo final do questionário fechado, após a aplicação deste aos especialistas em desenvolvimento de diversos sistemas automotivos a quantidade de itens não foi reduzida para manter de forma mais abrangente todos os aspectos, considerados os mais relevantes, na análise do sistema automotivo (ROWLEY, 2012).

No quadro 4, a coluna “versão” identifica a referência atual e a proposta, ou propostas, a serem analisadas relativamente. Assim, denominou-se como “base” o sistema corrente em produção no mercado, a referência conhecida. Chamou-se de “nova” o que seria uma proposta de produto inovador, que em maior ou menor grau (inovação radical, incremental ou de sistema), apresentar-se-ia como uma alternativa supostamente a ser desenvolvida e, posteriormente, lançada no mercado.

Quadro 4 – Sistemas veiculares e suas respectivas versões

Sistema veicular	Versão
Direção Mecânica	base
Direção Hidráulica	nova 1
Direção Elétrica	nova 2
Freio Normal	base
Freio com ABS	nova
Central Multimídia	base
Central Multimídia para celular	nova
Coluna de Direção Tradicional	base
Coluna de Direção Plástica	nova

Fonte: Produção do próprio autor

Os primeiros sistemas mencionados foram utilizados para proceder a melhoria de precisão dos 3 modelos de inferência *fuzzy* e respectivas bases de regras. Como parâmetro de correlação foi adotado o coeficiente de Spearman, cujos modelos resultantes neste estudo atingiram, 0,87, 0,90 e 0,86 para “Nível de Diferenciação Técnica”, “Medida de Negócio” e “Alinhamento com as VOCs”, respectivamente.

4.3 SISTEMAS FUZZY

Cada **aspecto** A, B e C gerou um sistema de inferência *fuzzy*, os quais foram aprimorados por meio dos 9 sistemas automotivos iniciais (conforme quadro 4) com as análises juntos aos especialistas. Inicialmente, os três modelos partiram de funções lineares simples, do tipo triangulares, uma vez que, em geral, as mesmas se adaptam satisfatoriamente às variáveis de natureza linguística (LIANG; WANG, 1993). Entretanto, dentro do que foi apurado, alguns sistemas apresentaram pequenos ganhos de acurácia com funções do tipo gaussianas, os quais foram assim adotados em substituição aos modelos iniciais.

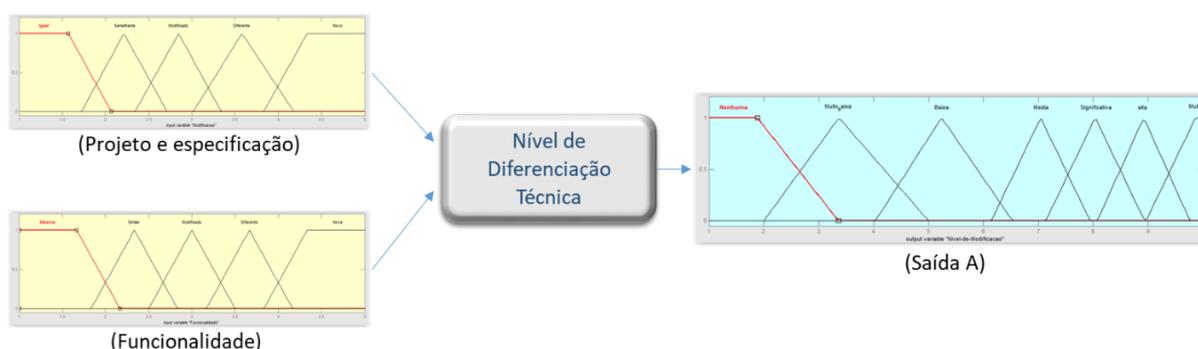
Um ponto em comum aos três modelos de inferência *fuzzy* é que apesar do universo de discurso de saída também contemplar valores de 0 a 5, ao longo dos ciclos de melhoria foi concluído a necessidade de revisar o mesmo. Foi assim adotado o intervalo de 0 a 10, o qual trouxe melhor adequação dos modelos frente às situações reais, bem como à análise por parte dos respectivos especialistas.

4.3.1 Nível de Diferenciação Técnica

Funções de Pertinência

A figura 18 apresenta as funções de pertinência de entrada (entradas Projeto e Especificação e Funcionalidade) e saída para o Nível de Diferenciação Técnica.

Figura 18 – Estrutura do modelo *fuzzy* (A)



Fonte: Produção do próprio autor com a utilização do programa *Matlab* R2010

No **aspecto** da análise técnica, verificou-se que as características tanto do produto em si, como formas, materiais, acabamento, entre outros e suas funções possuem comportamentos muito semelhantes quanto ao modelamento final do nível de diferenciação. Pela função de saída (saída A), é possível notar que níveis baixos de entradas trazem resultados muito semelhantes, ou seja, resultam em poucas mudanças das classificações *crisp* de diferenciação. Conforme são analisados valores de entradas maiores, as correspondentes classificações de saída variam mais rápida e notadamente.

Base de Regras

Com cinco diferentes classificações linguísticas tanto para Projeto e Especificação quanto para Funcionalidade, tem-se então um conjunto de 5x5 regras, totalizando 25, conforme quadro 5. Essa maior quantidade de classificações diferentes para cada entrada foi necessária para a adequada distinção dos detalhes acerca deste modelo relacionado a porção técnica.

A base de regras foi elaborada com auxílio dos especialistas da área e posteriormente validada por meio do banco de dados real, conforme descrito em métodos.

Quadro 5 – Base de regras (A)

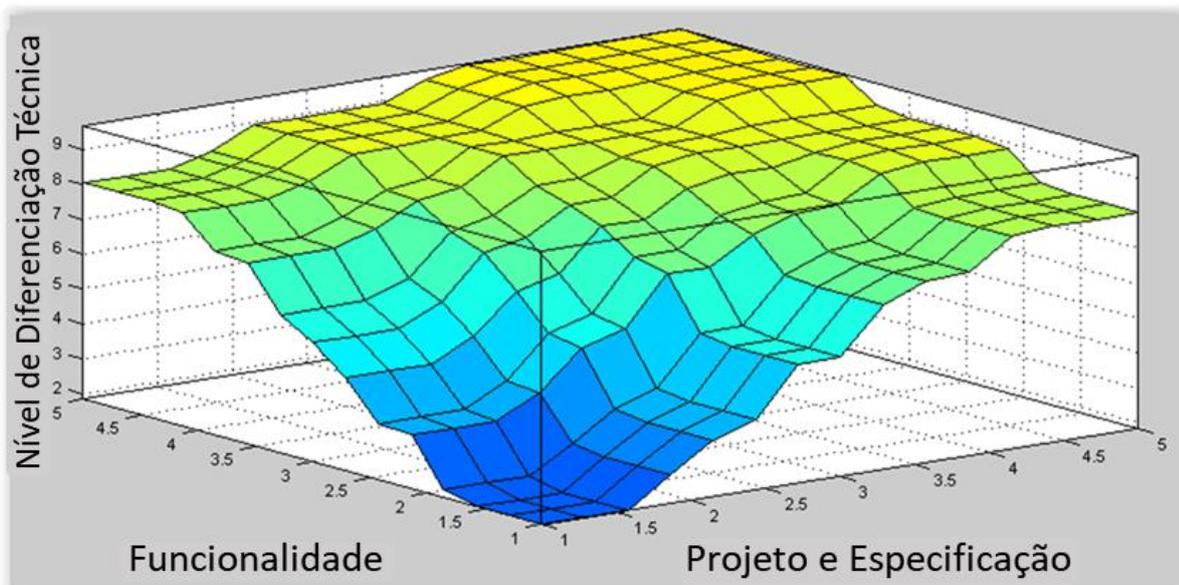
No.	Se	E	Então
	<i>Projeto e Especificação</i>	<i>Funcionalidade</i>	
1	Igual	Mesma	Nenhuma
2	Igual	Similar	Muito Baixa
3	Igual	Modificado	Baixa
4	Igual	Diferente	Média
5	Igual	Nova	Significativa
6	Semelhante	Mesma	Muito Baixa
7	Semelhante	Similar	Baixa
8	Semelhante	Modificado	Média
9	Semelhante	Diferente	Significativa
10	Semelhante	Nova	Alta
11	Modificado	Mesma	Baixa
12	Modificado	Similar	Média
13	Modificado	Modificado	Significativa
14	Modificado	Diferente	Alta
15	Modificado	Nova	Alta
16	Diferente	Mesma	Média
17	Diferente	Similar	Significativa
18	Diferente	Modificado	Alta
19	Diferente	Diferente	Alta
20	Diferente	Nova	Muito Alta
21	Novo	Mesma	Significativa
22	Novo	Similar	Alta
23	Novo	Modificado	Alta
24	Novo	Diferente	Muito Alta
25	Novo	Nova	Muito Alta

Fonte: Produção do próprio autor

Superfície

Na figura 19 representa-se a superfície tridimensional para o Nível de Diferenciação Técnica.

Figura 19 – Superfície (A)



Fonte: Produção do próprio autor com a utilização do programa *Matlab* R2010

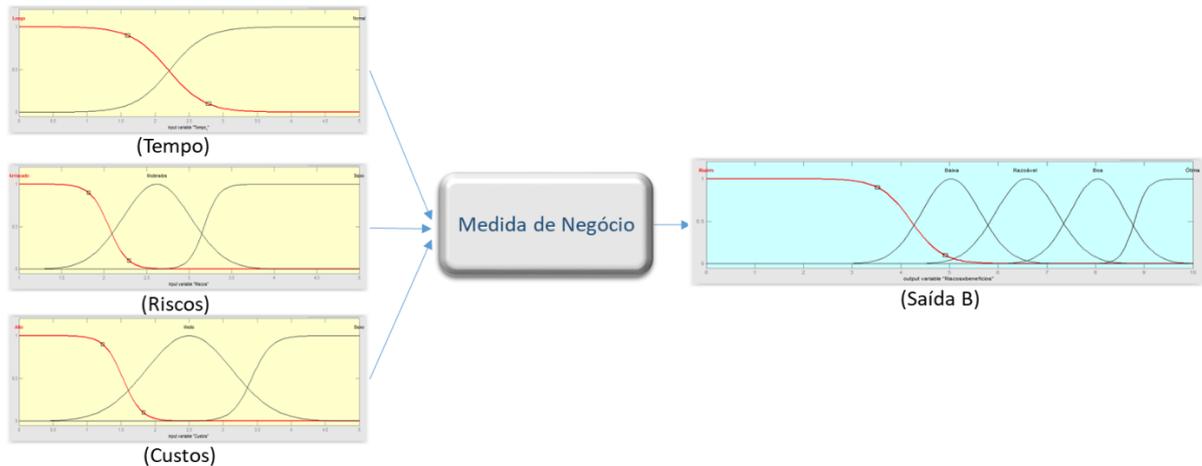
A análise da superfície (A) facilita a percepção da variação das duas entradas de uma forma muito semelhantes. Em valores de entradas maiores, percebe-se o quanto impactam para classificações do nível de diferenciação técnicas mais altas e distintas. Em outras palavras, para o cliente final, pequenas mudanças no produto e na funcionalidade do mesmo, trazem pouca percepção quanto ao entendimento de inovação.

4.3.2 Medida de Negócio

Funções de Pertinência

A figura 20 apresenta as funções de pertinência de entrada (entradas Tempo, Riscos e Custos) e saída para a Medida de Negócio. As funções que melhor aderiram à análise dos casos foram do tipo gaussianas.

Figura 20 – Estrutura do modelo *fuzzy* (B)



Fonte: Produção do próprio autor com a utilização do programa *Matlab* R2010

Apesar da classificação mais simples do fator tempo, neste caso apenas longo e normal, no questionário aplicado aos especialistas, percebeu-se que ele acaba contribuindo para compor a análise deste **aspecto**, da Medida de Negócio. Desenvolvimentos longos, acabam afetando a atratividade quanto a implementação da ideia. As demais entradas, riscos e custos, apresentaram curvas muito semelhantes, mostrando que quanto maiores os seus valores, mais favoráveis quanto aos valores de saída.

Base de Regras

Com três diferentes classificações linguísticas para Riscos, Custos e Tempo, tem-se então um conjunto de $2 \times 3 \times 3$ regras, totalizando 18, conforme quadro 6.

A base de regras foi elaborada com auxílio dos especialistas da área e posteriormente validada por meio do banco de dados real, conforme descrito em métodos.

Superfície

Na figura 21 representa-se as três possíveis superfícies tridimensionais para a Medida de Negócio.

Em função das três entradas, os gráficos de superfície podem formar três combinações de representação, conforme as variações dispostas na figura 21. Como também pode ser notado nas funções de pertinência, características relacionadas a custos e riscos acabam tendo impactos

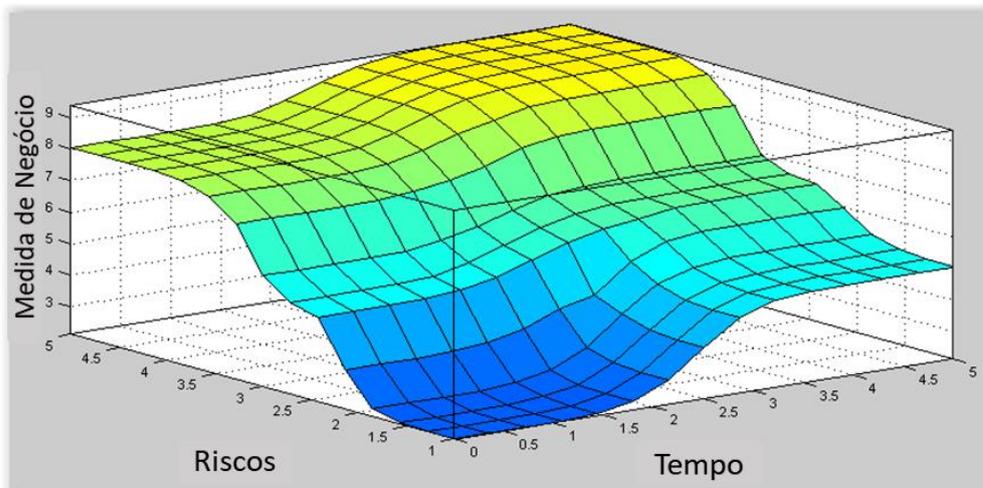
semelhantes nos processos de tomadas de decisão. Entretanto, quando as mesmas são confrontadas com o tempo, confirma-se que a decisão correlacionada com o custo afeta fortemente na saída de Medida de Negócio, elevando as classificações linguísticas favoráveis principalmente para valores menores desta variável, ou seja, para custos relativamente menores.

Quadro 6 – Base de regras (B)

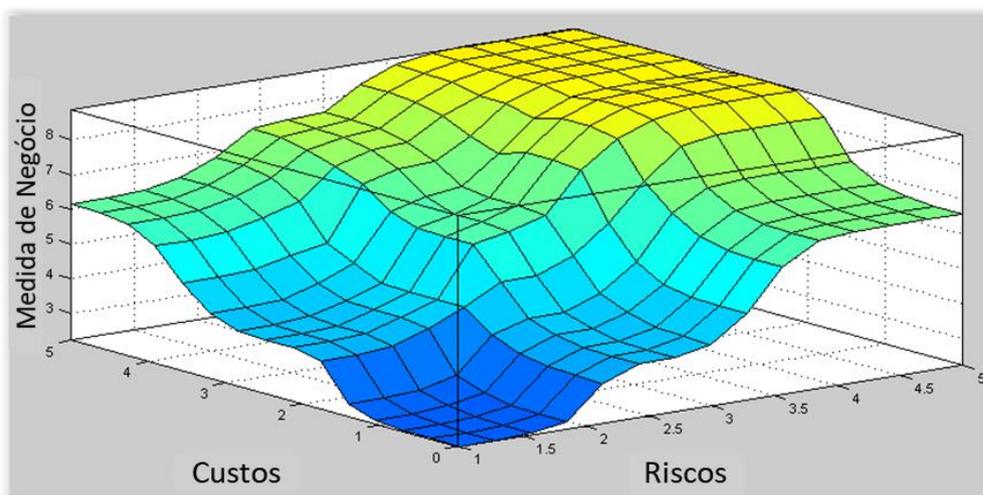
No.	Se	E	E	Então
	<i>Tempo</i>	<i>Riscos</i>	<i>Custo</i>	
1	Longo	Arriscado	Alto	Ruim
2	Normal	Arriscado	Alto	Ruim
3	Longo	Moderado	Alto	Ruim
4	Normal	Moderado	Alto	Baixa
5	Longo	Baixo	Alto	Razoável
6	Normal	Baixo	Alto	Razoável
7	Longo	Arriscado	Médio	Ruim
8	Normal	Arriscado	Médio	Baixa
9	Longo	Arriscado	Baixo	Baixa
10	Normal	Arriscado	Baixo	Razoável
11	Longo	Moderado	Médio	Baixa
12	Normal	Moderado	Médio	Razoável
13	Longo	Moderado	Baixo	Razoável
14	Normal	Moderado	Baixo	Boa
15	Longo	Baixo	Médio	Boa
16	Normal	Baixo	Médio	Ótima
17	Longo	Baixo	Baixo	Boa
18	Normal	Baixo	Baixo	Ótima

Fonte: Produção do próprio autor

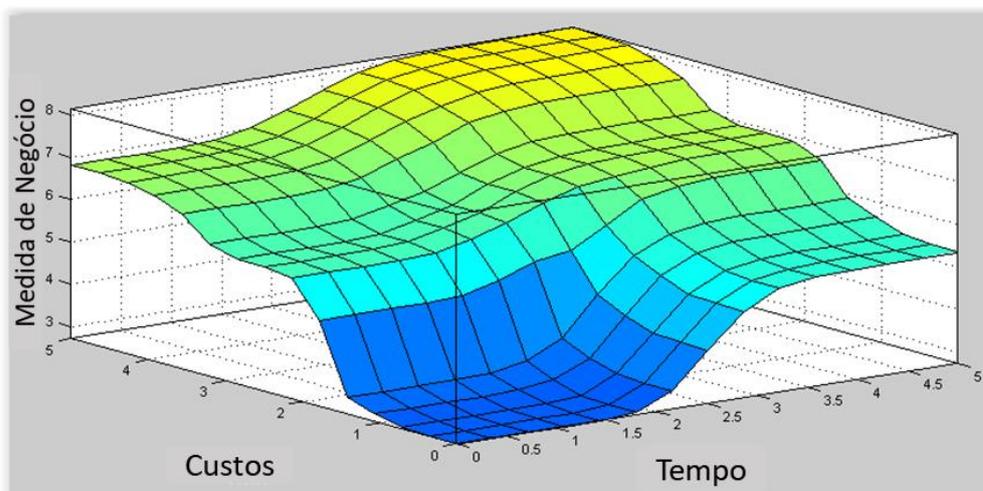
Figura 21 – Superfícies (B): (a) Tempo x Riscos, (b) Riscos x Custos e (c) Tempo x Custos



(a) Tempo x Riscos



(b) Riscos x Custos



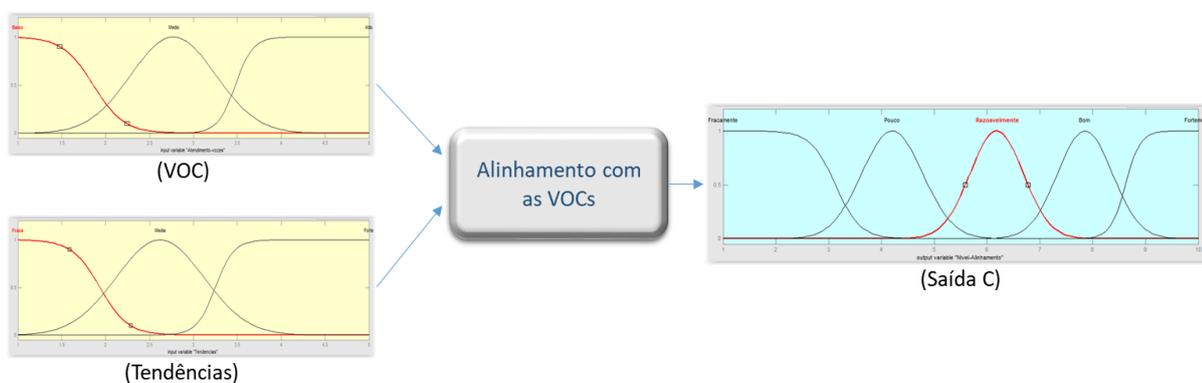
(c) Tempo x Custos

4.3.3 Alinhamento com as VOCs

Funções de Pertinência

A figura 22 apresenta as funções de pertinência de entrada (entradas VOC e Tendências) e saída para o Alinhamento com as VOCs. As funções que melhor aderiram à análise dos casos foram do tipo gaussianas.

Figura 22 – Estrutura do modelo *fuzzy* (C)



Fonte: Produção do próprio autor com a utilização do programa *Matlab* R2010

Neste **aspecto**, do alinhamento com os clientes, quando se refere a desenvolvimento de novos produtos, analisar as tendências é tão importante quanto o atendimento as VOCs. Analogamente ao **aspecto** anterior, saídas de valores baixos, como por exemplo 1 ou 2, acabam tendo a mesma classificação linguística.

Base de regras

Com três diferentes classificações linguísticas tanto para VOC quanto para Tendências, tem-se então um conjunto de 3x3 regras, totalizando 9, conforme quadro 7.

A base de regras foi elaborada com auxílio dos especialistas da área e posteriormente validada por meio do banco de dados real, conforme descrito em métodos. Este caso foi o mais beneficiado pela utilização de sistemas veiculares historicamente conhecidos, uma vez que possibilitou o melhor modelamento, principalmente das tendências, visto já conhecer-se atualmente como foram evoluindo detalhes como iniciativas dos competidores, ciclos de criação e outros relacionados.

Quadro 7 – Base de regras (C)

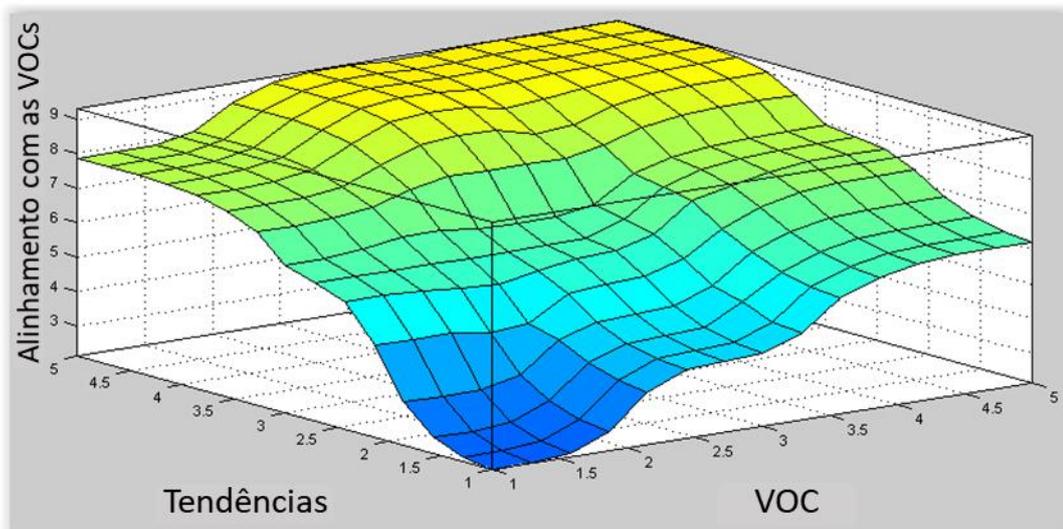
No.	Se	E	Então
	<i>VOC</i>	<i>Tendências</i>	
1	Baixo	Fraca	Fraco
2	Baixo	Média	Razoável
3	Baixo	Forte	Bom
4	Médio	Fraca	Pouco
5	Médio	Média	Razoável
6	Médio	Forte	Forte
7	Alto	Fraca	Razoável
8	Alto	Média	Bom
9	Alto	Forte	Forte

Fonte: Produção do próprio autor

Superfície

Na figura 23 representa-se a superfície tridimensional para o Alinhamento com as VOCs.

Figura 23 – Superfície (C)



Fonte: Produção do próprio autor com a utilização do programa *Matlab* R2010

Este é um caso interessante onde fica nítido que, apesar das semelhanças nas funções de entrada, não significa necessariamente um comportamento (da resultante de ambas) semelhante quanto a resposta do modelo *fuzzy*. Percebe-se pelo gráfico de superfície (C) que atender o cliente, as suas vozes, apesar de importantes, quando se trata em tomada de decisão de um produto que entrará no mercado daqui alguns anos, conhecer as tendências acaba tendo um impacto sutilmente mais relevante e decisivo.

4.4 QUESTIONÁRIO FINAL DE AVALIAÇÃO DA INOVAÇÃO

Para as entrevistas e análises realizadas com os especialistas, tanto para o refino dos modelos *fuzzy*, quanto para validação do questionário, utilizou-se apenas um cabeçalho simples, que pode ser facilmente alterado dependendo da potencial aplicação. A formatação final do mesmo pode ser verificada no apêndice C.

Título: Questionário aplicado para avaliação de inovação em componentes veiculares

Sistema / componente: _____

Base: _____

Identificação de versão: (A) _____

(B) _____

As 24 questões foram dispostas em quadros divididos em 3 partes. Abaixo seguem as perguntas e respectivas descrições das escalas para o produto “base” e para as demais “versões”. As escalas do tipo Likert de 1 a 5, tiveram descrições nas opções 1, 3 e 5, apenas para darem uma orientação de uma escala contínua e, desta forma, foram suprimidas das opções 2 e 4 para a melhora no aspecto visual do questionário para o entrevistado.

A. Nível de Diferenciação Técnica

Projeto e Especificação

1) Definição do tipo de forma, formato (*design*)

Base	Versões
[1] Aparência ultrapassada ou não perceptível	[1] Igual às atuais no mercado
[3] Aparência relativamente conhecida ou de baixa percepção	[3] Diferenciação moderada
[5] Aparência ainda única no mercado	Totalmente nova/diferente ao existente no mercado atual

2) Especificação de materiais

Base	Versões
[1] Materiais já conhecidos ou em desuso	[1] Igual às atuais no mercado
[3] Alguns materiais diferentes ou relativamente difíceis de se obter	[3] Diferenciação moderada
[5] Materiais ainda raros ou de difícil obtenção	[5] Totalmente nova/diferente ao existente no mercado atual

3) Aplicação nos sistemas veiculares

Base	Versões
[1] Somente aplicação tradicional ou outras amplamente conhecida(s)	[1] Igual às atuais no mercado
[3] Aplicação tradicional ou em sistemas similares, mas ainda atual	[3] Diferenciação moderada
[5] Aplicação ou adaptação ainda não usual, específica	[5] Totalmente nova/diferente ao existente no mercado atual

4) Forma de fabricação

Base	Versões
[1] Somente processo(s) tradicional(is) ou em desuso	[1] Igual às atuais no mercado
[3] Algum(ns) processo(s) diferenciado(s)	[3] Diferenciação moderada
[5] Processo(s) avançado(s) ou ainda raro(s)	[5] Totalmente nova/diferente ao existente no mercado atual

5) Tipo de acabamento (pintura, textura, toque, etc.)

Base	Versões
[1] Acabamento tradicional comum ou não aplicável	[1] Igual às atuais no mercado
[3] Acabamento parcialmente diferenciado ou ainda raro	[3] Diferenciação moderada
[5] Acabamento ainda raro e/ou com características diferenciadas	[5] Totalmente nova/diferente ao existente no mercado atual

6) Reciclabilidade e preocupação ambiental

Base	Versões
[1] Baixa reciclabilidade ou em atraso a tecnologia atual	[1] Igual às atuais no mercado
[3] Reciclabilidade moderada/parcial ou necessita avanços	[3] Diferenciação moderada
[5] Alta reciclabilidade	[5] Totalmente nova/diferente ao existente no mercado atual

Funcionalidade

7) Forma de executar a função principal

Base	Versões
[1] Formas tradicionais ou em desuso de execução	[1] Mesma forma de execução aos conceitos atuais
[3] Formas parcialmente diferenciadas	[3] Execução de outra forma com certo grau de diferenciação
[5] Formas avançadas ou diferenciada para realizar função	[5] Forma revolucionária de execução

8) Fontes de alimentação (matriz energética)

Base	Versões
[1] Sem fonte ou são conhecidas/tradicionais	[1] Mesma fonte das atualmente conhecidas
[3] Fontes pouco diferenciadas ou ainda com consumo moderado	[3] Fonte diferente ou de melhor consumo
[5] Fontes ainda pouco exploradas ou de baixíssimo consumo	[5] Fonte totalmente nova ou com consumos muito baixos

9) Agregar novas funções

Base	Versões
[1] Função única já amplamente conhecida ou não agrega novas	[1] Executa a mesma função das atuais
[3] Agrega alguma nova função, não perceptível diretamente	[3] Agrega funções conhecidas em adição a atual
[5] Agrega nova(s) função(ões) incluindo as não perceptíveis diretamente	[5] Adiciona novas funções ainda não conhecidas ou não exploradas

B. Medida de Negócio**Riscos**

10) Domínio da tecnologia de produto

Base	Versões
[1] Tecnologia simples ou relativamente complexa mas sem domínio	[1] Tecnologia em desenvolvimento ou ainda sem domínio
[3] Tecnologia com certo grau de complexidade ou com pouco domínio	[3] Tecnologia nova e/ou com dificuldades de domínio
[5] Tecnologia complexa dominada ou melhor que a concorrência	[5] Tecnologia nova factível ou já plenamente em domínio

11) Domínio da tecnologia de processo de produção

Base	Versões
[1] Tecnologia simples ou relativamente complexa mas sem domínio	[1] Tecnologia de processo em desenvolvimento ou ainda sem domínio
[3] Tecnologia com certo grau de complexidade ou com pouco domínio	[3] Tecnologia de processo nova e/ou com pouco domínio
[5] Tecnologia complexa dominada ou melhor que a concorrência	[5] Tecnologia de processos nova factível ou já plenamente em domínio

12) Risco de implementação (problemas no desenvolvimento, testes de aprovação, etc.)

Base	Versões
[1] Implementação conhecida e/ou ainda com problemas	[1] Novos modos de falhas ainda não conhecidos e sem prevenção
[3] Relativa dificuldade de previsão	[3] Algum novo modo de falha pode ocorrer
[5] Plena capacidade previsão mesmo para produtos novos	[5] Novos modos de falhas mas preveníveis

13) Análise dos Potenciais modos de falhas (capacidade de prever problemas)

Base	Versões
[1] Conhecidas apenas p. correntes e/ou com dificuldade de previsão	[1] Novos modos de falhas ainda não conhecidos e sem prevenção
[3] Relativa dificuldade de previsão	[3] Algum novo modo de falha pode ocorrer
[5] Plena capacidade previsão mesmo para produtos novos	[5] Novos modos de falhas mas preveníveis

14) Facilidade de ingresso de "novos entrantes" (concorrência seguir novos conceitos)

Base	Versões
[1] Alta concorrência atual e/ou similaridades no mercado	[1] Facilmente dominado pela concorrência
[3] Certa diferenciação e dificuldade pela concorrência	[3] Concorrência terá certa dificuldade
[5] Produto já é diferenciado de difícil concorrência	[5] Diferenciação e/ou dificuldade para concorrência

Custos

15) Impacto do custo do produto para a empresa (produção dedicada, retrabalho, desperdício, etc.)

Base	Versões
[1] Custos altos para produtos tradicionais e/ou para diferenciá-lo	[1] Custos envolvidos muito altos
[3] Custos relat. alto p/ produtos pouco diferenciados ou p/ diferenciá-los	[3] Impacto significativo nos custos
[5] Custos baixos p/ produtos melhorados e/ou na busca diferenciação	[5] Baixo impacto nos custos internos da empresa

16) Influência de problemas no campo e respectivos custos

Base	Versões
[1] Garantia atual alta ou com tendência a permanecer alta	[1] Problemas de garantia e/ou com baixa expectativa de melhora
[3] Garantia atual é razoável e sem tendência de melhora	[3] Problemas e respectivos custos em nível aceitável
[5] Garantia atual baixa e/ou com tendência a cair	[5] Poucos problemas em garantia /ou tendência de melhora

Tempo

17) Tempo de implementação em uma aplicação (ciclo de criação e ciclo de vida do produto)

Base	Versões
[1] Pequenas mudanças no produto significam tempo longo de implementação e/ou ciclo de vida do produto reduzido	[1] Longo tempo para lançamento baseado no ciclo de vida
[3] Somente pequenas mudanças são feitas em tempo razoável	[3] Tempo normal de lançamento
[5] Mudanças significativas com tempo reduzido ou razoável	[5] Curto tempo para lançamento baseado no ciclo de vida

C. Alinhamento com as VOCs

VOC

18) Nível de trade-off's (ganha-se em um aspecto, perde-se em outro) quando sistema sofre modificação

Base	Versões
[1] Cliente percebe a deterioração ou perda completa	[1] Cliente perderá outras funções ou características perceptíveis
[3] Baixa quantidade de deterioração	[3] Alguns inconvenientes poderão ocorrer
[5] Ausência de inconveniências ou deterioração é imperceptível	[5] Não ocorrerão perdas/inconveniências com novos ganhos

19) Quanto das vozes (expectativas) dos clientes são conhecidas e atendidas

Base	Versões
[1] Produto não atende ou VOCs não são realmente conhecidas	[1] VOCs ainda desconhecidas ou pouco atendidas
[3] Produto atende parcialmente ou necessita melhor entendimento das VOCs	[3] VOCs conhecidas com algumas incertezas ou atende parcialmente
[5] Produto atende plenamente ou possui pouco espaço para melhorias	[5] VOCs compreendidas e atendidas ou superadas

20) Interface com o cliente final

Base	Versões
[1] Cliente não percebe ou não verbaliza precisamente sobre produto	[1] Possíveis ganhos não seriam percebidos pelo cliente final
[3] Cliente pode perceber possíveis melhorias	[3] Modificações ou funcionalidades podem ser percebidas
[5] Percepção altamente afetada e/ou contribuindo p/ melhoria satisfatória	[5] Interface direta ou facilmente percebida pelo cliente

21) Custo de aquisição e manutenção pelo cliente final

Base	Versões
[1] Custos desvantajosos e/ou relação aquisição/manutenção é ruim	[1] Alto custo para o cliente e/ou baixo valor percebido
[3] Relação custo de aquisição/manutenção é razoável	[3] Custo adequado na aquisição e manutenção
[5] Custos condizentes, vantajosos ou ao menos precificável	[5] Custo muito vantajoso para o cliente (baixo) ou alto valor agregado/percebido

Tendências

22) Ciclo da criação de um conceito e seu ciclo de vida

Base	Versões
[1] Ciclo de criação demorado e/ou com ciclo de vida curto	[1] Tempo de desenvolvimento longo ou ciclo de vida curto
[3] Ciclo de criação moderado e/ou ciclo de vida médio	[3] Tempo de desenvolvimento normal ou ciclo de vida tradicional
[5] Ciclo de criação curto e/ou com ciclo de vida longo	[5] Tempo de desenvolvimento baixo e/ou ciclo de vida longo

23) Iniciativas semelhantes dos competidores

Base	Versões
[1] Competidores adotam mesma solução ou conhecem iniciativas	[1] Competidores trabalham nas mesmas iniciativas
[3] Competidores seguem parte das iniciativas ou conhecem parcialmente	[3] Competidores trabalham em iniciativas parcialmente semelhantes
[5] Iniciativas contra concorrência são exclusivas ou não conhecem	[5] Apresenta vantagem em relação aos competidores

24) Previsibilidade das tendências para estes sistemas

Base	Versões
[1] Tendência já prevista pela concorrência ou de conhecimento da indústria	[1] Pode facilmente ser previsto pela concorrência
[3] Tendência é parcialmente conhecida pela concorrência e pela indústria	[3] Apresenta uma certa vantagem competitiva
[5] Concorrência ou indústria ainda não conhece a tendência para o sistema (concorrência pode estar em direção oposta ou quebra de paradigma)	[5] Apresenta diferencial competitivo em função da dificuldade de previsão

4.5 DINÂMICA DA APLICAÇÃO DA MODELAGEM FUZZY E CÁLCULO DO IRMI

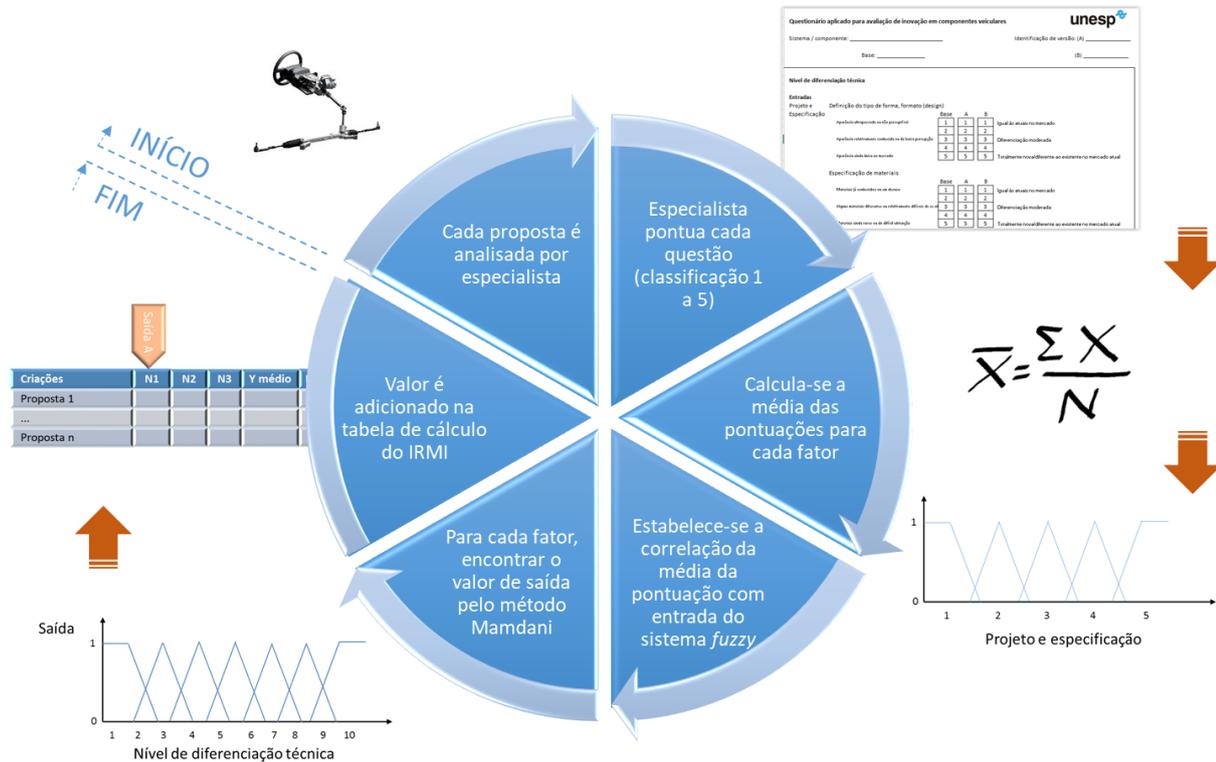
Com base nos sistemas de inferência *fuzzy* elaborados para os três **aspectos** A, B e C, conforme mencionado no método de pesquisa (capítulo 3) e esquematicamente ilustrado na figura 16, estariam assim correlacionados:

- A. Nível de Diferenciação Técnica => **N1**
- B. Medida de Negócio => **N2**
- C. Alinhamento com as VOCs => **N3**

Um dos resultados importantes deste trabalho foi a análise composta de seis etapas proposta para o cálculo do IRMI, o qual inserido no contexto da fase de “otimização” do DFSS (figura 15), proporcionou a adequada tratativa dos estudos de componentes automotivos quanto a inovação. Esquematicamente, a figura 24 mostra a sequência destas etapas de um dos **aspectos**, o Nível de Diferenciação Técnica.

A sequência inicia-se pela análise das propostas junto ao especialista que, norteando-se pelos itens do questionário de avaliação da inovação, pontua as características inerentes a cada produto e/ou proposta. Os valores apurados por meio do questionário têm suas médias aritméticas tabeladas para, na sequência, serem utilizadas como entradas do modelo *fuzzy*. Este forneceria o valor da saída correspondente. O valor de saída é então inserido na tabela de cálculo do IRMI, cujo valor é obtido por meio da equação (1) apresentada no capítulo 2.

Figura 24 – Etapas para o cálculo do IRMI



Fonte: Produção do próprio autor

Esta sequência de etapas se mostrou adequada tanto para os trabalhos de refino dos sistemas *fuzzy*, quanto para a confirmação da modelagem na análise da validação. Analogamente, foi aplicada para os demais **aspectos** de Medida de Negócio e Alinhamento com as VOCs.

4.6 VALIDAÇÃO

A validação é um processo cujo objetivo principal consiste na avaliação de quanto o modelo se aproxima do comportamento do sistema no mundo real (SEILA, 1995). Dentre as técnicas mais comumente utilizadas, pode-se citar (SARGENT, 2011; TURRIONI; MELLO, 2012):

- i. **Observação da animação:** modelo disposto graficamente variando em função do tempo;
- ii. **Comparação com sistema atual:** comparativo de valores das variáveis e a situação real;

iii. Comparação com modelos devidamente validados: outros modelos existentes e devidamente estudados;

iv. Mudanças nos parâmetros de entrada: confronto entre valores de entrada e saída para entender respostas do sistema real;

v. Validação por aparência: análise por pessoas com conhecimento a respeito do sistema;

vi. Teste com dados históricos do sistema real: utilização de resultados passados, parte para construção do modelo e outra para confrontar com sistema no mundo real;

vii. Condução de *turing tests*: comparativo entre valores de respostas dados pelo modelo e pelo sistema modelado, com o intuito de encontrar e implementar pequenas mudanças no modelo em conjunto com o pesquisador;

viii. Desenvolvimento do modelo juntamente com o usuário: envolvimento do usuário no estudo de simulação;

ix. Recorrer a especialistas: auxílio de especialistas em sistemas similares, seja por partes ou mesmo do modelo todo.

Nesta pesquisa a validação planejada contemplou uma combinação de diversas das tipologias mencionadas acima, mas dentre elas pode-se destacar o teste com dados históricos do sistema real (vi) e o auxílio de especialistas (ix). O uso de sistemas automotivos historicamente conhecidos (listados na tabela 3) favoreceu sobremaneira, evitar questões de caráter ético e outras quanto ao sigilo técnico, além de facilitar a observância quanto a inovação.

4.6.1 Exemplo de Um Sistema Automotivo

De forma a ilustrar como cada sistema automotivo foi utilizado para validar os modelos de inferência *fuzzy*, escolheu-se aleatoriamente um dos casos analisados com o auxílio dos respectivos especialistas, que foi a coluna do sistema de direção. Neste caso em específico, a coluna dita tradicional ou mais conhecida no mundo automotivo é constituída essencialmente por materiais metálicos, enquanto a proposta, que mais tarde tornou-se uma patente de uma das empresas envolvidas neste estudo, seria composta por partes em ligas poliméricas ou simplesmente conhecida no mercado como “de plástico”.

Seguindo a porção pertinente do método descrito no capítulo 3, aplicou-se o “*Questionário aplicado para avaliação de inovação em componentes veiculares*” (modelo e conteúdo também podem ser vistos no apêndice C) junto ao especialista para pontuar tanto a

coluna base, quanto a versão proposta, obtendo-se assim os valores para os três **aspectos** A, B e C. Na sequência, foram então calculadas as médias das notas, cujos valores constam na tabela 2.

De posse destes valores para cada fator, os mesmos foram introduzidos como sendo as entradas em seus respectivos modelos de inferência *fuzzy*. Por exemplo, os valores resultantes de A1 e A2, que seriam Projeto e Especificação e Funcionalidade respectivamente, foram utilizados como entradas para o modelo de Nível de Diferenciação Técnica, previamente refinado e gravado por meio do programa computacional Matlab. Este modelo composto pelas duas entradas mencionadas tem como resultado uma saída que, em sua natureza, representaria quanto um sistema se diferenciaria tecnicamente do outro, dentro de um determinado grau de pertinência. Na figura 18, representou-se apenas esquematicamente entradas e saída deste exemplo.

Tabela 2 – Avaliação do sistema Coluna de Direção

Sistema	A1	A2	A	B1	B2	B3	B	C1	C2	C
Coluna de Direção Tradicional	1,17	1,00	3,00	2,60	2,00	3,00	5,00	2,25	2,00	5,00
Coluna de Direção em Plástico	3,83	1,33	8,00	2,60	2,00	3,00	6,00	2,25	3,33	7,00

Fonte: Produção do próprio autor

Onde:

(A1) Projeto e Especificação

(A2) Funcionalidade

(A) Nível de Diferenciação Técnica (nota geral do especialista)

(B1) Riscos

(B2) Custos

(B3) Tempo

(B) Medida de Negócio (nota geral do especialista)

(C1) VOC

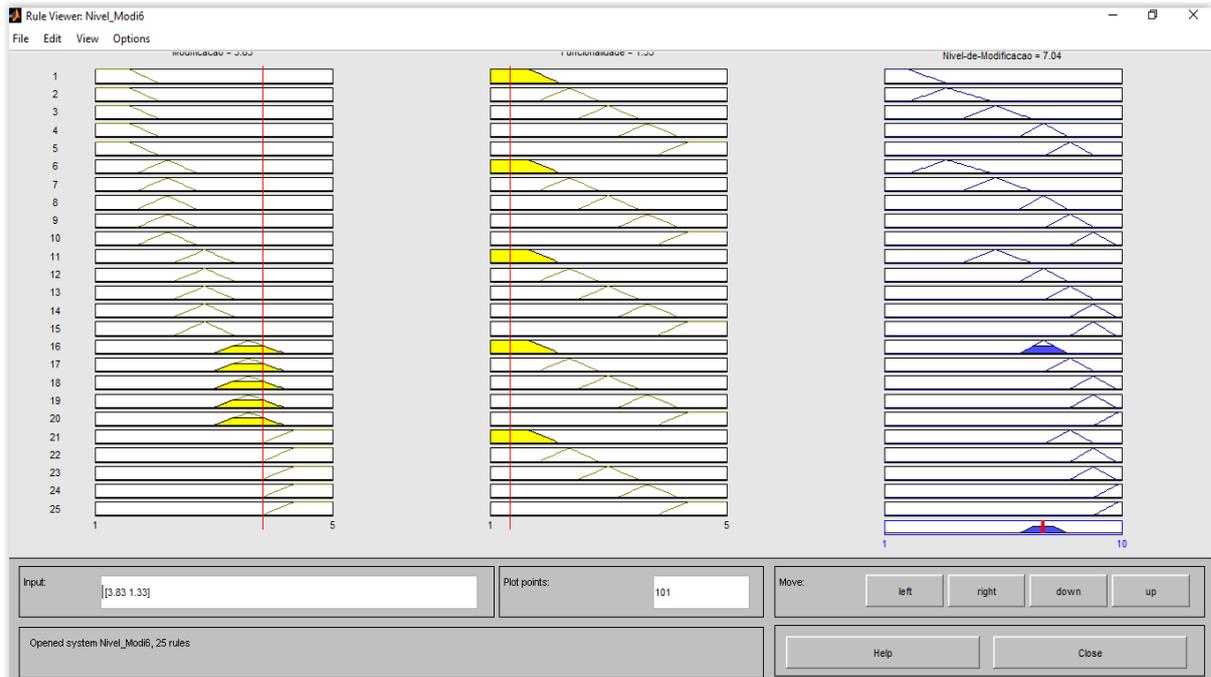
(C2) Tendências

(C) Alinhamento com as VOCs (nota geral do especialista)

Tanto a Coluna de Direção Tradicional quanto a em Plástico possuem uma determinada saída. Para ilustrar este mecanismo de entradas e saída, na figura 25 é possível verificar as

regras acionadas pela Coluna em Plástico, os valores introduzidos como entradas e a respectiva saída do sistema *fuzzy* (não do especialista), neste caso 7,04, o qual seria utilizado para a validação.

Figura 25 – Ilustração (*Rule viewer*) das regras acionadas e saída para a Coluna de Direção em Plástico



Fonte: Produção do próprio autor com a utilização do programa *Matlab* R2010

Este exemplo descrevendo o processo para a obtenção da entrada N1, relacionado ao Nível de Diferenciação Técnica (todas as etapas podem ser vistas na figura 26), seria o mesmo seguido na análise dos demais **aspectos**, Medida de Negócio e Alinhamento com as VOCs. Cada um destes **aspectos**, com seus modelos de inferência *fuzzy* correlacionados B e C, fornecendo as respectivas entradas N2 e N3 para a tabela de cálculo do IRMI.

Por meio deste sistema automotivo e dos demais escolhidos neste estudo (ver seção 4.7) foram realizadas as análises confirmatórias entre os valores dados por especialistas, em cada uma das suas especialidades, com os resultados advindos de cada um dos três sistemas *fuzzy*. Como dito anteriormente, a principal medida adotada foi a comparação por um coeficiente estatístico, o coeficiente de Spearman pelas razões também já descritas.

Tabela 3 – Cálculo do IRMI para sistemas automotivos

Sistema	N1	N2	N3	S/N IRMI	Diferença [%]
Direção Mecânica	5,3	4,2	4,6	13,3	
Direção Hidráulica	7,6	4,7	6,5	15,4	21,5%
Direção Elétrica	9,1	2,7	9,3	12,7	-6,9%
Freio com Acionamento Tradicional	7,6	6,6	5,6	16,2	
Freio com ABS	9,6	6,0	7,8	17,4	13,2%
Coluna de Direção Tradicional	1,8	4,7	4,9	9,0	
Coluna de Direção em Plástico	7,0	4,7	7,9	15,6	53,7%
Cinto de Segurança Padrão	2,4	7,9	5,1	11,1	
Cinto Seg. Retrator sem Pré-Tensionador	8,5	8,7	6,6	17,8	53,6%
Cinto Seg. Retrator com Pré-Tensionador	9,1	9,0	9,2	19,2	60,6%
Radio CD Player	2,4	6,9	6,1	11,3	
Sistema Multimídia Geração 1	8,0	6,5	7,9	17,4	50,8%
Sistema Multimídia Geração 2	8,9	6,4	9,3	17,9	53,6%
Pneu Padrão	4,3	9,2	5,3	14,7	
Pneu com Baixa Resistência à Rolagem	8,8	6,5	4,6	15,5	9,3%
Roda de Aço	4,0	8,3	5,8	14,5	
Roda de Liga Leve	4,3	8,3	5,2	14,5	0,2%
Roda de Fibra de Carbono	8,5	5,6	9,3	17,2	26,6%
Tampa Traseira em Aço	1,9	9,4	6,0	9,8	
Tampa Traseira em Alumínio	6,0	9,2	4,3	15,0	45,1%
Tampa Traseira em Magnésio	8,0	8,9	8,8	18,6	63,8%
Revestimento de Teto em Vinil	3,5	2,5	4,6	10,2	
Revestimento de Teto em PU	8,5	9,3	7,8	18,6	62,3%
Tampa Traseira de <i>Pick Up</i> tradicional	5,2	9,4	7,8	16,6	
Tampa Traseira de <i>Pick Up</i> com Redutor	8,4	5,7	9,2	17,2	6,3%
Grade Frontal Tradicional	3,2	9,1	7,1	13,7	
Grade Frontal "Ativa"	8,9	8,2	9,1	18,8	44,3%
Revestimento de Teto com Acústica Padrão	4,2	9,3	7,6	15,4	
Revestimento de Teto com Atenuante Acústico	8,0	9,4	9,3	18,9	33,4%
Controle dos Comandos de AC por Cabo	3,3	2,8	3,3	9,8	
Controle dos Comandos de AC por Motor Elétrico	9,1	9,3	9,2	19,3	66,7%
Controle dos Comandos de AC Mix	7,6	7,8	5,9	16,8	55,7%

Fonte: Produção do próprio autor

O valor da diferença percentual foi calculado pela equação (3) (TAGUCHI; CHOWDHURY; WU, 2005):

$$D\% = \left[1 - \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{S/N_2 - S/N_1}{6}} \right] \times 100\% \quad (3)$$

Onde:

SN2: Valor sinal ruído da nova versão

SN1: Valor sinal ruído da versão base

Com exceção de um dos casos, a do sistema de direção elétrica, todas as propostas comparadas com o atual apresentaram valores maiores de IRMI, mostrando que os mesmos teriam um indicativo, um suporte no processo de tomada de decisão satisfatório.

No momento da entrevista para preenchimento dos casos mencionados, houve um viés relacionado ao conhecimento do sucesso da implementação do sistema, ou seja, as pontuações foram sendo dadas com a prévia experiência do componente, sem nenhuma dúvida do desempenho do mesmo durante o seu ciclo de vida. Desta forma, corrigiu-se o curso do preenchimento das notas, como se existisse apenas o sistema base atual. Por exemplo, quando pontuou-se o sistema de direção elétrica, partiu-se do princípio que haviam apenas os sistemas mecânicos e hidráulicos no mercado. Deste modo, e assim foi na realidade, simulando-se esta ocasião no tempo, percebe-se que na esfera da Medida de Negócio o novo sistema com auxílio elétrico apresentava um valor muito baixo, neste caso apenas 2,7, bem menor que os outros dois valores, mesmo apresentando uma boa performance nos valores de N1 (Nível de diferenciação técnica) e N3 (Alinhamento com as VOCs).

Por meio deste exemplo do sistema de direção, é possível também ressaltar a vantagem do método adotado neste trabalho, pois apesar do valor mais importante ser o do IRMI, existe a oportunidade de entender de onde adviriam os motivos dos valores calculados. Em vários exemplos citados na tabela 3, percebe-se que mesmo que existam altos indicativos técnicos ou de negócio, sem os aspectos abordados nesta para o atendimento ao cliente final, a decisão pelo IRMI não seria de seguir em frente.

5 COMENTÁRIOS FINAIS

5.1 CONCLUSÕES DA PESQUISA

Mesmo existindo algumas tentativas de analisar a inovação em diversos ramos de pesquisa, não foi ainda encontrado o resultado o qual este estudo se propôs, uma modelagem de natureza quantitativa, para comparação entre sistemas automotivos existentes e novos, possibilitando a mensuração em números por meio do IRMI. Apesar do uso combinado dos métodos de Taguchi e da lógica *fuzzy* apresentarem um aumento das publicações por pesquisadores espalhados pelo mundo, o uso que foi proposto neste trabalho tem uma abordagem inédita, apresentando uma nova variação deste tipo de análise combinada.

Com o objetivo de entender as variáveis mais importantes para a análise da inovação, tanto as relacionadas aos aspectos técnicos, como as de mercado, de clientes e do negócio em si, foi necessário proceder a pesquisa em campo com o uso de instrumentos e dos métodos mais adequados. Essas variáveis, dentro do escopo deste estudo, não existiam na literatura científica e apresentavam uma lacuna de pesquisa, a qual foi realizada dentro das delimitações propostas.

Entre os próprios especialistas envolvidos com o processo decisório de desenvolvimentos de sistemas automotivos, existem certas diferenças de opiniões e critérios as quais foram consideradas próprias da natureza linguística destes tipos de análises. Desta forma, a modelagem por meio dos sistemas de inferência *fuzzy* proporcionou a adequada tratativa das incertezas e imprecisões inerentes ao ser humano. Ao final, os modelos *fuzzy* propostos mostraram-se muito satisfatórios com os resultados apresentados por meio da análise dos sistemas propostos na validação.

A preocupação com a validade científica adotando processos, metodologias e abordagens validadas, não impossibilitaram a utilização de ferramentas como programas de computador e cálculos relativamente acessíveis, para que tanto os pesquisadores, como os profissionais ligados à área de desenvolvimento e inovação, possam fazer uso dos resultados deste trabalho. Certamente, o uso dessas abordagens não somente acessíveis, mas como também adequadas, fazem-se cumprir com o quarto objetivo específico proposto neste trabalho.

Estendendo-se ainda no contexto das possibilidades, este estudo resultou em modelos *fuzzy* executáveis e de baixos custos, os quais poderiam ser utilizados também como módulos de inferência de um sistema baseado em conhecimento. Como exemplos de aplicações mais específicas, poderia ser utilizado por qualquer indústria automobilística que dispusesse de dados (referente aos questionários do produto existente e do produto inovador) por meio até

mesmo de aplicativos para *tablets* ou *smartphones*, por exemplo. Como dito anteriormente, estes resultados poderiam sobremaneira serem aplicados como auxiliares práticos a gestores e outros profissionais nos processos de tomada de decisão, baseando-se nas direções estimadas por meio do IRMI.

REFERÊNCIAS

- AKGUN, A. et al. An easy-to-use MATLAB program (MamLand) for the assessment of landslide susceptibility using a Mamdani fuzzy algorithm, **Computers & Geosciences**, 38, p. 23–34, 2012.
- ALVAREZ, J.C. Lean design for Six Sigma: An integrated approach to achieving product reliability and low-cost manufacturing, **International Journal of Quality & Reliability Management**, Vol. 32, Issue: 8, p. 895-905, 2015.
- AMER, Y.; LUONG, L.; LEE, S.H. Case study: Optimizing order fulfilment in a global retail supply chain, **International Journal of Production Economics**, 127, p. 278–291, 2010.
- ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira**, 2017, 13 p.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**, Edições 70 LDA., Portugal, Tradução Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro, 1977, 226 p.
- BADIZADEH, A.; KHANMOHAMMADI, S. Developing a Fuzzy model for assessment and selection of the best idea of new product development, **Indian Journal of Science and Technology**, Vol. 4, No. 12, 2011.
- BEHRENS, J. A Lack of Insight: An Experimental Analysis of R&D Managers' Decision Making in Innovation Portfolio Management, **Creativity and Innovation Management**, Volume 25, Issue 2, p. 239–250, 2016.
- BERTRAND, J.W.M.; FRANSOO, J.C. Modelling and Simulation - Operations management research methodologies using quantitative modeling, **International Journal of Operations & Production Management**, Vol. 22, No. 2, p. 241-264, 2002.
- BRENNEMAN, W.A.; R. MYERS, W.R. Robust Parameter Design with Categorical Noise Variables. In: 47th Annual Fall Technical Conference of the Chemical and Process Industries Division and Statistics Division, El Paso, USA, **Journal of Quality Technology**, Vol. 35, No. 4, p. 335-341, 2003.
- BUSTINCE, H. et al. A Historical Account of Types of Fuzzy Sets and Their Relationships, **IEEE Transactions of Fuzzy Systems**, Vol. 24, No. 1, 2016.
- CHOWDHURY, S. Design for Six Sigma: The revolutionary process for achieving extraordinary profits, **Dearborn Trade Publishing**, USA, 2002, 179 p.
- CORTINA, J.M. What Is Coefficient Alpha? An Examination of Theory and Applications, **Journal of Applied Psychology**, Vol. 78, No. 1, p. 98-104, 1993.
- CRONBACH, L.J. Test "Reliability": Its Meaning and Determination, **Psychometrika**, Volume 12, Issue 1, p. 1–16, 1947.

DRIANKOV, D.; HELLENDORN, H.; REINFRANK, M. **An Introduction to Fuzzy Control**, Springer – Verlag Berlin Heidelberg, Germany, 1996, 316 p.

DUNDON, E. **The Seeds of Innovation**, American Management Association, USA, 2002, 240 p.

ECHEVESTE, M.E.; ROZENFELD, H; SONEGO, M. Potential Application of Six Sigma tool in the integrated product development process, **The Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering**, 38, p. 2499-2511, 2016.

EKEL, P. Multiobjective and multiattribute decision making in a fuzzy environment and their power engineering applications, **Information Sciences**, p. 361–362, p. 100–119, 2016.

EKMEKCIA, I.; KOKSAL, M. Triz Methodology and an Application Example for Product Development, **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, 195, p. 2689 – 2698, 2015.

ELING, K.; GRIFFIN, A.; LANGERAK, F. Using Intuition in Fuzzy Front-End Decision-Making: A Conceptual Framework, **Journal of Product Innovation Management**, 31(5), p. 956–972, 2014.

FEO, J.A.; BAR-EL, Z. Creating strategic change more efficiently with a new Design for Six Sigma process, **Journal of Change Management**, Vol. 3, 1, 60–80, 2002.

FOULQUIÉ, P.C.; ALEMÁN, J.L.M.; ESCUDERO, A.I.R. Criteria employed for go no go decisions when developing successful highly innovative products, **Industrial Marketing Management**, 33, p. 307– 316, 2004.

FRANCIS, D.; BESSANT, J. Targeting innovation and implications for capability development, **Technovation**, 25, p. 171–183, 2005.

GADERMANN, A.M., GUHN, M.; ZUMBO, B.D. Estimating ordinal reliability for Likert-type and ordinal item response data: A conceptual, empirical, and practical guide. **Practical Assessment, Research & Evaluation**, Volume 17, Number 3, 2012.

GARCÍA, V.G.A.; LAFUENTE, A.M.G., CALDERÓN, G.G.A. A Fuzzy Logic Approach towards Innovation Measurement, **Global Conference on Business and Finance Proceedings**, Volume 10, Number 1, 2015.

GIARRATANO, J.; RILEY, G. **Expert Systems Principles and Programming**, 3rd ed., Boston: PWS Publishing Company, 1998, 595 p.

GIJO, E.V.; SCARIA, J. Product design by application of Taguchi's robust engineering using computer simulation, **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, Vol. 25, No. 9, p. 761–773, 2012.

GUITOUNI, A.; MARTEL, J.M. Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method, **European Journal of Operational Research**, 109, p. 501-521, 1998.

HAIR JR. et al., **Análise Multivariada de Dados**, Bookman, 6 ed., Porto Alegre, 2009, 688 p.

HE, Y.; TANG, X.; CHANG, W. Technical Decomposition Approach of Critical to Quality Characteristics for Product Design for Six Sigma, **Quality and Reliability Engineering International**, Vol. 26, issue 4, p. 325-339, 2009.

HOMENDA, W.; JASTRZEBSKA, A.; PEDRYCZ, W. Multicriteria decision making inspired by human cognitive processes, **Applied Mathematics and Computation**, 290, p. 392–411, 2016.

HSIANG, S.H.; LIN, Y.W.; LAI, J.W. Application of fuzzy-based Taguchi method to the optimization of extrusion of magnesium alloy bicycle carriers, **Journal of Intelligent Manufacturing**, 23, p. 629–638, 2012.

HWANG, C.C.; CHANG, C.C.; LIU, C.T. A Fuzzy-Based Taguchi Method for Multiobjective Design of PM Motors, **IEEE Transactions on Magnetics**, Vol. 49, No. 5, 2013.

IONESCU, A.; DUMITRU, N.R. The Role of Innovation in Creating the Company's Competitive Advantage, **Ecoforum**, Vol. 4, issue 1, 2015.

JOOLY, A. **The Growing Business Handbook**, 14th Edition, Kogan Page, London, UK, 2012, 235 p.

JOU, Y.T. et al. A study on the improvements of new product development procedure performance – an application of design for Six Sigma in a semi-conductor equipment manufacturer, **International Journal of Production Research**, Vol. 48, No. 19, p. 5573–5591, 2010.

JUPP, M.L.; CAMPEAN, I.F., TRAVCENKO J. Application of TRIZ to Develop an In-Service Diagnostic System for a Synchronous Belt Transmission for Automotive Application. In: 2nd International Through-life Engineering Services Conference, Cranfield, **Procedia CIRP 11**, p. 114-119, 2013.

KOREN, R.; PALCIC, I. The impact of technical and organisational innovation concepts on product characteristics, **APEM - Advances in Production Engineering & Management**, Volume 10, Number 1, p. 27–39, 2015.

LI, X. et al. Innovative Product Design Based on Comprehensive Customer Requirements of Different Cognitive Levels, **The Scientific World Journal**, Article ID 627093, 11 pages, 2014.

LIANG, G.S.; WANG, M.J.J. Evaluating Human Reliability Using Fuzzy Relation, **Microelectronics Reliability**, Volume 33, Issue 1, p. 63-80, 1993.

MARAFON, A.L. et al. The effectiveness of multi-criteria decision aid methodology – A case study of R&D management, **European Journal of Innovation Management**, Vol. 18, No. 1, p. 86-109, 2015.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. **Fundamentos de Metodologia Científica**, Editora Atlas, 8a. Edição, São Paulo, 2017, 346 p.

MAST, J.; DIEPSTRATEN, G.; DOES, R.J.M.M. Quality Quandaries: Design for Six Sigma: Method and Application, **Quality Engineering**, 23, p. 204–211, 2011.

MEISSNER, D.; KOTSEMIR, M. Conceptualizing the Innovation Process Towards the ‘Active Innovation Paradigm’ – Trends and Outlook, **Journal of Innovation and Entrepreneurship**, 5:14, 2016.

MENDEL, J.M. Fuzzy Logic Systems for Engineering: A Tutorial, **Proceedings of the IEEE**, Vol. 83, No. 3, 1995.

MERIGÓ, J.M.; LAFUENTE, A.M.G., R. YAGER, R.R. An overview of fuzzy research with bibliometric indicators, **Applied Soft Computing**, 27, p. 420–433, 2015.

MERINO, E.A.D.; MERINO, G.S.A.D.; WAGNER, A. Design Management: Application of the CDS Model for Business Diagnostics and the Creation of Competitive Advantage, **Interciencia**, vol. 42, no. 2, p. 80-87, 2017.

MESA, F.B; LINDAHL, J.M.M.; LAFUENTE, A.M.G. A Bibliometric Analysis of Fuzzy Decision Making Research, **IEEE Xplore**, p. 1 – 4, 2017.

MIGUEL, P.A.C. et al. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**, Rio de Janeiro, Elsevier, 2012, 260 p.

MINGSHUN, Y. et al. An innovative DFSS approach for multivariate production process, **Journal of Chemical and Pharmaceutical Research**, 6(2), p. 221-225, 2014.

MONARREZ, M.R.P.; YANEZ, J.F.O. Weibull and lognormal Taguchi analysis using multiple linear regression, **Reliability Engineering and System Safety**, 144, p. 244–253, 2015.

MORAES, R. Análise de Conteúdo, **Revista Educação**, v. 22, n. 37, p. 7-32, 1999.

OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development, **G20 Innovation Report 2016**, China, 63 p.

OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development, **Oslo Manual, Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data**, Third Edition, 2005, 163 p.

OH, J.; YANG, J.; LEE, S. Managing uncertainty to improve decision-making in NPD portfolio management with a fuzzy expert system, **Expert Systems with Applications**, 39, p. 9868–9885, 2012.

OKOROKOV, V.R.; KALCHENKO, O.A. An Innovative Project Evaluation Technique Under Conditions of Information Uncertainty, **International Journal of Business and Information**, vol. 10, no. 2, 2015.

OMAN, S.K. et al. A comparison of creativity and innovation metrics and sample validation through in-class design projects, **Research in Engineering Design**, 24, p. 65–92, 2013.

OZER, M. Factors which influence decision making in new product evaluation, **European Journal of Operational Research**, 163, p. 784–801, 2005.

PETERSON, R.A. A Meta-Analysis of Cronbach's Coefficient Alpha, **Journal of Consumer Research**, Vol. 21, No. 2, p. 381-391, 1994.

RADU, L.D. Investments in Technological Innovations: A Literature Review of Organization Determinants, **European Scientific Journal**, SPECIAL edition vol.1, 2015.

RAFIQUE, S.M.S.M. The Use of Design for Six Sigma (DFSS) Methodology in Product Design. In: 2013 World Congress on Engineering, London, U.K., **Proceedings of the World Congress on Engineering**, Vol. 1, 2013.

RAZMAK, J.; AOUNI, B. Decision Support System and Multi-Criteria Decision Aid: A State of the Art and Perspectives, **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, Anal. 22, p. 101–117, 2015.

REBEKIC, A. et al., Pearson's or Spearman's Correlation Coefficient – Which One to Use?, **Faculty of Agriculture in Osijek - Poljoprivreda/Agriculture**, 2015.

ROWLEY, J. Conducting Research Interviews, **Management Research Review**, Vol. 35, p. 260-271, 2012.

ROWLEY, J.; BAREGHEH, A.; SAMBROOK, S. Towards an innovation-type mapping tool, **Management Decision**, Vol. 49, Issue: 1, p.73-86, 2011.

SAEED, R. et al. The Impact of Voice of Customer on New Product Development, **World Applied Sciences Journal**, 24 (9), p. 1255-1260, 2013.

SANDRI, S., CORREA, C. Lógica Nebulosa, **V Escola de Redes Neurais, Promoção: Conselho Nacional de Redes Neurais**, p. c073-c090, 1999.

SARGENT, R.G. Verification and Validation of Simulation Models. In: 2011 Winter Simulation Conference, Phoenix, USA, **IEEE Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference**, 2011.

SEILA, A.F. Introduction to Simulation. In: 1995 Winter Simulation Conference, Arlington, USA, **IEEE Proceedings of the 1995 Winter Simulation Conference**, 1995.

SIMSIT, Z.T.; VAYVAY, O.; OZTURK, O. An outline of innovation management process: building a framework for managers to implement innovation, **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, 150, p. 690 – 699, 2014.

SIVANANDAM, S.N.; SUMATHI, S.; DEEPA, S.N. **Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB**, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Germany, 2007, 430 p.

SMETS, P. Imperfect information: Inprecision – Uncertainty, **UMIS - Var Unc.**, Université Libre de Bruxelles, p.1–35, 1999.

TAGUCHI, G.; CHOWDHURY, S.; WU, Y. **Taguchi's Quality Engineering Handbook**, Wiley, ASI Consulting Group, USA, 2005, 1696 p.

TANAKA, K. **An Introduction to Fuzzy Logic for Practical Applications**, Springer Rassel Inc., 1991, 138 p.

TIUC, D.; DRAGHICI, G. TRIZ Model Used for Complaint Management in the Automotive Product Development Process, **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, 221, p. 414 – 422, 2016.

TRIVINO, G.; SUGENO, M. Towards linguistic descriptions of phenomena, **International Journal of Approximate Reasoning**, 54, p. 22–34, 2013.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C.H.P. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção**, Unifei, Itajubá, MG, Brasil, 2012.

VICKERS, P; SCHIPPERINJ, F. **Design for Six Sigma Project Leader Training booklet**, General Motors University, 2013, 1098 p.

VIEIRA, S. **Como Elaborar Questionários**, São Paulo, Ed. Atlas, 2009, 159 p.

WAIDI, A.A. Employment of Questionnaire as Tool for Effective Business Research Outcome: Problems and Challenges, **Global Economic Observer**, Vol. 4, No. 1, 2016.

WANG, F.K.; YEH, C.T.; CHU, T.P. Using the design for Six Sigma approach with TRIZ for new product development, **Computers & Industrial Engineering**, 98, p. 522–530, 2016.

XIONG, W.; YU, Y.; WANG, J. An Improved Algorithm for Product Conceptual Design based on Quality Function Deployment, **Applied Mathematics & Information Sciences An International Journal**, No. 1, p. 289-297, 2015.

YAGER, R.R.; ALAJLAN, N. On the measure based formulation of multi-criteria decision functions, **Information Sciences**, p. 370–371, p. 256–269, 2016.

YAO, D. et al. Some novel uncertainty measures of hesitant fuzzy sets and their applications, **Journal of Intelligent & Fuzzy Systems**, 30, p. 691–703, 2016.

YOON, H-K.; BYUN, J-H. A Design for Six Sigma: A Robust Tool in Systems Engineering Process, **Industrial Engineering & Management Systems**, Vol. 11, No 4, p. 346-352, 2012.

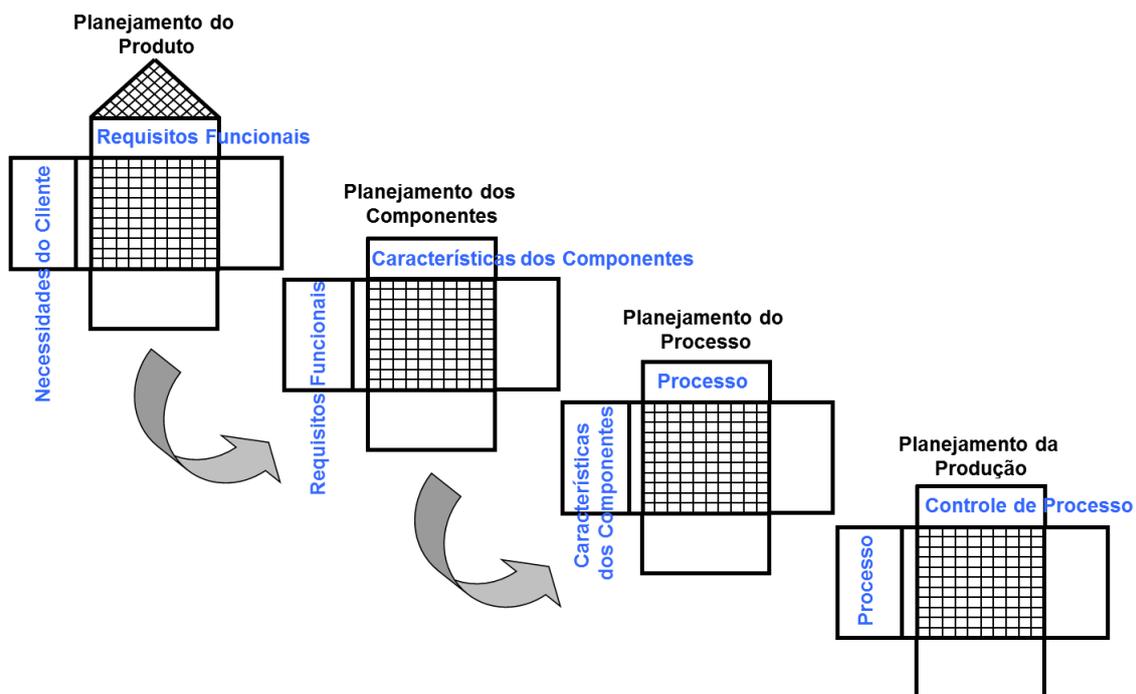
APÊNDICE A - QFD, Modelo de KANO, TRIZ

QFD

O Desdobramento da Função Qualidade (QFD) é uma ferramenta utilizada para traduzir desejos e necessidades dos clientes em requisitos objetivos e mensuráveis para melhor projetar um produto ou mesmo um processo (SAEED et al., 2013). É composto por quatro fases, iniciando com a entrada das vozes dos clientes e finalizando com informações acerca dos requisitos de produção, conforme figura A1.

Um dos principais alicerces do QFD e do DFSS é o foco na voz do cliente (SAEED et al., 2013), porém não apenas coletando-as e sim compreendendo o que elas realmente representam. Muitas vezes, tendo em mente o modo tradicional de negócios, perseguir apenas as especificações já conhecidas resultarão em produtos que podem até supostamente satisfazer os clientes, mas na realidade ainda não se tem a real dimensão deste nível de atingimento. Em geral, como o próprio QFD pressupõe, pesquisar por meio de clínicas e estudos mais cuidadosos e direcionados são atividades importantes para se iniciar um bom estudo de QFD (CHOWDHURY, 2002).

Figura A1 – QFD



Fonte: adaptado da apostila de DFSS (VICKERS; SCHIPPERINJ, 2013)

A busca da inovação nos produtos em desenvolvimento pode advir de vozes nem sempre muito claras, principalmente quando o cliente final não tem ideia do potencial criativo que ainda pode ser trabalhado, seja em termos de forma e outros atributos ligados ao produto em si, seja em termos de funcionalidade. Agregar funções novas em produtos que atualmente desempenham outra função principal, também podem trazer um grau de inovação e atingimento de vozes importantes para as empresas de determinados segmentos, como os de tecnologia (SAEED et al., 2013). Um bom exemplo, são as funções que na última década foram agregados ao telefone celular, muito além do simples fato de poder conversar, falar e ouvir por meio dele.

Modelo de Kano

Esta ferramenta desenvolvida pelo Dr. Noriaki Kano é utilizada para melhor entendimento das vozes dos clientes, classificando as mesmas em três níveis diferentes (XIONG; YU; WANG, 2015), conforme figura A2.

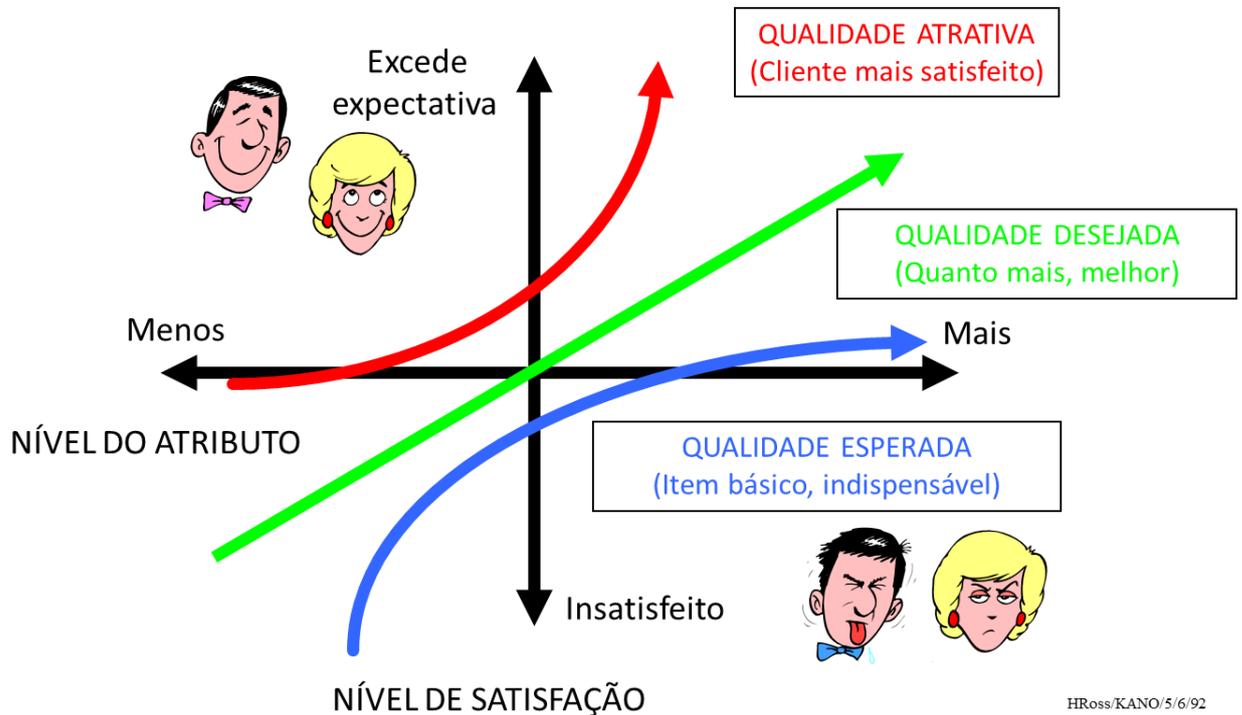
A primeira delas, onde as vozes são classificadas como qualidade esperada, representa as características previstas, consideradas fundamentais pelo consumidor e que causariam grande descontentamento se omitidas do projeto. Em contrapartida, o aumento da quantidade deste tipo de atributos normalmente não traz um equivalente ganho de satisfação acima da linha de satisfação zero, no caso o eixo das abscissas.

A curva da qualidade desejada representa os desejos do cliente que contribuem com um aumento da satisfação e melhoria de desempenho. Quanto mais encontrado no produto maior o nível de satisfação do cliente. Normalmente estes são mais fáceis de identificar pois são declarados pelo próprio consumidor.

A qualidade atrativa está ligada a algo que o consumidor não espera e que não causaria descontentamento, se omitido. No entanto, gera muita satisfação quando encontrado e diferencia o produto.

As maiores dificuldades de identificação estão relacionadas àquelas normalmente não solicitadas ou não expressadas pelo cliente, como os casos da qualidade esperada e da qualidade atrativa. Essa gera uma maior dificuldade quando se adota o objetivo de atingir um maior grau de inovação nos novos desenvolvimentos. Por isso, os projetos mais criativos e com maior impacto no cliente final em termos de satisfação estão relacionados aos da curva de qualidade atrativa.

Figura A2 – Modelo de Kano



Fonte: Adaptado de VICKERS; SCHIPPERINJ, 2013

TRIZ

Criatividade pode ser definida como o ato de descobrir soluções não usuais para os problemas, reagrupar de forma harmoniosa o original ou incompatível com outras ideias ou mesmo para revelar um produto novo e útil. Em 1946, Genrich Altshuller desenvolveu o TRIZ que é uma técnica muito útil em desenvolvimento de novos produtos, buscando a criação de novas ideias (EKMEKCIA; KOKSAL, 2015).

O TRIZ “*Theoria Resheneyva Isobretatelskehuh Zadach*”, ou em português Teoria Inventiva de Solução de Problemas (JUPP; CAMPEAN; TRAVCENKO, 2013), foi criada a partir da análise de milhares de patentes a qual foi eficientemente sumarizada nos princípios inventivos. Esse conjunto de princípios podem ser utilizadas na criação de soluções para eliminação de contradições técnicas e seus problemas nas empresas e nas mais variadas aplicações, em todo o mundo. A forma que os tipos de problemas podem assumir pela abordagem do TRIZ estão demonstrados no quadro A1.

Especificamente, o TRIZ é embasado em três premissas (CHOWDHURY, 2002):

. O projeto ideal produzirá as funções pretendidas sem mesmo a existência do sistema;

- . Projetos inovadores resolvem contradições;
- . É importante observar o passado, o presente e o futuro do projeto de um sistema.

Quadro A1 - Tipos de problemas

	Solução de Problemas Conhecidos	Novo Problema
Novo Conhecimento (Problemas Científicos)	O novo conhecimento é aplicado em um problema conhecido	O novo conhecimento é aplicado para o novo problema
Conhecimento Existente (Problemas de Engenharia)	O conhecimento existente é aplicado em um problema conhecido	O conhecimento existente não produz a solução satisfatória

Fonte: Adaptado de EKMEKCIA; KOKSAL, 2015

APÊNDICE B - Protocolo de Pesquisa da Literatura

Seguindo parte do método proposto por Mayring's¹ (2003 apud GAO et al. ,2017) para revisão sistemática da literatura, alguns passos foram definidos para as pesquisas nas bases de periódicos. Desta forma, este protocolo é composto basicamente por três etapas, estabelecimento do objetivo de pesquisa, levantamento de todos os itens relacionados ao objeto de pesquisa e classificação dos artigos a serem referenciados.

Etapa 1 – Objetivo da pesquisa

- . Com base no campo principal do assunto a ser pesquisado, estabelecer os termos e parâmetros de busca nas bases de dados;
- . Em determinados casos, por meio das opções de busca avançada, estabelecer a combinação de termos;
- . Dependendo do objetivo, estabelecer o período (anos) mais apropriado;
- . As demais fontes da literatura, como livros, apostilas e outros, também podem encontrar os devidos espaços para embasamento dos assuntos envolvidos na pesquisa.

Etapa 2 – Levantamento das publicações

- . Frente a lista de artigos pesquisados, entender o tamanho da extensão do assunto e dependendo deste último, proceder os refinamentos e filtrações necessários;
- . Após a aplicação dos filtros, realizar a primeira análise de títulos, de palavras-chaves e dos respectivos resumos;
- . Separar aqueles que tenham alguma relação ao objetivo de pesquisa;
- . Verificar os autores que mais publicaram e mais foram citados e rever os artigos separados;
- . As outras fontes de informações e conhecimento como os livros, também são classificados para referências em partes da pesquisa. Os principais critérios de classificação se baseiam em leitura dos prefácios, dos índices e até mesmo de partes importantes das obras;

¹ Mayring, P., 2003. Qualitative Content Analysis, eighth ed.. **Beltz Verlag**, Weinheim, Germany apud GAO et al., From a systematic literature review to integrated definition for sustainable supply chain innovation (SSCI), **Journal of Cleaner Production**, 142, 1518-1538, 2017.

. Catalogar² todos os artigos e outras fontes que potencialmente ou serão consultados ou serão referenciados na dissertação final.

Etapa 3 – Classificação das publicações

. Partindo da lista de artigos e outros catalogados, proceder a leitura mais detalhada de toda ou partes importantes de cada publicação;

. Registrar ou revisar o tema principal, ou combinação de temas, que possam fortalecer conceitos e aspectos importantes defendidos na pesquisa e em sua parte escrita, a dissertação;

. No controle dos artigos, identificar aqueles mais relacionados ao assunto principal da pesquisa e formar a referência da dissertação;

. Proceder novos ciclos de levantamento de publicações até o limite de data planejada para entrega da dissertação. Neste caso, adotado dois meses antes.

² Catalogamento elaborado por meio de planilha em *Excel* com as principais informações de cada artigo de forma a possibilitar uma rápida busca, de elaboração do próprio autor.

APÊNDICE C - Questionários

Questionário Aberto - INOVAÇÃO

Segundo a definição de Elaine Dundon (2002), **inovação** é a implementação rentável, lucrativa de uma estratégia de criatividade, o qual é subdividida em 4 componentes: criatividade, estratégia, implementação e lucratividade. Dentro do contexto de desenvolvimento de sistemas e componentes para veículos (indústria automobilística), para você quais são os fatores e aspectos importantes a serem observados para avaliar um produto de outro (s) em termos de inovação?

(Esta não é uma lista de prioridades, por favor não listar os mais importantes, mas sim todos que julgar pertinentes à questão)

1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

5. _____

6. _____

7. _____

	<p>Tipo de acabamento (pintura, textura, toque, etc...)</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10</p> <p><input type="radio"/> <input type="radio"/></p> <p>Reciclabilidade e preocupação ambiental</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10</p> <p><input type="radio"/> <input type="radio"/></p> <p>Forma de executar a função principal</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10</p> <p><input type="radio"/> <input type="radio"/></p> <p>Fontes de alimentação (matriz energética)</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10</p> <p><input type="radio"/> <input type="radio"/></p>	<p>Editar este formulário</p>
	<p>Agregar novas funções</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10</p> <p><input type="radio"/> <input type="radio"/></p> <p>Domínio da tecnologia de produto</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10</p> <p><input type="radio"/> <input type="radio"/></p> <p>Domínio da tecnologia de processo de produção</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10</p> <p><input type="radio"/> <input type="radio"/></p> <p>Risco de implementação (problemas no desenvolvimento, testes de aprovação, etc.)</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10</p> <p><input type="radio"/> <input type="radio"/></p>	<p>Editar este formulário</p>
	<p>Análise dos Potenciais modos de falhas (capacidade de prever problemas)</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10</p> <p><input type="radio"/> <input type="radio"/></p> <p>Facilidade de ingresso de "novos entrantes" (concorrência seguir novos conceitos)</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10</p> <p><input type="radio"/> <input type="radio"/></p> <p>Impacto do custo do produto para a empresa (produção dedicada, retrabalho, desperdício, etc.)</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10</p> <p><input type="radio"/> <input type="radio"/></p> <p>Influência de problemas no campo e respectivos custos</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10</p> <p><input type="radio"/> <input type="radio"/></p>	<p>Editar este formulário</p>

The image shows a Google Forms survey with three sections. Each section contains a title, a scale from 1 to 10, and a row of 10 radio buttons for selection. The sections are:

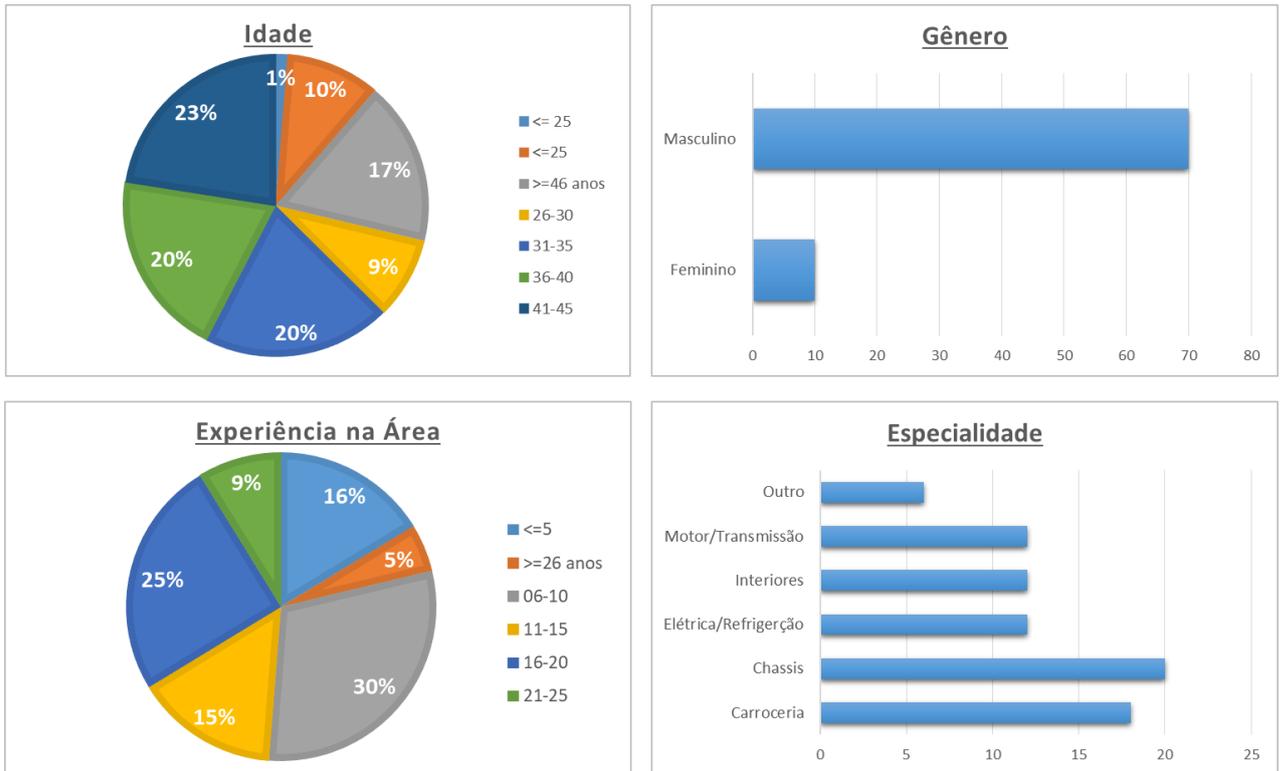
- Section 1:**
 - Tempo de implementação em uma aplicação (ciclo de criação e ciclo de vida do produto)
 - Nível de trade-offs (ganha-se em um aspecto, perde-se em outro) quando sistema sofre modificação
 - Quanto das vozes (expectativas) dos clientes são conhecidas e atendidas
- Section 2:**
 - Interface com o cliente final
 - Custo de aquisição e manutenção pelo cliente final
 - Ciclo da criação de um conceito e seu ciclo de vida
 - Iniciativas semelhantes dos competidores
- Section 3:**
 - Previsibilidade das tendências para estes sistemas

At the bottom of the form, there is a blue "ENVIAR" button, a warning "Nunca envie senhas pelo Formulários Google.", and the footer "Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google. Denunciar abuso - Termos de Serviço - Termos Adicionais" and "Google Formulários".

Fonte: Produção do próprio autor via *Google forms*

O perfil da amostra pesquisada e com respostas válidas, apresentou as seguintes distribuições de idade, gênero, tempo de experiência profissional e área de atuação (figura C2).

Figura C2 – Perfil da amostra pesquisada (questionário confirmatório)



Fonte: produção do próprio autor com uso do programa *Excel*

Questionário Final - aplicado aos especialistas da área de desenvolvimento e inovação

Figura C3 – Imagens sequenciais do questionário elaborado com uso do programa *Excel*

Questionário aplicado para avaliação de inovação em componentes veiculares



Sistema / componente: _____

Identificação de versão: (A) _____

Base: _____

(B) _____

Nível de diferenciação técnica

Entradas

Projeto e Definição do tipo de forma, formato (design)

Especificação

	Base	A	B	
Aparência ultrapassada ou não perceptível	1	1	1	Igual às atuais no mercado
	2	2	2	
Aparência relativamente conhecida ou de baixa percepção	3	3	3	Diferenciação moderada
	4	4	4	
Aparência ainda única no mercado	5	5	5	Totalmente nova/diferente ao existente no mercado atual

Especificação de materiais

	Base	A	B	
Materiais já conhecidos ou em desuso	1	1	1	Igual às atuais no mercado
	2	2	2	
Alguns materiais diferentes ou relativamente difíceis de se	3	3	3	Diferenciação moderada
	4	4	4	
Materiais ainda raros ou de difícil obtenção	5	5	5	Totalmente nova/diferente ao existente no mercado atual

Aplicação nos sistemas veiculares

	Base	A	B	
Somente aplicação tradicional ou outras amplamente con	1	1	1	Igual às atuais no mercado
	2	2	2	
Aplicação tradicional ou em sistemas similares, mas ainda	3	3	3	Diferenciação moderada
	4	4	4	
Aplicação ou adaptação ainda não usual, específica	5	5	5	Totalmente nova/diferente ao existente no mercado atual

Forma de fabricação

	Base	A	B	
Somente processo(s) tradicional(s) ou em desuso	1	1	1	Igual às atuais no mercado
	2	2	2	
Algum(ns) processo(s) diferenciado(s)	3	3	3	Diferenciação moderada
	4	4	4	
Processo(s) avançado(s) ou ainda raro(s)	5	5	5	Totalmente nova/diferente ao existente no mercado atual

Tipo de acabamento (pintura, textura, toque, etc...)

	Base	A	B	
A acabamento tradicional comum ou não aplicável	1	1	1	Igual às atuais no mercado
	2	2	2	
A acabamento parcialmente diferenciado ou ainda raro	3	3	3	Diferenciação moderada
	4	4	4	
A acabamento ainda raro e/ou com características diferenci	5	5	5	Totalmente nova/diferente ao existente no mercado atual

Reciclabilidade e preocupação ambiental

	Base	A	B	
Baixa reciclabilidade ou em atraso a tecnologia atual	1	1	1	Igual às atuais no mercado
	2	2	2	
Reciclabilidade moderada/parcial ou necessita avanços	3	3	3	Diferenciação moderada
	4	4	4	
Alta reciclabilidade	5	5	5	Totalmente nova/diferente ao existente no mercado atual

Funcionalidade Forma ou modo de executar a função principal

	Base	A	B	
Formas tradicionais ou em desuso de execução	1	1	1	Mesma forma de execução aos conceitos atuais
	2	2	2	
Formas parcialmente diferenciadas	3	3	3	Execução de outra forma com certo grau de diferenciação
	4	4	4	
Formas avançadas ou diferenciada para realizar função	5	5	5	Forma revolucionária de execução

Fontes de alimentação (matriz energética)

	Base	A	B	
Sem fonte ou são conhecidas/tradicionais	1	1	1	Mesma fonte das atualmente conhecidas
	2	2	2	
Fontes pouco diferenciadas ou ainda com consumo moderado	3	3	3	Fonte diferente ou de melhor consumo
	4	4	4	
Fontes ainda pouco exploradas ou de baixíssimo consumo	5	5	5	Fonte totalmente nova ou com consumos muito baixos

Agregar novas funções

	Base	A	B	
Função única já amplamente conhecida ou não agrega novas	1	1	1	Executa a mesma função das atuais
	2	2	2	
Agrega alguma nova função, não perceptível diretamente	3	3	3	Agrega funções conhecidas em adição a atual
	4	4	4	
Agrega nova(s) função(ões) incluindo as não perceptíveis	5	5	5	Adiciona novas funções ainda não conhecidas ou não exploradas

Nível geral de diferenciação técnica

1 a 10 de acordo com a avaliação geral
(1 menor e 10 maior)

Medida de Negócio

Riscos Domínio da tecnologia de produto

	Base	A	B	
Tecnologia simples ou relativamente complexa mas sem domínio	1	1	1	Tecnologia em desenvolvimento ou ainda sem domínio
	2	2	2	
Tecnologia com certo grau de complexidade ou com pouco domínio	3	3	3	Tecnologia nova e/ou com dificuldades de domínio
	4	4	4	
Tecnologia complexa dominada ou o melhor que a concorrência	5	5	5	Tecnologia nova factível ou já plenamente em domínio

Domínio da tecnologia de processo de produção

	Base	A	B	
Tecnologia simples ou relativamente complexa mas sem domínio	1	1	1	Tecnologia de processo em desenvolvimento ou ainda sem domínio
	2	2	2	
Tecnologia com certo grau de complexidade ou com pouco domínio	3	3	3	Tecnologia de processo nova e/ou com pouco domínio
	4	4	4	
Tecnologia complexa dominada ou o melhor que a concorrência	5	5	5	Tecnologia de processos nova factível ou já plenamente em domínio

Risco de implementação (problemas no desenvolvimento, testes de aprovação, etc.)

	Base	A	B	
Implementação conhecida e/ou ainda com problemas	1	1	1	Implementação ainda com alto risco de fracasso
	2	2	2	
Implementação menos conhecida e/ou com alguns problemas	3	3	3	Implementação com possíveis dificuldades
	4	4	4	
Implementação complexa e/ou com pouquíssimos problemas	5	5	5	Riscos novos ou conhecidos mas sem maiores problemas

Análise dos Potenciais modos de falhas (capacidade de prever problemas)

	Base	A	B	
Conhecidas apenas p. correntes e/ou com dificuldade de p	1	1	1	Novos modos de falhas ainda não conhecidos e sem prevenção
	2	2	2	
Relativa dificuldade de previsão	3	3	3	Algum novo modo de falha pode ocorrer
	4	4	4	
Plena capacidade previsão mesmo para produtos novos	5	5	5	Novos modos de falhas mas preveníveis

Facilidade de ingresso de "novos entrantes" (concorrência seguir novos conceitos)

	Base	A	B	
Alta concorrência atual e/ou similaridades no mercado	1	1	1	Facilmente dominado pela concorrência
	2	2	2	
Certa diferenciação e dificuldade pela concorrência	3	3	3	Concorrência terá certa dificuldade
	4	4	4	
Produto já é diferenciado de difícil concorrência	5	5	5	Diferenciação e/ou dificuldade para concorrência

Custos

Impacto do custo do produto para a empresa (produção dedicada, retrabalho, desperdício, etc...)

	Base	A	B	
Custos altos para produtos tradicionais e/ou para diferenç	1	1	1	Custos envolvidos muito altos
	2	2	2	
Custos relat. alto p/ produtos pouco diferenciados ou p/ dif	3	3	3	Impacto significativo nos custos
	4	4	4	
Custos baixos p/ produtos melhorados e/ou na busca difer	5	5	5	Baixo impacto nos custos internos da empresa

Influência de problemas no campo e respectivos custos

	Base	A	B	
Garantia atual alta ou com tendência a permanecer alta	1	1	1	Problemas de garantia e/ou com baixa expectativa de melhora
	2	2	2	
Garantia atual é razoável e sem tendência de melhora	3	3	3	Problemas e respectivo custos a nível aceitável
	4	4	4	
Garantia atual baixa e/ou com tendência a cair	5	5	5	Poucos problemas em garantia /ou tendência de melhora

Tempo

Tempo de implementação em uma aplicação (ciclo de criação e ciclo de vida do produto)

	Base	A	B	
Pequenas mudanças no produto significam tempo longo ir	1	1	1	Longo tempo para lançamento baseado no ciclo de vida
	2	2	2	
ciclo de vida do produto reduzido	3	3	3	Tempo normal de lançamento
	4	4	4	
Somente pequenas mudanças são feitas em tempo razoável	5	5	5	Curto tempo para lançamento baseado no ciclo de vida

Relação Risco x Benefício geral

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	1 a 10 de acordo com a avaliação geral (1 menor e 10 maior)
----------------------	----------------------	----------------------	--

Alinhamento com VOCs

VOC (Voz do Cliente) Nível de *trade-off's* quando sistema sofre modificação

	Base	A	B	
Cliente percebe a deterioração ou perda completa	1	1	1	Cliente perderá outras funções ou características perceptíveis
	2	2	2	
Baixa quantidade de deterioração	3	3	3	Alguns inconvenientes poderão ocorrer
	4	4	4	
A ausência de inconveniências ou deterioração é imperceptível	5	5	5	Não ocorrerão perdas/inconveniências com novos ganhos

Quanto das VOCs são conhecidas e atendidas

	Base	A	B	
Produto não atende ou VOCs não são realmente conhecidas	1	1	1	VOCs ainda desconhecidas ou pouco atendidas
	2	2	2	
Produto atende parcialmente ou necessita melhor entendimento	3	3	3	VOCs conhecidas com algumas incertezas ou atende parcialmente
	4	4	4	
Produto atende plenamente ou possui pouco espaço para melhorias	5	5	5	VOCs compreendidas e atendidas ou superadas

Interface com o cliente final

	Base	A	B	
Cliente não percebe ou não verbaliza precisamente sobre possíveis ganhos	1	1	1	Possíveis ganhos não seriam percebidos pelo cliente final
	2	2	2	
Cliente pode perceber possíveis melhorias	3	3	3	Modificações ou funcionalidades podem ser percebidas
	4	4	4	
Percepção altamente afetada e/ou contribuindo p/ melhorias	5	5	5	Interface direta ou facilmente percebida pelo cliente

Custo de aquisição e manutenção pelo cliente final

	Base	A	B	
Custos desvantajosos e/ou relação aquisição/manutenção muito alta	1	1	1	Alto custo para o cliente e/ou baixo valor percebido
	2	2	2	
Relação custo de aquisição/manutenção é razoável	3	3	3	Custo adequado na aquisição e manutenção
	4	4	4	
Custos condizentes, vantajosos ou ao menos justificáveis	5	5	5	Custo muito vantajoso para o cliente (baixo) ou alto valor agregado/percebido

Tendências Ciclo da criação de um conceito e seu ciclo de vida

	Base	A	B	
Ciclo de criação demorado e/ou com ciclo de vida curto	1	1	1	Tempo de desenvolvimento longo ou ciclo de vida curto
	2	2	2	
Ciclo de criação moderado e/ou ciclo de vida médio	3	3	3	Tempo de desenvolvimento normal ou ciclo de vida tradicional
	4	4	4	
Ciclo de criação curto e/ou com ciclo de vida longo	5	5	5	Tempo de desenvolvimento baixo e/ou ciclo de vida longo

Iniciativas semelhantes dos competidores

	Base	A	B	
Competidores adotam mesma solução ou conhecem iniciativas	1	1	1	Competidores trabalham nas mesmas iniciativas
	2	2	2	
Competidores seguem parte das iniciativas ou conhecem iniciativas	3	3	3	Competidores trabalham em iniciativas parcialmente semelhantes
	4	4	4	
Iniciativas contra concorrência são exclusivas ou não conhecidas	5	5	5	Apresenta vantagem em relação aos competidores

Previsibilidade das tendências para estes sistemas

	Base	A	B	
Tendência já prevista pela concorrência ou de conhecimento comum	1	1	1	Pode facilmente ser previsto pela concorrência
	2	2	2	
Tendência é parcialmente conhecida pela concorrência e por outros	3	3	3	Apresenta uma certa vantagem competitiva
	4	4	4	
Concorrência ou indústria ainda não conhece a tendência (concorrência pode estar em direção oposta ou quebra de paradigma)	5	5	5	Apresenta diferenc. competitivo em função da dificult. de previsão

Alinhamento geral com as vozes

1 a 10 de acordo com a avaliação geral
(1 menor e 10 maior)

APÊNDICE D – Rotina “ddeinit”

Dentre os diversos recursos do programa computacional *Matlab*, há uma rotina denominada “ddeinit”, o qual permite gerar saídas numéricas para um determinado modelo *fuzzy* elaborado. Por meio da utilização desta rotina, é possível comparar de uma maneira mais eficiente os valores obtidos do banco de dados real com os resultados obtidos do modelo, pois a mesma fornece todos os valores envolvidos simultaneamente. O processo desta rotina é composto dos seguintes passos:

i. `myvariable = ddeinit ('excel','D:\Nível de diferenciação técnica.xlsx:Plan1');`

Onde: 'D:\Nível de diferenciação técnica.xlsx:Plan1' seria o nome e local do arquivo

Este comando estabelece uma conexão do *Matlab* com a planilha do *Excel* onde estão os dados.

ii. `mymatrix = ddereq (myvariable,'l2c2:l365c4');`

Onde: 'l2c2:l365c4' demarca a primeira e última linha e coluna do intervalo

Este comando traz uma lista de dados do *Excel* para o *Matlab* no formato de uma matriz, que é utilizada como entrada do sistema *fuzzy*.

iii. `fismat = readfis('VOC');`

Onde: 'VOC' é o nome do sistema *fuzzy* criado.

Este comando lê automaticamente a matriz do *Excel* e o modelo *fuzzy*,

iv. `output = evalfis(mymatrix,fismat);`

Este comando gera uma matriz de resultados de saída do modelo *fuzzy* chamada *output*, onde *mymatrix* é o nome da matriz gerada pelo comando *ddereq*.

Com esta matriz de resultados gerados simultaneamente, evita-se retirar valores individualmente que normalmente consumiria um maior custo computacional no *software* em questão. Essa agilidade no cálculo das saídas permite uma maior quantidade de *loopings* (refinos) em menor tempo entre os valores reais e os do modelo *fuzzy*, melhorando a acurácia, a aderência com modelo em estudo.

APÊNDICE E - Publicações

- Artigo resumido “Análise da Inovação de Projetos Automotivos utilizando Método de Taguchi e Lógica *Fuzzy*”, IV Congresso Brasileiro de Sistemas *Fuzzy*, Campinas
Aprovado e apresentado: 18/11/2016

- Artigo “Fatores de Sucesso para Implantação do *Lean Healthcare*: um Estudo Bibliométrico”, Revista Produto & Produção
Aprovado: 2017

- Artigo “*Innovation Measurement In Automotive Projects: A Fuzzy – Taguchi Approach*”, Periódico International Journal of Production Economics
Submetido: 2017