

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS CURITIBA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
MECÂNICA E DE MATERIAIS

**MÉTODO DE APOIO A TOMADA DE DECISÃO DENTRE
MÚLTIPLAS ALTERNATIVAS CONSIDERANDO FATORES DE
RISCO NO CONTEXTO DE UMA MUDANÇA DE ENGENHARIA**

GUSTAVO BASTCHEN

CURITIBA
2018

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS CURITIBA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
MECÂNICA E DE MATERIAIS

**MÉTODO DE APOIO A TOMADA DE DECISÃO DENTRE
MÚLTIPLAS ALTERNATIVAS CONSIDERANDO FATORES DE
RISCO NO CONTEXTO DE UMA MUDANÇA DE ENGENHARIA**

GUSTAVO BASTCHEN

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica – Área de concentração: Engenharia de Manufatura.

Orientador: Prof. Dr. Milton Borsato

CURITIBA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

B324m Bastchen, Gustavo
2018 Método de apoio a tomada de decisão dentre múltiplas alternativas considerando fatores de risco no contexto de uma mudança de engenharia / Gustavo Bastchen.-- 2018.
1 arquivo de texto : PDF : 5,20 MB

Disponível em World Wide World
Texto em português, com resumo em inglês
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Curitiba, 2018
Bibliografia: p. 16-120

1. Engenharia mecânica - Dissertações. 2. Produtos novos. 3. Administração de risco. 4. Processo decisório. 5. Indústria automobilística. I. Borsato, Milton, orient.
II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, inst.
III. Título.

CDD: Ed. 22 -- 620.1

Biblioteca Ecoville da UTFPR, Câmpus Curitiba
Bibliotecária Lucia Ferreira Littiere - CRB 9/1271

TERMO DE APROVAÇÃO DE DISSERTAÇÃO Nº 338

A Dissertação de Mestrado intitulada: **MÉTODO DE APOIO A TOMADA DE DECISÃO DENTRE MÚLTIPLAS ALTERNATIVAS CONSIDERANDO FATORES DE RISCO NO CONTEXTO DE UMA MUDANÇA DE ENGENHARIA**, defendida em sessão pública pelo Candidato **Gustavo Bastchen**, no dia 27 de novembro de 2018, foi julgada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia, área de concentração: Engenharia de Manufatura, e aprovada em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais – PPGEM.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Milton Borsato - Presidente - UTFPR

Prof. Dr. José Aguiomar Foggiatto - UTFPR

Prof. Dr. Fernando Deschamps - PUC-PR

A via original deste documento encontra-se arquivada na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação após a entrega da versão corrigida do trabalho.

CURITIBA, ____ DE _____ DE 20__.

Carimbo e assinatura do Coordenador do Programa

AGRADECIMENTO

Agradeço inicialmente a Deus por conceder toda a força e motivação necessária durante a realização desse sonho. Além disso, agradeço a Ele por todos aqueles a quem tive a oportunidade de conhecer e contar com o apoio durante essa jornada.

A minha família que me deu total apoio desde o início até o momento da conclusão. Especialmente à minha esposa que teve que suportar minha ausência durante muitos dias durante a realização dessa pesquisa, e com quem pude contar a cada momento.

Ao meu orientador Milton Borsato, pelo apoio, paciência e orientação, por ter estado sempre presente em todos os momentos da elaboração desse trabalho, e por se esforçar em fazer indústria e universidade caminharem um pouco mais próximos um do outro.

Aos meus colegas de laboratório que estiveram presentes e auxiliando direta e indiretamente nessa jornada.

Aos Professores do PPGEM pelos conhecimentos transmitidos nas disciplinas cursadas, estendendo meus agradecimentos a todos os funcionários do departamento.

À UTFPR, pela oportunidade de realização do mestrado.

Agradeço também à Volvo do Brasil e aos seus funcionários pelo suporte no desenvolvimento dessa pesquisa.

E a todos que contribuíram de forma particular, os meus sinceros agradecimentos.

BASTCHEN, Gustavo. **MÉTODO DE APOIO A TOMADA DE DECISÃO DENTRE MÚLTIPLAS ALTERNATIVAS CONSIDERANDO FATORES DE RISCO NO CONTEXTO DE UMA MUDANÇA DE ENGENHARIA**, 2018. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Manufatura – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 124 p.

RESUMO

O atual cenário do mercado nacional e internacional é marcado por uma concorrência cada vez mais acirrada e para assegurar a sobrevivência das organizações, exige que as empresas desenvolvedoras de novos produtos não possam pecar em questões de custo, qualidade e tempo durante um projeto. Para isso, as decisões que são tomadas durante as alterações de engenharia de um produto precisam ser assertivas, levando em consideração fatores de risco e engenharia simultânea. O presente trabalho teve por objetivo desenvolver um novo método para apoiar o processo de tomada de decisão dentre múltiplas alternativas a partir da avaliação de fatores de risco no contexto de uma mudança de engenharia. Para esse desenvolvimento, foi utilizado como *framework* metodológico o *Design Science Research*. As etapas de demonstração e avaliação do DSR foram realizadas no ambiente de engenharia de uma empresa parceira do ramo automotivo. A solução desenvolvida se mostrou bastante pertinente para auxiliar o processo de tomada de decisão, sendo capaz de fornecer mais informações e facilitar a avaliação de fatores de risco nas fases iniciais de projeto. Ainda, ficou evidenciada que, muitas vezes, as aplicações de novos artefatos precisam ser acompanhadas de uma mudança no *mindset* das organizações para que possam ser efetivamente implementados.

Palavras-chave: Alteração de Engenharia, Múltiplas Alternativas, Desenvolvimento de Produto, Gerenciamento de Riscos, Processo de Tomada de Decisão.

BASTCHEN, Gustavo. **DECISION TAKING SUPPORT METHOD BETWEEN MULTIPLES ALTERNATIVES CONSIDERING RISK FACTORS IN A ENGINEERING CHANGE CONTEXT**, 2018. Master's Degree Dissertation in Manufacturing Engineering – Post-Graduate Program in Mechanical and Materials Engineering, Federal University of Technology – Paraná, Curitiba, 124 p.

ABSTRACT

The current scenario of the national and international market is marked by increasingly fierce competition and to ensure the survival of organizations, requires companies to develop new products can not fail regarding cost, quality and time during a project. For this, the decisions that are made during the engineering changes of a product need to be assertive, taking into account factors of risk and concurrent engineering. The present work aimed to develop a new method to support the decision taking process among multiple alternatives based on the evaluation of risk factors in the context of an engineering change. For this development, the Design Science Research was used as methodological framework. The demonstration and evaluation steps were performed in the engineering environment of an automotive partner company. The solution developed was very pertinent to assist the decision taking process, being able to provide more information and facilitate the evaluation of risk factors in the initial phases of the project. Also, it has been pointed out that, often, new artifacts applications need to be accompanied by a change in the mindset of organizations so that they can be effectively implemented.

Keywords: Engineering Changes, Multiple Alternatives, Product Development, Risk Management, Decision Taking Process.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação do funcionamento do projeto com SBCE	16
Figura 2 – Relação do custo de correção durante o PDP	21
Figura 3 – Relação das incertezas e investimento durante o PDP	22
Figura 4 – Modelo de um processo de mudança de engenharia genérico. ...	25
Figura 5 – Diferenças entre as abordagens de engenharia sequencial e simultânea	27
Figura 6 – Exemplo de diagrama de Ishikawa.....	32
Figura 7 – Representação gráfica de um modelo de mensuração de riscos ...	32
Figura 8 – Etapas do processo de tomada de decisão	35
Figura 9 – Exemplo de utilização da <i>Pugh Matrix</i>	37
Figura 10 – Sequência de passos utilizados no MCDA-C.....	39
Figura 11 – Exemplo de estrutura hierárquica do AHP	41
Figura 12 – Exemplo de resultado gráfico utilizando o método PROMETHEE.....	43
Figura 13 – Fluxograma das principais etapas do <i>framework</i> DSR.....	46
Figura 14 – Fatores de contribuição para identificação do problema	48
Figura 15 – Problema de qualidade do caso de demonstração	51
Figura 16 – Exemplo de suspensão de motor de um veículo pesado	52
Figura 17 – Vista em corte com os elementos da suspensão do motor	53
Figura 18 – Análise de causa-raiz comparativa entre as duas soluções	53
Figura 19 – Análise de FEA realizada no conjunto da suspensão do motor..	54
Figura 20 – Exemplo de parafuso com a ponta rebaixada	55
Figura 21 – Etapas do novo método desenvolvido.	61
Figura 22 – Representação BPMN do passo 1 do método.	63
Figura 23 – Representação BPMN do passo 2 do método.	69
Figura 24 – Representação BPMN do passo 3 do método.	71
Figura 25 – Representação BPMN do passo 4 do método	75
Figura 26 – Sequência de preenchimento da matriz de riscos.....	76
Figura 27 – Representação BPMN do passo 5 do método	78
Figura 28 – Sequência da definição de peso dos critérios.....	80
Figura 29 – Sequência da definição de pesos dos subcritérios.....	81

Figura 30 – Representação BPMN do passo 6 do método	82
Figura 31 – Representação BPMN do passo 7 do método	84
Figura 32 – Exemplo de representação comparativa de impacto de um subaspecto para cada uma das alternativas	85
Figura 33 – Exemplo de representação comparativa de nível de impacto dos riscos para uma única alternativa	86
Figura 34 – Exemplo de representação de nível de contribuição de impacto de cada fator de risco para cada uma das alternativas	88
Figura 35 – Representação BPMN do passo 8 do método	89
Figura 36 – Exemplo de definição de estratégia para auxiliar tomada de decisão.....	90
Figura 37 – Representação BPMN do passo 9 do método	91
Figura 38 – Exemplo de integração do método com a ferramenta de tomada de decisão já utilizada pela empresa parceira	92
Figura 39 – Representação BPMN do passo 10 do método	93
Figura 40 – Visão geral da contribuição do método para o processo de tomada de decisão	94
Figura 41 – Representação BPMN do passo 11 do método	95
Figura 42 – Página inicial do formulário de pesquisa on-line utilizado	98
Figura 43 – Exemplo dos tipos de respostas do formulário on-line	99
Figura 44 – Exemplo de respostas livres dos usuários que preencheram a pesquisa.....	100
Figura 45 – Respostas dos usuários relacionadas com uso do método x tempo disponível	111

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Análise de trabalhos relacionados com gerenciamento de riscos	19
Quadro 2 – Matriz de recomendações baseada em probabilidade x impacto	33
Quadro 3 – Resumo comparativo entre as diferentes alternativas de solução.....	56
Quadro 4 – <i>Pugh Matrix</i> construída para tomada de decisão	57
Quadro 5 – Exemplo de matriz original de fatores de risco identificados	65
Quadro 6 – Exemplo de matriz dos fatores de risco identificados já filtrada..	67
Quadro 7 – Exemplo de <i>framework</i> de decisão.....	70
Quadro 8 – Exemplo de matriz de balanceamento de nível de impacto	72
Quadro 9 – Exemplo de matriz de risco já reordenada para construção dos gráficos	84
Quadro 10 – Resultado obtido da avaliação do novo método proposto.....	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplo de matriz de análise de riscos.	68
Tabela 2 – Exemplo de matriz de probabilidade.	75
Tabela 3 – Exemplo de matriz de fatores de risco preenchida.	77
Tabela 4 – Exemplo de matriz de fatores de risco com os pesos preenchidos	81
Tabela 5 – Exemplo de matriz de risco com o escore já calculado	83
Tabela 6 – Quantidade de respostas da avaliação por cargo/profissão	97

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

ABNT	<i>Brazilian Association of Technical Standards</i>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>	Análise Hierárquica de Processos
BPMN.io	<i>Business Process Model and Notation</i>	Modelo e Notação de Processos de Negócio
DSMMA	<i>Decision Support Method for Multiple Alternatives</i>	Método de Suporte para Decisões com Múltiplas Alternativas
DSR	<i>Design Science Research</i>	-
EC	<i>Engineering Change</i>	Mudança de Engenharia
ECM	Engineering Change Management	Gerenciamento de Mudanças de Engenharia
FEA	<i>Finite Element Analysis</i>	Análise de Elementos Finitos
MCDA-C	<i>Multicriteria Methodology for Decision Aid – Constructivist</i>	Metodologia Multicritério para Apoio à Decisão – Construtivista

PDP	<i>Product Development Process</i>	Processo de Desenvolvimento de Produto
PMA	<i>Pugh Matrix Analysis</i>	Análise <i>Pugh Matrix</i>
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge</i>	Conjunto de Conhecimento Relacionado à Gestão de Projetos
PMI	-	Programa de Manufatura Inteligente
PPGEM	-	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais
Pro-KnowC	<i>Knowledge Development Process Constructivist</i>	Processo de Desenvolvimento de Conhecimento Construtivista
PROMETHEE	<i>Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation</i>	-
SBCE	<i>Set-Based Concurrent Engineering</i>	Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos
UTFPR	-	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVO GERAL	20
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
1.3	JUSTIFICATIVA	21
1.4	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	23
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	23
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	24
2.1	ALTERAÇÃO DE ENGENHARIA NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO	24
2.2	<i>SET BASED CONCURRENT ENGINEERING</i>	26
2.3	GERENCIAMENTO DE RISCOS	29
2.4	FERRAMENTAS DE APOIO À TOMADA DE DECISÃO	34
2.4.1	<i>Pugh Matrix Analysis</i>	36
2.4.2	Análise de Decisão por Múltiplos Critérios Construtivista	37
2.4.3	Análise Hierárquica de Processos	40
2.4.4	Método PROMETHEE	42
3	ASPECTOS METODOLÓGICOS	45
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	45
3.2	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	45
3.2.1	Identificação do Problema e Motivação	47
3.2.2	Definição dos Objetivos da Solução	48
3.2.3	Projeto e Desenvolvimento da Solução	49
3.2.4	Demonstração da Solução	50
3.2.5	Avaliação da Solução	59
3.2.6	Comunicação da Solução	60

4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
4.1	DESCRIÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO	61
4.1.1	Passo 1 – Identificação dos Dados	62
4.1.2	Passo 2 – Construção do <i>Framework</i> de Decisão	69
4.1.3	Passo 3 – Matriz de Balanceamento dos Impactos	70
4.1.4	Passo 4 – Avaliação da Probabilidade e do Impacto	74
4.1.5	Passo 5 – Definição de Peso para cada Critério	78
4.1.6	Passo 6 – Cálculo do Escore do Impacto	82
4.1.7	Passo 7 – Criação da Representação Gráfica dos Impactos	83
4.1.8	Passo 8 – Definição da Estratégia para Auxiliar Decisão	88
4.1.9	Passo 9 – Integração do Método Proposto com a Ferramenta de Tomada de Decisão já Utilizada pela Empresa	90
4.1.10	Passo 10 – Utilização dos Resultados para Auxiliar o Processo de Tomada de Decisão	92
4.1.11	Passo 11 – Criação/Atualização do Banco de Dados da Empresa	94
4.2	AVALIAÇÃO	97
4.3	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA AVALIAÇÃO	103
4.3.1	Eficiência	103
4.3.2	Generalidade	105
4.3.3	Facilidade de uso	107
4.3.4	Operacionalidade	108
4.3.5	Utilidade	109
4.3.6	Uso do Método Versus Tempo Disponível	110
5	CONCLUSÃO	114
	REFERÊNCIAS	116
	APÊNDICE A - Questionário	121
	APÊNDICE B - Representação BPMN Completa do Método	122

1 INTRODUÇÃO

As empresas que desenvolvem novos produtos são impulsionadas a responder de forma cada vez mais rápida e eficiente para poderem sobreviver num mercado em que a competitividade aumenta a cada dia. Para que seja possível enfrentar a concorrência, o Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) tornou-se indispensável para as organizações, pois através dele ocorre a definição do produto e do processo de produção conforme as necessidades de mercado, as especificações técnicas e as estratégias da empresa.

Esse processo, segundo Rozenfeld *et al.* (2006), possui um alto grau de incertezas e riscos, pois é composto de incontáveis variáveis de diversas fontes da empresa. Para que as organizações consigam alcançar seus objetivos, um dos segredos para o PDP obter sucesso é assegurar que as incertezas sejam minimizadas por meio da qualidade das informações, e que a tomada de decisão seja controlada constantemente por meio de requisitos que devem ser atingidos em determinados *gates* durante o projeto de um produto.

Para esse cenário complexo e desafiador, segundo Ward *et al.* (2014), o desenvolvimento de produto *lean* tem se apresentado como um fator de sucesso, cuja receita vem da filosofia de “fazer mais com menos”, ou seja, são removidas as partes no projeto que não agregam valor ao produto buscando como resultado final o que o cliente realmente quer.

Busca-se criar um fluxo de valor desde as atividades de reconhecimento de oportunidade até o lançamento do produto final, bem como para as áreas situadas entre esses dois extremos, como operações industriais (fabricação, logística, montagem, fornecedor, etc). Dentre suas estratégias, algumas delas são: avançar na simulação, multidisciplinaridade e modelagem, visando tratar os problemas cada vez mais na fase inicial dentro do projeto de desenvolvimento de produto. Essa tratativa é bastante vantajosa para as empresas, pois agrega melhoria em termos de redução de *time-to-market*, redução dos custos e incremento de competitividade.

Um dos princípios que representam o desenvolvimento de produto *lean*, de acordo com Ward *et al.* (2014), é suportar os sistemas de projeto com

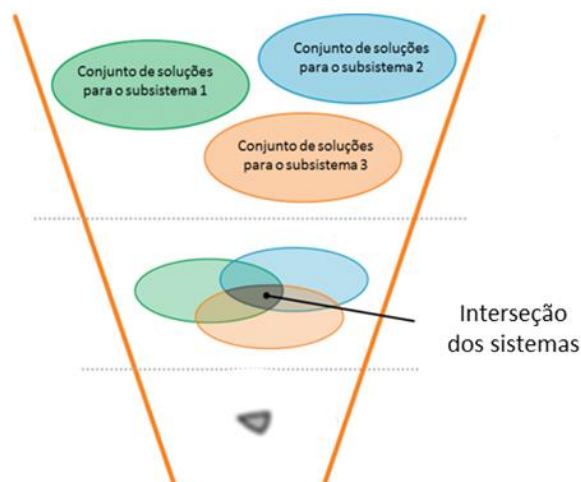
engenharia simultânea baseada em conjuntos de alternativas (*Set-Based Concurrent Engineering - SBCE*) com o objetivo de eliminar riscos, enquanto é atingido o aprendizado usando múltiplas alternativas.

Segundo Sobek *et al.* (1999), a aplicação desse conceito se inicia considerando um amplo conjunto de possibilidades de soluções para os diversos sistemas, e então gradual redução do número de soluções eliminando as mais “fracas” até que se atinja a convergência para a solução final, evitando-se o abandono prematuro de boas oportunidades de ideias e assegurando uma boa eficiência de planejamento. Dessa forma, diminui-se consideravelmente o risco através de redundância, robustez e captura de conhecimento. Isso pode ser utilizado tanto para a criação de novos produtos bem como para modificação de produtos já existentes, tais como ocorre em projetos de melhoria de qualidade, redução de custo e atendimento a novas regulamentações.

Segundo Sobek *et al.* (1999), muitas vezes o conceito SBCE se aplica de forma multidisciplinar, no qual, profissionais de diferentes áreas definem conjuntos de soluções de produto e de sistemas de manufatura, e com a progressão do projeto convergem para a otimização do desempenho do sistema como um todo. Dessa forma, ao permitir que os atores trabalhem em conjunto, diminui-se significativamente a quantidade de correções e retrabalhos no processo.

O processo consiste em: (a) mapear o espaço do projeto identificando o conjunto de alternativas; (b) integrar pela interseção levando em consideração as demandas de diferentes áreas e; (c) assegurar a factibilidade antes do comprometimento auxiliando a manter a consistência do projeto. A Figura 1 representa o funcionamento desse processo.

Figura 1 – Representação do funcionamento do projeto com SBCE.



Fonte: O próprio autor.

Outro fator de sucesso para esse cenário é um adequado gerenciamento de riscos durante o PDP. O processo de desenvolvimento de um produto é sempre acompanhado de vários fatores de risco, geralmente fruto da insuficiência de experiência ou de conhecimento a respeito de algo (NEUMANN *et al.*, 2015). Ou ainda, risco pode ser considerado como um desvio em relação ao esperado que traz alguma incerteza para os objetivos, podendo ser positivo, negativo ou ambos, e pode criar ou resultar em oportunidades e ameaças (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009a, p.1). As incertezas vão desde a concepção do produto até sua inserção no mercado. Os fatores de risco podem causar impactos tanto positivos quanto negativos. Porém, no segundo caso, o impacto pode aumentar o custo do projeto a ponto de inviabilizá-lo, ou até mesmo cancelar o lançamento do produto. Para lidar com essas incertezas inerentes aos projetos e assegurar a execução de forma efetiva e eficaz é necessário aplicar alguma forma de gestão, tal como o gerenciamento de projeto. Através de uma competência estratégica para as empresas, o gerenciamento de projetos permite unir os resultados do projeto de desenvolvimento de produto com os objetivos do negócio.

A partir da necessidade de um adequado gerenciamento de risco, um estudo foi realizado pelo autor com o objetivo de investigar o estado da arte sobre o tema relacionado utilizando a metodologia *ProKnow-C*. Este estudo

levou em consideração a pesquisa de artigos na língua inglesa de diversas bases de dados contida entre o período de 2014 a 2017. Os eixos de pesquisa adotados foram: (a) *Product Development*, (b) *Project Management*, e (c) *Risk Management*. Dessa pesquisa, foram encontradas 1303 referências bibliográficas que passaram por um processo de filtragem através de fatores como: relevância e fator de impacto dos periódicos, autores de maior destaque, reconhecimento científico dos artigos publicados, palavras-chave mais recorrentes e análise da evolução do assunto. Com a realização da análise bibliométrica, foi obtido um total de 23 artigos que foram utilizados na análise sistêmica. As principais saídas desse estudo foram: identificação das soluções já propostas por outros autores e também as oportunidades de pesquisa relacionadas ao tema (BASTCHEN et al., 2018).

Aliado com a identificação da oportunidade de pesquisa, o escopo desse trabalho está inserido no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais (PPGEM), que possui o Programa de Manufatura Inteligente homologado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). O objetivo do programa é realizar trabalhos de pesquisa ligados às oportunidades identificadas dentro do contexto de empresas de manufatura. A pesquisa está relacionada com a análise de custo e risco orientada por requisitos, auxiliando nas tomadas de decisão de projeto baseada em modelos completos de processo e produto.

Portanto, a situação identificada traz à tona o seguinte questionamento: seria possível orientar o processo de tomada de decisão a partir da avaliação de fatores de risco que levem em conta aspectos ainda não considerados para uma determinada alternativa no contexto de uma alteração de engenharia?

Algumas pesquisas realizadas nos últimos anos se destacam com o tema de melhoria do processo de tomada de decisão durante o PDP. Desenvolvimentos de métodos têm sido realizados para auxiliar nesse processo. O estudo de Marmier *et al.* (2014) cria um método que analisa as consequências da decisão levando em consideração apenas os impactos em dois diferentes critérios: custo e atraso de cronograma caso um fator de risco ocorra, e desconsidera o envolvimento de fatores de risco.

Também, modelos matemáticos têm sido propostos para descrever riscos associados a dados qualitativos e quantitativos. Halabi *et al.* (2017) propõem a utilização de redes bayesianas para medir e monitorar riscos durante a fase de desenvolvimento do produto combinando probabilidade de ocorrência, severidade e perda caso o risco ocorra. Outra saída desse estudo, é que o modelo desenvolvido pode ser usado para prever o risco esperado num tempo futuro com base no status do risco atual. No estudo, utilizou-se apenas a análise de uma única proposta de solução e não envolveu fatores de risco.

Outro estudo baseado em apenas uma única proposta de solução é de Relich *et al.* (2017) que propõem um modelo para auxiliar decisões gerenciais baseado em multicritérios, tais como: marketing, equipe de projeto, desempenho, risco e estratégia. Esse modelo é capaz de estimar parâmetros de projetos como o tempo de duração e custo unitário de produção de um novo produto baseado na utilização da lógica *fuzzy*. Novamente, é excluída a análise de fatores de risco.

Por outro lado, os autores Li *et al.* (2015) propõem a criação de um modelo para auxiliar na avaliação e na quantificação do risco durante o processo de desenvolvimento de produtos complexos. Esse modelo auxilia na simulação da propagação do risco com a finalidade de suportar tomada de decisão. Entretanto, não leva em consideração o uso de múltiplas alternativas para avaliação de risco.

Ainda, Shah *et al.* (2016) desenvolveram um *framework* e um método para auxiliar a tomada de decisão, utilizando múltiplas alternativas em critérios como desempenho, risco e tomada de decisão. Porém, o estudo é aplicado ao ambiente de manufatura. Com esse desenvolvimento, é possível classificar as alternativas de soluções, de acordo com o risco, em zonas do tipo: altamente recomendada, factível, arriscada e indesejada, que podem ser visualizadas em um gráfico 2D.

Todos esses trabalhos de pesquisa apontam para o auxílio do processo de tomada de decisão como uma tendência de pesquisa, com o intuito de melhorar a qualidade do produto desenvolvido e de reduzir a probabilidade de

certas falhas acontecerem para o cliente final. O resumo da análise de trabalhos relacionados a gerenciamento de riscos em projeto de desenvolvimento de produto pode ser observado no Quadro 1.

Quadro 1 – Análise de trabalhos relacionados com gerenciamento de riscos.

Autor	Auxiliar na tomada de decisões gerenciais	Decisão dentre múltiplas alternativas	Aplicado ao Desenvolvimento de Produto	Envolvimento de diferentes fatores de risco
Marmier <i>et al.</i> (2014)	Sim	Sim	Sim	Não
Halabi <i>et al.</i> (2017)	Sim	Uma proposta de solução	Sim	Não
Relich <i>et al.</i> (2014)	Sim	Uma proposta de solução	Sim	Não
Shah <i>et al.</i> (2014)	Sim	Uma proposta de solução	Sim	Não
Li <i>et al.</i> (2014)	Sim	Sim	Não	Não
<u>Esta pesquisa</u>	<u>Sim</u>	<u>Sim</u>	<u>Sim</u>	<u>Sim</u>

Fonte: O próprio autor.

Assim, esse estudo segue a tendência de pesquisa identificada nos artigos publicados recentemente, porém, propondo um novo artefato baseado em gerenciamento de riscos, capaz de auxiliar o processo de tomada de decisão dentre múltiplas alternativas num contexto de uma alteração de engenharia.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho consiste no desenvolvimento de um método capaz de orientar o processo de tomada de decisão a partir da avaliação de um conjunto de fatores de risco que devem ser considerados para uma determinada alternativa de produto num contexto de uma alteração de engenharia.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcançar o objetivo geral proposto, o estudo deverá satisfazer os seguintes objetivos específicos:

O1. Identificar um contexto de aplicação (demonstração) da solução no cenário de uma mudança de engenharia da indústria em uma empresa parceira;

O2. Identificar soluções existentes para auxílio à tomada de decisão dentre múltiplas alternativas e de gerenciamento de riscos;

O3. Construir o artefato (método) como forma de complementar as ferramentas já existentes;

O4. Demonstrar a aplicação do artefato por meio de provas de conceito no contexto da empresa parceira;

O5. Avaliar o artefato quanto à sua eficiência, facilidade de uso, generalidade, operacionalidade e utilidade no processo de uma mudança de engenharia; e

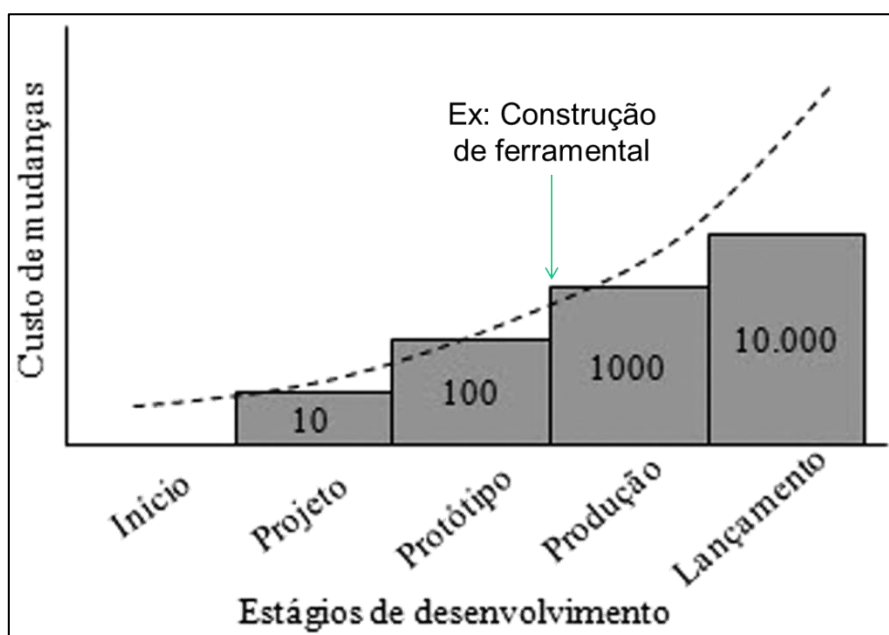
O6. Comunicar os resultados obtidos tanto no meio industrial bem como no meio acadêmico por meio da publicação dos resultados da pesquisa.

1.3 JUSTIFICATIVA

O mercado competitivo está cada vez mais acirrado e dinâmico, impulsionando as empresas a responderem aos desejos de seus clientes cada vez com maior velocidade e de forma mais acurada. A corrida pela participação no mercado exige das empresas que desenvolvem produtos um comprometimento muito forte com a qualidade. Para obter vantagem frente aos concorrentes, é fundamental um adequado gerenciamento de riscos durante o projeto de desenvolvimento para evitar que os fatores de risco apareçam em fases tardias de projeto. Cabe ressaltar que algumas vezes eles surgem depois que o produto já está desenvolvido na forma de problema de qualidade quando o cliente já tem o produto em mãos.

Ao longo do ciclo de desenvolvimento de produto, quanto mais tardia a descoberta de um problema que não foi detectado anteriormente, muito mais caro custa para empresa resolvê-lo, conforme pode ser visualizado na Figura 2. Pode-se citar como exemplo de custo, que durante a transição para a etapa de produção, é necessário um grande investimento em ferramentais.

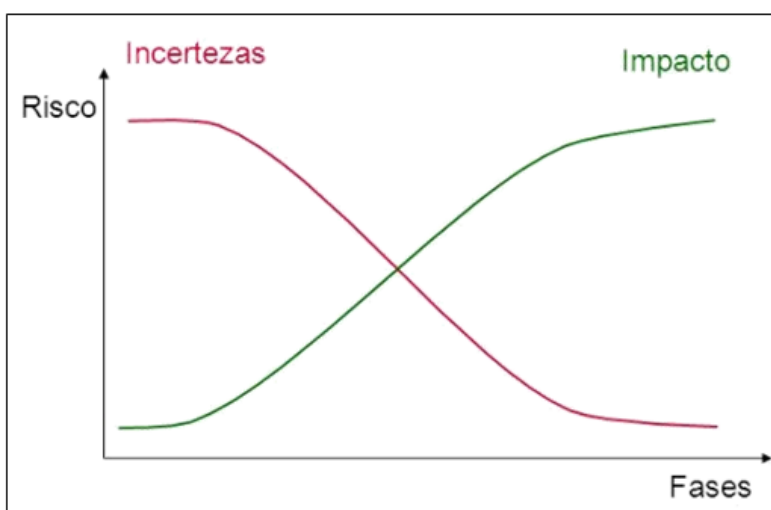
Figura 2 - Relação do custo de correção durante o PDP.



Fonte: Adaptado de Back *et al.* (2008), p.16

Outra questão, é que a fase inicial de projeto possui grandes riscos devido ao baixo volume de informações disponível e o alto grau de incertezas, e estima-se que as escolhas de alternativas que ocorrem no início do ciclo de desenvolvimento são responsáveis por 85% do custo do produto final. Por isso, nem sempre a tomada de decisão na etapa de projeto ocorre de forma simples. Com o avanço do projeto de desenvolvimento de produto, as incertezas tendem a ser reduzidas, em contrapartida, o investimento aumenta, como pode ser visualizado na Figura 3.

Figura 3 - Relação das incertezas e investimento durante o PDP.



Fonte: Adaptado de Dinsmore e Cavalieri (2003), p.170

Assim, a solução proposta nessa dissertação pretende prover informações baseadas no gerenciamento de riscos para auxiliar na tomada de decisão no contexto de uma mudança de engenharia considerando múltiplas alternativas de solução. Com isso, espera-se que o método seja eficiente em auxiliar o processo de tomada de decisão e que a solução possa ser genérica o suficiente para ser replicada em outras empresas além da que será considerada no estudo. Visa-se ainda que seja facilmente entendido e aplicado para que possa se tornar operacional, além de ser útil, ou seja, realizando algo que não possa ser feito sem o uso do mesmo.

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A presente pesquisa esteve direcionada para auxiliar no processo de tomada de decisão, portanto, não se enquadrou no limite da pesquisa mudanças na forma em que esse processo é realizado atualmente. Também o método desenvolvido não objetivou tomar a decisão dentre múltiplas alternativas, apenas servir como auxílio a essa etapa.

Também, não foi mérito dessa pesquisa análise quantitativa de fatores de risco dentre diversos fornecedores. Dessa forma, foram excluídos aspectos específicos de fornecedores que não possam ser extrapolados para o conjunto amplo da cadeia de fornecimento, com o objetivo de manter a generalidade.

Uma vez que a pesquisa buscou a criação de um método, então esteve incluso o desenvolvimento de ferramenta para aplicação do mesmo.

Ainda, não fez parte do escopo dessa pesquisa a avaliação do método desenvolvido em outros contextos, ambientes ou produtos além dos que estavam descritos no capítulo dos aspectos metodológicos, tampouco a implementação desse método na empresa parceira.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Além deste capítulo de introdução que apresentou o contexto, o problema, a pergunta de pesquisa, o objetivo e a justificativa, este trabalho se estrutura em outros quatro capítulos. No capítulo 2 encontra-se a fundamentação teórica relacionada com os principais conceitos abordados na pesquisa. O capítulo 3 apresenta os aspectos metodológicos relevantes e os procedimentos utilizados na elaboração do estudo e na análise de dados, além da caracterização da pesquisa. No capítulo 4 estão os resultados e discussões. Em seguida, o capítulo 5 traz a conclusão, e após as referências bibliográficas que foram utilizadas ao longo desta pesquisa. Adiante, no Apêndice A, é apresentado o questionário aplicado na etapa de avaliação e no Apêndice B, a representação BPMN completa do método desenvolvido.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são apresentados os conceitos considerados relevantes para o entendimento e desenvolvimento da pesquisa. Esse capítulo foi construído a partir do levantamento bibliográfico e foi organizado numa sequência progressiva de abrangência dos assuntos, e está dividido em 4 seções. São elas: alteração de engenharia no processo de desenvolvimento de produto, *set-based concurrent engineering*, gerenciamento de riscos e ferramentas de apoio à tomada de decisão.

2.1 ALTERAÇÃO DE ENGENHARIA NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

De acordo com Wright (1997), mudança de engenharia (*Engineering Change – EC*) é uma alteração de um componente do produto e ocorre quando o mesmo já está em fase de produção. Pode ser entendida ainda, segundo Jarratt et al. (2004), como modificação realizada em peças, *softwares* ou desenhos já liberados durante o projeto do produto. Já para Huang e Mak (1999) ela é caracterizada pela alteração em formas, ajustes, funções, dimensões, materiais, etc. de um produto ou de um componente e pode ocorrer em qualquer fase do ciclo de vida do produto até o final de vida.

Existem múltiplos fatores que podem causar as ECs, segundo Eckert et al. (2004). Pode-se citar como exemplos: requisitos de segurança ou regulamentação, problemas de qualidade, erros, solicitações de clientes, fornecedores, redução de custos, produção, testes, adição de *poka-yokes* para evitar erros de montagem, padronização da linha de montagem, redução do tempo de manutenção, e outros.

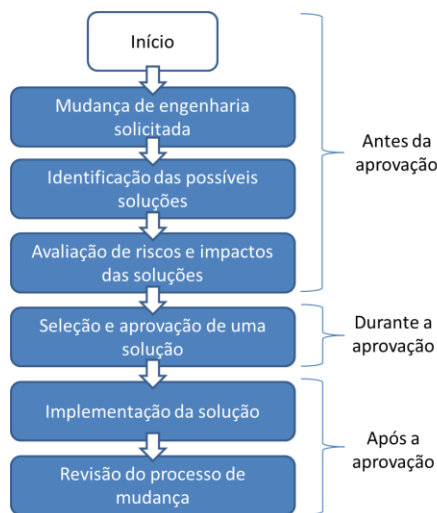
Terwiesch e Loch (1999) afirmam que as mudanças de engenharia eram vistas no passado, por profissionais e pesquisadores, mais como uma tragédia do que como uma atividade de gestão de processos. Isso poderia ser considerado como uma fonte de irritação de acordo com Pikosz e Malmqvist (1998), pois significavam que projetistas teriam que retrabalhar algo fazendo

com que se sentissem culpados de terem errado durante a fase de projetos. Porém, Wright (1997) indica que podem ser também mecanismos para uma melhoria de produto. Podem ser ainda fatores que asseguram longevidade ao produto no mercado quando são realizadas reduções de custo.

A organização e controle desse processo é conhecido como gerenciamento das mudanças de engenharia (Engineering Change Management – ECM), segundo Jarratt et al. (2004), e pode ser considerado como um fator chave de sucesso de PDP a habilidade de gerenciar grande número de mudanças e o conseqüente custo gerado por elas.

Um modelo encontrado na literatura relacionado com as mudanças de engenharia dentro das organizações é o de Jarratt et al. (2004), conforme pode ser visto na Figura 4. Nele existem 6 etapas, que são: mudança de engenharia solicitada, identificação das possíveis soluções, avaliação de riscos e impactos das soluções, seleção e aprovação de uma solução, implementação da solução e revisão do processo de mudança.

Figura 4 – Modelo de um processo de mudança de engenharia genérico.



Fonte: Adaptada de Jarratt et al. (2004)

Durante a fase de solicitação da mudança de engenharia, devem ser identificados os motivos, o tipo e quais são as peças ou componentes afetados. Durante a segunda etapa, são identificadas potenciais soluções para o

problema/oportunidade encontrado. Em seguida, são avaliados os riscos ou impactos que podem causar, dentre eles custo, tempo, testes e outros. Com essas informações, a EC pode ser aprovada ou rejeitada. No caso de ser aprovada, define-se a data de implementação que pode ser feita de imediato ou em fases. Documenta-se a mudança efetuada e distribui-se a informação entre os envolvidos para assegurar que todos estejam com a nova definição. Ao final, acompanha-se durante um período de tempo a mudança realizada para verificar se o objetivo foi atingido e registram-se as lições aprendidas para futuros processos. Em qualquer uma das etapas, é possível revisitar passos anteriores até que o processo seja concluído.

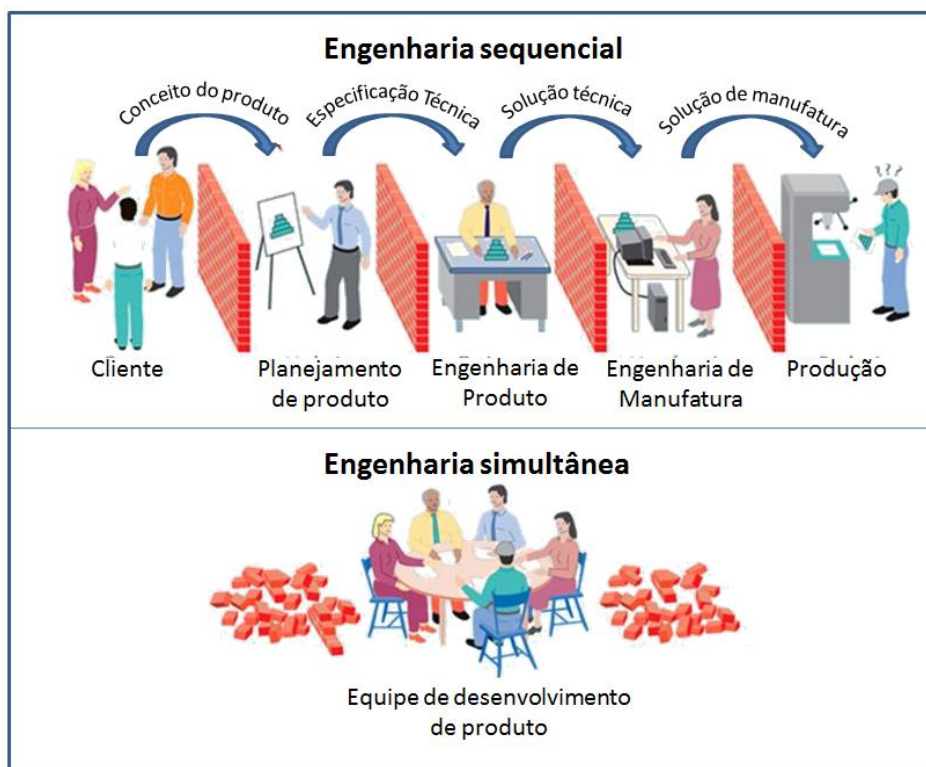
Durante esse processo acontece a geração de concepções, ou alternativas, buscando atingir os benefícios básicos do cliente e o diferencial com relação aos concorrentes. É nesse contexto que se aplicam os conceitos de *set-based concurrent engineering* para a escolha de uma solução dentre múltiplas alternativas para uma alteração de engenharia.

2.2 SET BASED CONCURRENT ENGINEERING

A abordagem da engenharia simultânea por conjunto de alternativas (*set based concurrent engineering* - SBCE) faz contraponto com a abordagem da engenharia sequencial ponto a ponto. Assim, a decisão sobre o conceito final do produto só ocorre na fase de industrialização. Essa diferença pode ser visualizada na Figura 5.

Na abordagem do tipo ponto a ponto, a definição do conceito de um produto é feita logo após as discussões preliminares e o desenvolvimento evolui de uma área para outra. Devido a isso, essa abordagem deu origem à expressão “throw it over the wall”, pois um departamento tendia a se eximir de qualquer responsabilidade após a passagem para o próximo departamento e isso compromete a qualidade do PDP (SOBEK et al., 1999).

Figura 5 – Diferenças entre as abordagens de engenharia sequencial e simultânea.



Fonte: O próprio autor.

Entretanto, em condições de mercado que são instáveis, a tecnologia e as condições de desenvolvimento não são perfeitamente conhecidas, Sobek et al. (1999) apontam que a abordagem *set based* como a mais indicada, pois dessa forma são testados diferentes conceitos de forma a combinar as soluções mais adequadas e então é tomada uma decisão para o desenvolvimento de uma única solução técnica, e isso é válido desde a criação de um novo produto, bem como para casos de alteração de engenharia.

O nascimento do conceito SBCE ocorreu pouco antes da ascensão da Toyota no mercado de automóveis americano, por meio de Ward e Seering (1989) descrevendo um desenvolvimento formado por um conjunto de alternativas em paralelo que vinham a ser reduzidas seguindo critérios de engenharia durante a evolução do projeto. Passou bastante tempo até que Ward et al. (1995) usassem o termo *set-based engineering*, para descrever a abordagem de projetistas que trabalham sobre conjuntos de soluções de forma paralela. Devido a isso, o desenvolvimento tomava mais tempo do que os

concorrentes de mercado e ficou conhecido como “segundo paradoxo Toyota”. A abordagem procura gerenciar não somente os fatores de riscos técnicos, mas também os gerenciais, por meio de programação de atividades em paralelo, integração com o cliente, configuração de times e utilização de ferramentas.

A abordagem SBCE pode ser definida, de acordo com Sobek et al. (1999) por meio de três pilares fundamentais, que são: mapeamento do espaço de projeto, integração por interseção e estabelecimento de viabilidade antes de firmar compromisso.

A etapa de mapeamento do espaço de projeto é composta pelo conjunto de alternativas que são caracterizadas, desenvolvidas e comunicadas no time de projeto. São listados os prós e os contras de cada uma das alternativas comparadas entre si e são mapeados os custos e a viabilidade dessas alternativas por meio do desdobramento para os sistemas e os subsistemas que compõem cada uma das soluções. A próxima etapa, integração por interseção, visa buscar uma maior robustez à solução técnica através da compreensão das interseções e integrações de forma harmoniosa entre as soluções viáveis. Na última etapa, é realizado um filtro para estreitar gradualmente o número de alternativas, excluindo-se aquelas “mais fracas” em comparação com as outras alternativas que apresentam maiores vantagens. A definição da alternativa que será implementada é feita, em geral, em determinadas etapas do projeto, nas quais são realizadas as tomadas de decisão baseadas nos fatores de risco que cada uma das alternativas oferece.

Portanto, é de grande importância para o PDP a utilização de mais de uma alternativa de solução técnica nessa etapa de uma alteração de engenharia, baseada no SBCE. Assim, se alguma alternativa oferece um risco muito elevado e que a estratégia do gerenciamento de risco seja de evitar essa proposta, ainda haverá outras possibilidades de soluções a serem utilizadas.

Para isso, são monitoradas e controladas as incertezas até a escolha da solução técnica ideal utilizando o gerenciamento de risco. Assim, apesar de aumentar o tempo necessário para análise de diferentes soluções, a

abordagem SBCE indica que o gerenciamento de risco melhora a qualidade da solução adotada.

2.3 GERENCIAMENTO DE RISCOS

O projeto de desenvolvimento de um novo produto, devido suas características de complexidade e multidisciplinaridade, está exposto de forma frequente com fontes de riscos, que segundo ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2009a, p.4) são elementos que tem a capacidade de gerar riscos. Por isso, o gerenciamento de projeto atua em cada uma das etapas dos modelos do PDP de forma distinta. Já de acordo com o *Project Management Body of Knowledge – PMBOK* (PMI, 2018), projeto pode ser definido como um esforço temporário que pode ser aplicado, por exemplo, na criação ou na modificação de um produto. Por isso, apresenta como característica definida sua temporalidade com data de início e fim, além de apresentar um resultado exclusivo, no caso, para a criação/alteração de um produto, obtida por meio da realização de uma sequência de etapas feitas progressivamente.

Os riscos podem ser originados em qualquer etapa do PDP, dentre elas, pode-se destacar, por exemplo, o momento de transição para o projeto informacional, no qual ocorrem as traduções das informações de mercado para especificações técnicas. Nessa etapa, trabalha-se apenas com informações qualitativas e insuficientes a respeito do produto, que muitas vezes pode não refletir o desejo do cliente. Assim, segundo Schuyler (2001), o risco pode ser definido como o efeito acumulado da probabilidade de incerteza que pode produzir tanto um resultado positivo (oportunidade) como negativo (ameaça).

Para evitar esse efeito negativo, deve ser utilizado um adequado gerenciamento de risco visando obter: auxílio no processo de decisão, precisão de resposta, evitar a propagação de um risco para outras atividades do PDP, assegurar que as especificações do projeto correspondam aos desejos do cliente, garantir que as características da solução técnica correspondam ao comportamento do produto, auxiliar para que os objetivos do projeto sejam

atingidos da melhor maneira possível, além de outros aspectos relevantes ao PDP.

Gerenciar riscos é um processo iterativo e ajuda as organizações a estabelecer estratégias para alcançar objetivos e tomar decisões estratégicas, que considera os contextos externo e interno da organização, e também outros aspectos, tais como comportamento humano e fatores culturais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009a, p.8). Os riscos associados ao PDP são os fatores que podem influenciar diretamente no sucesso ou no fracasso do lançamento de um novo produto e estão relacionados às atividades, métodos, ferramentas, equipe de projeto e saídas presentes nesses processos.

O gerenciamento de risco pode ser definido como um processo formal e sistemático que visa identificar, analisar, responder, monitorar e controlar os riscos de projeto para atender os seus objetivos como escopo, qualidade, tempo e custo (PMI, 2018). Portanto, um gerenciamento de riscos desejável é baseado num controle de eventos futuros de maneira pró-ativa.

A falta do uso de um gerenciamento de riscos pode causar inúmeras perdas financeiras e de recursos que podem variar desde um pequeno impacto de atraso em cronograma até mesmo a falência de uma empresa. Assim, segundo Toledo et al. (2008), os fatores de risco devem ser avaliados pelas diversas áreas funcionais da empresa, pois raramente um risco ocorre de forma isolada. Geralmente, o risco de uma atividade influencia diretamente na existência de outros riscos nas demais atividades do projeto de um produto, sejam estes técnicos ou gerenciais, devido às fortes relações de dependência entre as informações na sequência de atividades do PDP.

De acordo com ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2009b), a primeira etapa que compõe o processo de avaliação de riscos é a de planejamento, que consiste na identificação e avaliação das estratégias, ferramentas e métodos que serão utilizados durante a fase de projeto. Nessa etapa, são avaliadas ainda as necessidades de recurso, responsabilidade, capacitação, custo e tempo empregado nas atividades. Os detalhes dependem das características do projeto, como: complexidade, tamanho e importância.

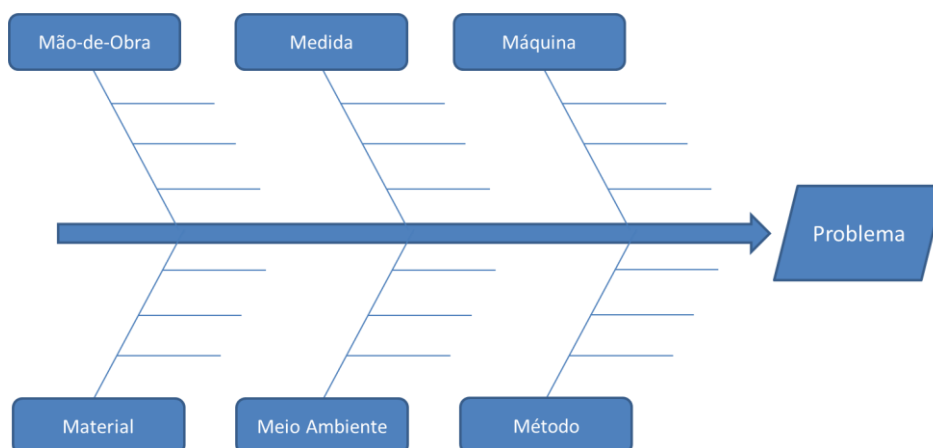
Todo esse conjunto de informações também é chamado de plano de gerenciamento de riscos.

Com a etapa de planejamento definida, é realizada a identificação de riscos, que tem por objetivo levantar e descrever os eventos que podem dar origem aos impactos no projeto e quais seriam esses impactos, ou de acordo com ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2009b), essa etapa tem o objetivo de encontrar, reconhecer e registrar os riscos com o propósito de identificar o que poderia acontecer ou quais situações poderiam afetar o alcance dos objetivos da organização. Por isso, identifica as fontes de risco, os eventos, as situações e circunstâncias que poderiam causar algum tipo de impacto material. Essa etapa pode ser realizada utilizando um conjunto de ferramentas bastante conhecidas, tais como: *brainstorming*, árvore de falha, entrevistas, comparação por analogia, análise do caminho crítico e outros.

Uma ferramenta muito utilizada para isso é o Diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de causa e efeito ou espinha de peixe. Foi criado por Kaoru Ishikawa com o objetivo de fazer as pessoas pensarem sobre causas e razões possíveis que fazem com que um problema ocorra. Sua composição leva em consideração de que as causas dos problemas podem ser classificadas em 6 tipos diferentes, que são: método, máquina, medida, meio ambiente, mão-de-obra e material, os quais são dispostos na representação na forma de uma espinha de peixe (Figura 6).

A etapa seguinte consiste em analisar qualitativamente os fatores de risco, ou seja, realizar uma análise preliminar a respeito dos riscos para identificar as causas e o impacto que pode provocar. Dessa forma, os fatores de risco podem ser priorizados e/ou mapeados de acordo com a probabilidade de ocorrência e a gravidade dos impactos. Outra informação importante nessa etapa é definir a proximidade do mesmo ocorrer, para que os mais iminentes possam ser tratados com maior agilidade. A definição de probabilidade de ocorrência e impacto é feita, em geral, de maneira subjetiva baseada nas experiências dos especialistas.

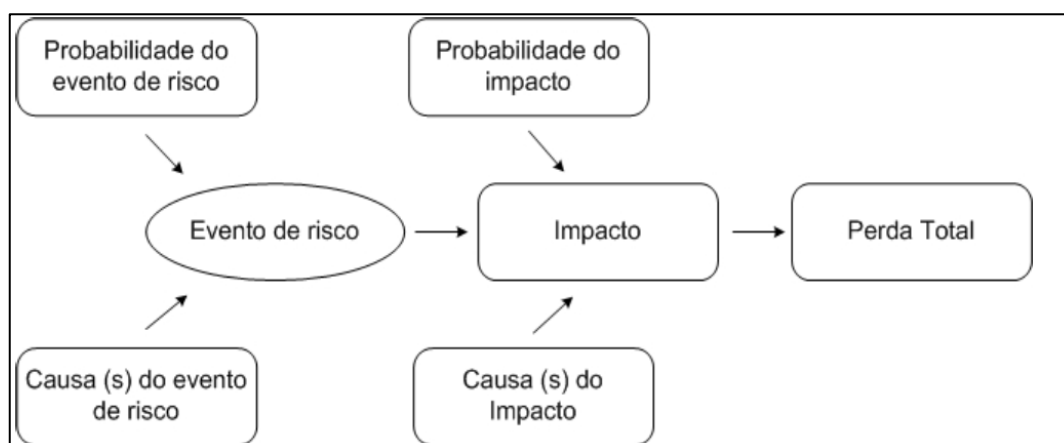
Figura 6 – Exemplo de diagrama de Ishikawa.



Fonte: O próprio autor.

A próxima etapa consiste na caracterização do risco, ou seja, a avaliação de forma quantitativa. Como exemplo, Smith et al. (2002) propõem um modelo para auxiliar na mensuração da intensidade de perda esperada pela ocorrência de um fator de risco, cuja representação gráfica desse modelo pode ser vista na Figura 7. De acordo com o modelo, a probabilidade e a causa são os dados de entrada dos valores atribuídos ao evento de risco e ao impacto. Dessa forma, o cálculo da perda esperada é realizado multiplicando-se os valores da probabilidade de risco, probabilidade do impacto e perda total, e em geral, a resposta obtida mensurada em grandezas de tempo de atraso ou ainda em valor monetário.

Figura 7 – Representação gráfica de um modelo de mensuração de fatores de risco.



Fonte: Smith et al. (2002)

Em seguida, é feito o planejamento das respostas aos fatores de risco. Devem ser desenvolvidas ações para reduzir os efeitos no projeto. Algumas formas de serem realizados podem ser: evitar eliminando sua causa, mitigar reduzindo sua probabilidade e/ou impacto até um nível aceitável, transferir o impacto e a responsabilidade para terceiros e aceitação dos impactos causados com adoção de abordagem reativa.

Um exemplo de matriz de recomendações de ações a serem tomadas nessa etapa pode ser visualizado no Quadro 2, porém, geralmente a decisão da estratégia a ser tomada varia de acordo com o orçamento e o cronograma do projeto. De acordo com ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2009b), a matriz probabilidade/consequência é um meio de combinar classificações qualitativas ou semi-quantitativas de probabilidades e consequências com o objetivo de produzir um nível de risco ou classificá-los de modo a serem priorizados. Existem ainda estratégias de contingência, tais como: desenvolver planos alternativos de solução, assegurar reserva de tempo ou dinheiro no projeto para tratamento dos riscos, e outras.

Quadro 2 – Matriz de recomendações baseada em probabilidade x impacto.

Probabilidade	Muito alta	ACEITAR	MITIGAR	EVITAR	EVITAR	EVITAR
	Alta	ACEITAR	MITIGAR	MITIGAR	EVITAR	EVITAR
	Média	ACEITAR	ACEITAR	MITIGAR	MITIGAR	EVITAR
	Baixa	ACEITAR	ACEITAR	ACEITAR	MITIGAR	MITIGAR
	Remota	ACEITAR	ACEITAR	ACEITAR	MITIGAR	MITIGAR
	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Grau de Impacto					

Fonte: O próprio autor.

Para finalizar, deve-se monitorar e controlar os riscos para acompanhar o resultado da implementação das ações, aplicar correções nas respostas, atualização das probabilidades e do impacto, monitorar os riscos residuais e identificar novos fatores. Esse processo deve ser executado de forma contínua no projeto, pois são dinâmicos e evoluem com o passar o tempo.

Para assegurar o andamento do projeto, é necessário que esses fatores de risco sejam submetidos a determinadas tomadas de decisão, de modo a serem conhecidos pela organização para que sejam endereçados adequadamente de acordo com a estratégia da empresa.

2.4 FERRAMENTAS DE APOIO À TOMADA DE DECISÃO

A palavra decisão provém do latim *decidere*, que significa cortar, romper com algo. Dessa forma, uma decisão é tomada sempre que se tem mais de uma opção para o tratamento ou resolução de um problema, de modo a definir um curso de ação em detrimento ou outros (ALMEIDA, 2011).

De acordo com Oliveira (2010), o processo decisório é a transformação de um conjunto de informações analisadas em ação, com o objetivo de aplicar a solução mais conveniente para resolver um impasse, desde que satisfaçam as necessidades da organização. Em geral, é constituído de diversos elementos, tais como: dúvidas, riscos, condições de indefinição, objetivo desejado, conflitos, estratégia da empresa, e outros.

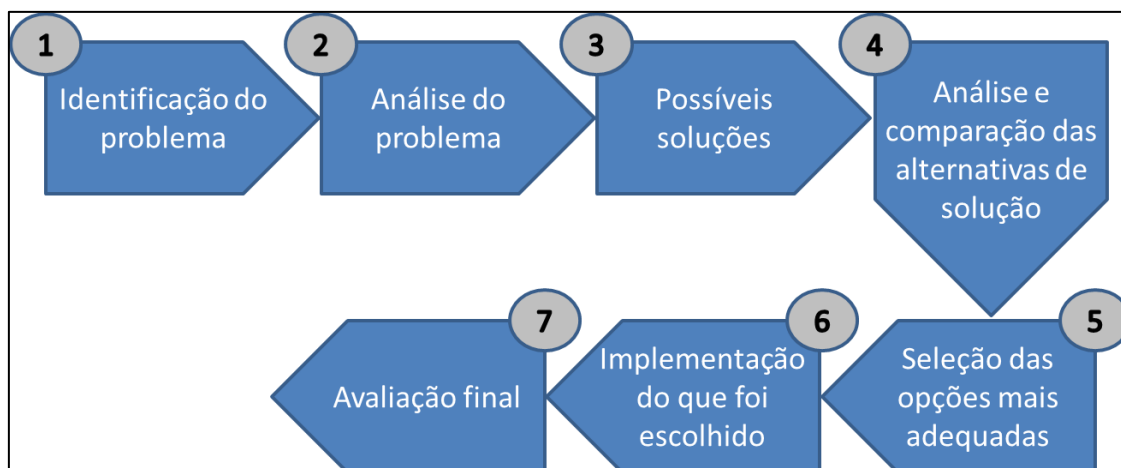
Já para Campello de Souza (2007), uma decisão é a consequência lógica das preferências, do conhecimento e das disponibilidades de opções, ou seja, daquilo que se quer, daquilo que se sabe e daquilo que se pode fazer.

As principais etapas de um processo de tomada de decisão são: identificação do problema, análise do problema, possíveis soluções, análise e comparação das alternativas de solução, seleção das opções mais adequadas, implementação do que foi escolhido e avaliação final, como podem ser vistas na Figura 8.

Muitas decisões do dia-a-dia são tomadas com base em apenas um único parâmetro, porém, ao se tratar da área de desenvolvimento de produtos, deve-se admitir que raramente se enquadram nesta situação, pois possuem uma natureza mais complexa e multidisciplinar, envolvendo inúmeros parâmetros diferentes, e com isso, pode ser caracterizado como um problema de Decisão Multicritério. Para esse tipo de caso, não existe, em geral, nenhuma

alternativa de solução que seja melhor para todos os critérios simultaneamente. Quando isso acontece, busca-se uma opção que possua o melhor compromisso dentre os vários critérios analisados de acordo com a estratégia da decisão (ZELENY, 1982).

Figura 8 – Etapas do processo de tomada de decisão.



Fonte: O próprio autor

Na fase inicial de resolução desse impasse, os vários *stakeholders*, que são os atores que influenciam direta ou indiretamente o projeto, precisam desenvolver um entendimento comum a respeito do problema, do objetivo da solução e dos elementos que impactam na escolha. Os interesses desses *stakeholders* podem ser entendidos como um conjunto de critérios que representam as preferências de um decisor de acordo com um ponto de vista, sem que haja redundâncias.

O processo de tomada de decisão consiste em avaliar os diversos critérios simultaneamente para cada uma das opções, e escolher uma alternativa dentre as possibilidades existentes de acordo com a estratégia da decisão. Para auxiliar essa análise, existem diversas soluções que auxiliam nesse processo, dentre elas: *Pugh Matrix*, MDCA-C, AHP, PROMETHEE, e outras. Dentre os fatores que levaram a escolha dessas soluções para a fundamentação teórica, estão a afinidade do pesquisador com tais soluções, a

ampla utilização delas em contextos industriais para auxiliar esse processo e a possibilidade de integração delas com o método desenvolvido nesse trabalho.

2.4.1 *Pugh Matrix Analysis*

O método de Análise *Pugh Matrix* (PMA) é muito utilizado para tomadas de decisão envolvendo vários critérios, nas quais, diferentes alternativas de cenários possíveis são envolvidas no processo. O PMA tem sido um dos modelos mais utilizados nesta área devido a sua simplicidade e evitar o uso de problemas matemáticos complexos (CERVONE, 2009). De acordo com Frey et al. (2007), o modelo tem diversas variações dentro da literatura, as quais variam no modo de uso, porém, todas elas pertencem ao PMA.

O PMA foi desenvolvido por Stuart Pugh com a intenção de fazer convergir um conceito forte para ser melhor que o líder de mercado e fazer as pessoas envolvidas conhecerem o processo e compreenderem porque tal escolha tinha disso feita (FREY et al., 2007).

De acordo com Cervone (2009), o PMA pode ser dividido em 7 etapas. O primeiro consiste na escolha dos critérios que servirão de avaliação, o segundo é selecionar as alternativas que serão comparadas, e estes são seguidos pelo terceiro passo que consiste na construção dessa matriz. O quarto passo corresponde a atribuição de pesos para os diferentes critérios. No quinto passo, uma alternativa de referência deve ser escolhida, e com base nela, todas as outras alternativas serão comparadas e avaliadas no sexto passo. Para cada alternativa, sugere-se que se a alternativa comparada com a referência for melhor seja atribuída a nota (+1), se for semelhante a referência a nota será (0) e se for pior (-1). As notas atribuídas podem variar de acordo com a necessidade e complexidade do problema. O último passo corresponde ao cálculo do score, ou seja, a nota da avaliação de cada critério é multiplicada pelo seu respectivo peso, e então, esses conjuntos de valores são somados para cada uma das alternativas.

Dessa forma, pode-se avaliar quais são as alternativas mais importantes de acordo com o escore obtido. Porém, Cervone (2009) atenta que nem sempre a alternativa que possui o maior escore absoluto é necessariamente a mais importante, mas que as alternativas que possuem os maiores escores devem ser consideradas e analisadas atentamente como as mais importantes. Um exemplo de *Pugh Matrix* pode ser visualizado na Figura 9, no qual é realizada uma análise entre 5 diferentes alternativas de solução que são comparadas com a solução de referência, por meio de diferentes critérios que possuem diferentes pesos na tomada de decisão.

Figura 9 – Exemplo de utilização da *Pugh Matrix*.

Número do Critério	Critério	Peso	Referência		Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		Alternativa 4		Alternativa 5	
1	Time to market	10,0	0	→	0	→	0	→	0	→	0	→	-5	↓
2	Durabilidade	8,0	0	→	1	↗	1	→	1	→	-1	→	5	↗
3	Custo de Projeto	7,0	0	→	0	→	-1	→	-3	↓	-3	↓	-3	↓
4	Custo de Produto	6,0	0	→	-1	→	-3	↓	-3	↓	-3	↓	-3	↓
5	Montagem	5,0	0	→	0	→	-5	↓	-3	↓	-1	→	-5	↓
6	Confiabilidade	5,0	0	→	-5	↓	-5	↓	-1	→	-3	↓	-5	↓
7	Manutenção	3,0	0	→	-3	↓	0	→	0	→	0	→	-5	↓
8	Plataforma	2,0	0	→	1	→	-1	→	-1	→	-5	↓	-1	→
9	Conforto	1,0	0	→	-1	→	-1	→	-1	→	-1	→	-3	↓
			0		-31		-70		-54		-78		-119	

Fonte: O próprio autor.

Assim, Renzi (2013) afirma que o PMA é um ótimo método para analisar múltiplos critérios, e que a comparação aos pares torna possível envolver várias alternativas. Porém, algumas desvantagens são a possibilidade de gerar conflitos entre diferentes avaliadores e a incapacidade para ser completamente implementada via software, pois, necessita de muitas avaliações pessoais que são em geral subjetivas.

2.4.2 Análise de Decisão por Múltiplos Critérios Construtivista

A Análise de Decisão por Múltiplos Critérios Construtivista (MCDA-C) é um valioso método que pode ser utilizado para auxiliar nas tomadas de decisão complexa e geralmente é aplicado para resolução de problemas que possuem diversas alternativas de solução. De acordo com ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA

DE NORMAS TÉCNICAS (2009b, p.95), o processo que compõe a avaliação de riscos envolve as etapas de identificação, consequências, probabilidade, nível e avaliação dos riscos. Tem por objetivo a produção de uma ordem de preferência entre as opções disponíveis, comparar opções para uma análise preliminar para determinar opções preferenciais e as inapropriadas, comparar opções onde existam critérios múltiplos e algumas vezes conflitantes, e alcançar um consenso sobre uma decisão onde diferentes partes interessadas têm objetivos ou valores conflitantes.

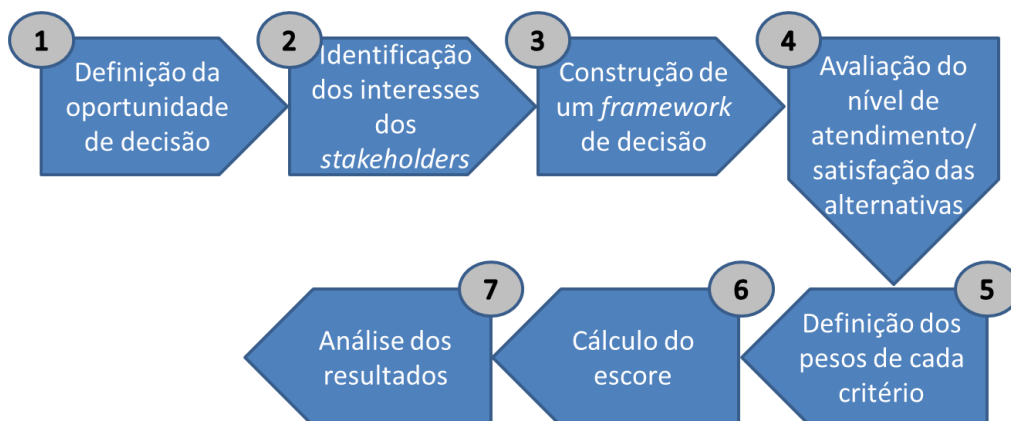
De acordo com Ensslin et al. (2010), o MCDA-C é realizado de forma sistêmica e sistemática em três grupos de atividades, que são: estruturação, avaliação e recomendação. A base consiste em dividir a decisão em partes menores para que seja mais fácil de entender, análise de cada uma das partes e integração dessas partes para gerar uma solução significativa (NRLI, 2018).

Quando utilizada por um grupo de tomada de decisão, o MCDA-C auxilia a resolver um problema de escolha entre diferentes alternativas levando em consideração os valores que são importantes para cada uma das diferentes áreas ou atores. Permite ainda que o grupo discuta a respeito de complexos *trade-offs* entre as alternativas, auxiliando o grupo a pensar, repensar, testar, ajustar, e repetir essas etapas até que se chegue numa decisão final a respeito das possíveis soluções.

Assim, o MCDA-C não traz como resultado a escolha de uma solução ótima para o problema, mas sim auxilia durante todo o processo para que o grupo possa chegar num consenso a respeito da alternativa que melhor satisfaça os anseios das diferentes áreas e gerando maior conhecimento a respeito dessa decisão (ENSSLIN et al., 2001).

O método pode ser dividido em 7 passos, que são: definição da oportunidade de decisão, identificação dos interesses dos *stakeholders*, construção de um *framework* de decisão, avaliação do nível de atendimento/satisfação das alternativas, definição dos pesos de cada critério, cálculo do escore e análise dos resultados (Figura 10).

Figura 10 – Sequência de passos utilizados no MCDA-C.



Fonte: O próprio autor.

O primeiro passo corresponde à definição da oportunidade de decisão, a qual é responsável pela identificação dos elementos que serão utilizados no processo de decisão, tais como: objetivo, tomadores da decisão e as alternativas de solução. O segundo passo identifica os interesses e subinteresses dos *stakeholders*, que serão os critérios que irão basear a escolha dentre as diversas soluções. Os aspectos podem ser áreas mais abrangentes enquanto que os subaspectos podem ser elementos mais pontuais.

Uma vez tendo os elementos anteriores definidos, é possível iniciar o terceiro passo que utiliza essas informações na construção de um *framework* de decisão, mostrando a ligação entre cada uma delas. O *framework* permite que os envolvidos entendam a relação entre os objetivos, os interesses da decisão para a empresa e os de outros membros e as alternativas disponíveis. No quarto passo é realizada a avaliação do nível de atendimento/satisfação de cada alternativa para cada um dos critérios. Já no quinto passo é feita a definição dos pesos de cada um dos critérios de acordo com o grau de importância desse critério para a tomada de decisão.

No sexto passo é feito o cálculo de escore que une o valor das avaliações com o peso de cada alternativa. E o último passo consiste na análise dos resultados obtidos pelos membros com relação às consequências das possíveis decisões a serem tomadas. Nesse ponto, cabe reavaliar algum

ponto se necessário ou então tomar a decisão final para a escolha de uma das alternativas dentre as que são possíveis.

Alguns dos pontos fortes do MCDA-C são: fornecer uma estrutura simples para tomada de decisão eficaz e apresentação de premissas e conclusões, tornar mais gerenciáveis os problemas de decisão complexos que não são passíveis de análise custo/benefício, poder auxiliar a considerar racionalmente os problemas onde concessões precisam ser efetuadas e poder auxiliar a atingir um acordo entre as partes interessadas com objetivos e critérios diferentes (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009b, p.95). Entretanto, algumas de suas limitações são: possibilidade de má seleção dos critérios de decisão, a maioria dos problemas da MCDA-C não apresenta uma solução conclusiva ou única, critérios de cálculo ajudam a obscurecer a verdadeira base da decisão (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009b, p.95).

2.4.3 Análise Hierárquica de Processos

A Análise Hierárquica de Processos (AHP) é um método multicritério utilizado para tomada de decisão. A lógica desse método está baseada no método newtoniano e cartesiano que consiste em decompor o problema em porções menores tanto quanto necessário para atingir um nível claro e dimensionável, para em seguida estabelecer relações que possibilitem a escolha da melhor alternativa de acordo com determinados critérios (GOMES et al., 2004).

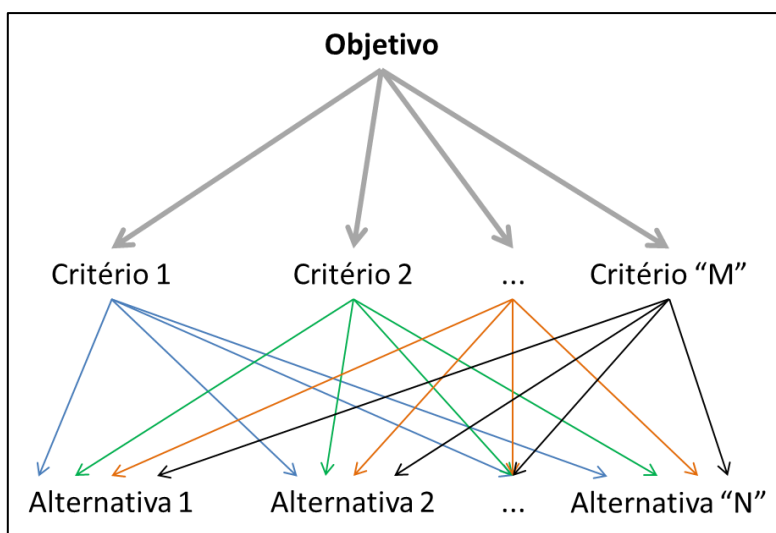
De acordo com Saaty (2008) e Vargas (2012), uma das grandes vantagens do método AHP é a possibilidade de atribuição de pesos relativos para vários atributos ou ainda várias alternativas para um dado atributo, e realização de comparações aos pares de alternativas, facilitando dessa forma que a mente humana julgue a opção mais importante no processo de decisão. Outra vantagem é que o método procura manter uma simplicidade durante o processo de modelagem para permitir total compreensão e propiciar cativação para obter confiança, além de uma maior participação na estruturação e

resolução do problema. Uma desvantagem é a exigência de um elevado rigor teórico.

Para a utilização desse método, utilizam-se os três princípios do pensamento analítico, que são: construção de hierarquias, definição de prioridades e consistência lógica (GOMES et al., 2004). O primeiro deles visa desdobrar o problema em diferentes níveis de hierarquia para possibilitar um entendimento mais adequado entre os componentes de uma decisão, já a definição de prioridades tem por objetivo comparar pares de alternativas julgando a prioridade de uma sobre a outra e, por último, avaliar a consistência do modelo proposto para assegurar que os julgamentos foram realizados de forma coerente.

A etapa de construção de hierarquia consiste na organização do objetivo, dos atributos e das variáveis na forma de uma árvore de decisão, que tem por função tornar explícita a relação de subordinação dos critérios e subcritérios com relação ao objetivo principal, a contribuição de cada alternativa para atingir o objetivo. Um exemplo dessa estrutura pode ser visualizado na Figura 11.

Figura 11 – Exemplo de estrutura hierárquica do AHP.



Fonte: O próprio autor.

Na etapa de definição de prioridades são realizados os julgamentos para avaliar se existe ou não preferência de um elemento sobre outro a cada par avaliado, e o quão forte seria, seguindo uma escala numérica. Os dados são analisados matematicamente e o resultado ao final desse processo consiste numa lista ordenada das alternativas para a melhor escolha de acordo com os critérios estabelecidos. Já na última etapa, é realizada a verificação da consistência lógica, também feita matematicamente e que serve de apoio ao método utilizado de modo a analisar a consistência dos julgamentos realizados nas etapas anteriores.

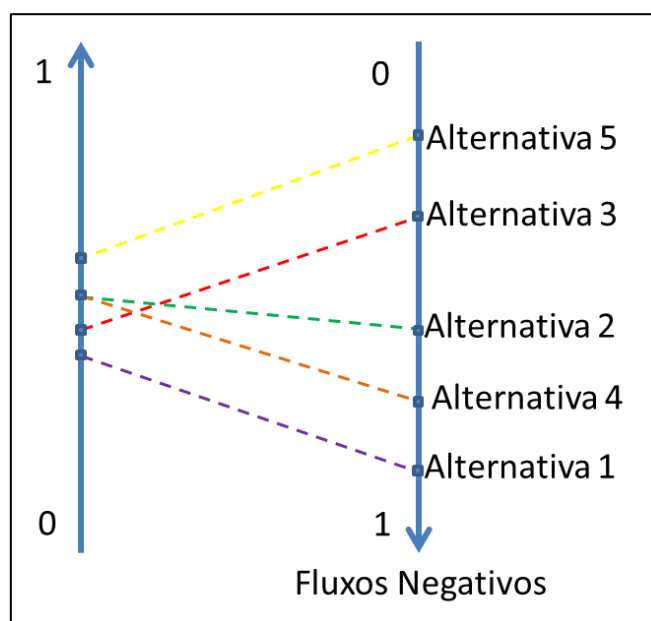
2.4.4 Método PROMETHEE

O PROMETHEE (do inglês, *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*) pertence ao grupo dos métodos de sobreclassificação, o qual se baseia em duas etapas: a primeira é relativa à construção de uma relação de sobreclassificação que agrega informações entre os critérios e as alternativas e na segunda, explora essa relação para apoiar a tomada de decisão (BRANS; MARESCHAL, 2005). A etapa de construção engloba a captação da amplitude das diferenças de avaliações de cada um dos critérios e o grau de preferência global de uma ação sobre a outra quando comparadas em pares, enquanto que a segunda etapa visa esclarecer o decisor em relação ao desempenho de cada alternativa. As combinações aos pares são validadas conforme o número de ações e então é gerado um ranking das opções analisadas.

Esse tema foi apresentado pela primeira vez em uma conferência na Universidade de Laval, Quebec – Canadá em 1982 por J. P. Brans (BRANS; MARESCHAL, 2005). Uma vez que usa uma matemática simples, faz com que o método de concepção e ordenação possa ser aplicado em várias situações, nas quais são identificadas as diferenças de cada alternativa e que são confirmadas com a avaliação de critérios por função de preferência (SILVA; MORAIS; ALMEIDA, 2010).

Uma das desvantagens deve-se à transformação de critérios qualitativos em valores quantitativos, uma vez que é uma prática subjetiva e suscetível a julgamento de cada indivíduo, faz com que durante a análise de sensibilidade, uma mudança na pontuação final não possa ser notada após mudança da hipótese (WERNKE, BORNIA, 2001). Um exemplo de resultado gráfico obtido com o uso do método PROMETHEE pode ser visualizado na Figura 12, na qual, com base na análise dos fluxos positivos e negativos é possível concluir que para os critérios considerados, destaca-se a alternativa 5 como a mais viável e desejável, a alternativa 1 como a menos adequada para essa decisão, enquanto que as demais alternativas, por haver um cruzamento entre elas, sugere-se que são relativamente semelhantes entre si.

Figura 12 – Exemplo de resultado gráfico utilizando o método PROMETHEE.



Fonte: O próprio autor.

Neste capítulo foram apresentados temas como alteração de engenharia no PDP, SBCE, gerenciamento de riscos e ferramentas de apoio à tomada de decisão, os quais serviram de base para a construção da solução que busca resolver o problema identificado na pesquisa.

Um dos fatores que diferencia essa pesquisa das demais literaturas consultadas é o fato de orientar e adicionar mais informações ao processo de tomada de decisão, ou seja, sem substituir nenhuma dessas soluções, mas podendo ser integrada a qualquer uma delas para prover uma tomada de decisão mais embasada. Outro ponto é o fato de considerar fatores de risco além dos técnicos/tecnológicos, e que acabam sendo negligenciados, dentre os quais, condições de fornecimento, logísticos, comerciais, gerenciais e outros. O próximo capítulo aborda os aspectos metodológicos relacionados com a pesquisa.

3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo tem por objetivo caracterizar a pesquisa e descrever os procedimentos metodológicos utilizados no desenvolvimento do presente trabalho.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

De acordo com Garces (2010), esta pesquisa pode ser definida quanto a finalidade como aplicada, pois, objetiva a resolução de problemas específicos e práticos por meio da geração de conhecimento. Além disso, enquadra-se como do tipo exploratória e prescritiva.

Do ponto de vista do objetivo do estudo, é classificada como exploratória, pois, se investe esforço no preenchimento de uma lacuna do conhecimento e descritiva ao considerar a observação, registro, análise e descrição de fatos e fenômenos sem que haja manipulação.

A pesquisa do tipo prescritiva tem por objetivo propor melhorias e soluções para um determinado problema, buscando compreender e descrever fenômenos, analisando valores reais para o desenvolvimento de teorias ou hipóteses enquanto que pesquisa do tipo descritiva visa fornecer diagnóstico sobre o motivador do problema, focando no problema e não na solução (HEVNER; CHATTERJEE, 2010, p.46). Assim, o objetivo dessa pesquisa é caracterizado como prescritivo, pois, busca desenvolver um novo artefato (método) para auxiliar um processo já existente. Por isso foi adotado como *framework* metodológico o DSR (*Design Science Research*), que tem por objetivo o projeto e desenvolvimento de artefatos para resolver problemas ou melhorar sistemas existentes, o qual será explicado na seção seguinte.

3.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

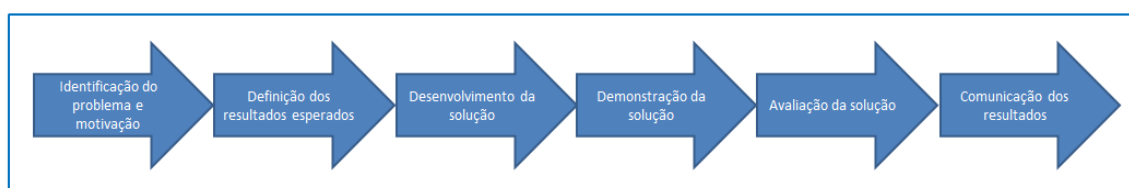
No presente trabalho foi utilizado o *framework* metodológico para pesquisas de natureza prescritiva proposto por Peffers *et al.* (2007) conhecido

por *Design Science Research* (DSR). Segundo Bayazit (2004), o DSR tem por objetivo estudar, pesquisar e investigar algum problema e seu respectivo comportamento não somente do ponto de vista acadêmico, bem como do ponto de vista organizacional. Dessa forma, é um processo muito útil para projetar artefatos capazes de resolver problemas, avaliar a efetividade e informar os resultados obtidos.

O DSR prevê um conjunto de procedimentos, práticas e princípios para condução de pesquisas científicas e tem como principais objetivos: (a) apresentação consistente com a literatura já publicada; (b) proposição de um processo formal para a realização de pesquisa e; (c) servir de base como modelo mental para apresentação e avaliação dos resultados da pesquisa.

É composto por 6 etapas, que são: (1) identificação do problema; (2) definição dos objetivos; (3) desenvolvimento da solução; (4) demonstração; (5) avaliação e; (6) comunicação. O fluxograma da sequência das etapas pode ser visualizado na Figura 13. De acordo com Von Alan *et al.* (2004), a saída esperada é a solução de problemas de negócios ainda não resolvidos com a criação de artefatos relevantes. Por isso, é fundamental que durante a utilização desse *framework*, sejam levados em consideração critérios como qualidade, eficácia e utilidade.

Figura 13 – Fluxograma das principais etapas do *framework* DSR.



Fonte: O próprio autor.

Um artefato tem por definição como algo artificial ou construído por seres humanos, que faz oposição a algo natural (SIMON, 1996). De acordo com Dresch, Lacerda e Júnior (2015), os artefatos são construídos com o objetivo de alterar algo em um sistema, seja para a resolução de problemas ou

para a melhoria de desempenho. Assim, alguns exemplos de artefatos são: métodos (boas práticas e algoritmos); construções (símbolos e vocabulário); modelos (abstrações e representações) e; instanciações (protótipos e implementações de sistemas).

Para o presente trabalho, foi proposta a criação de um novo método como artefato. A definição de método é um conjunto de passos utilizado para executar uma tarefa (DRESCH; LACERDA; JUNIOR, 2013). O método proposto deve ser capaz de capturar a estrutura da realidade para que, assim, possa ser de fato útil. Para tanto, utilizou-se um caso de aplicação industrial de uma empresa que desenvolve novos produtos.

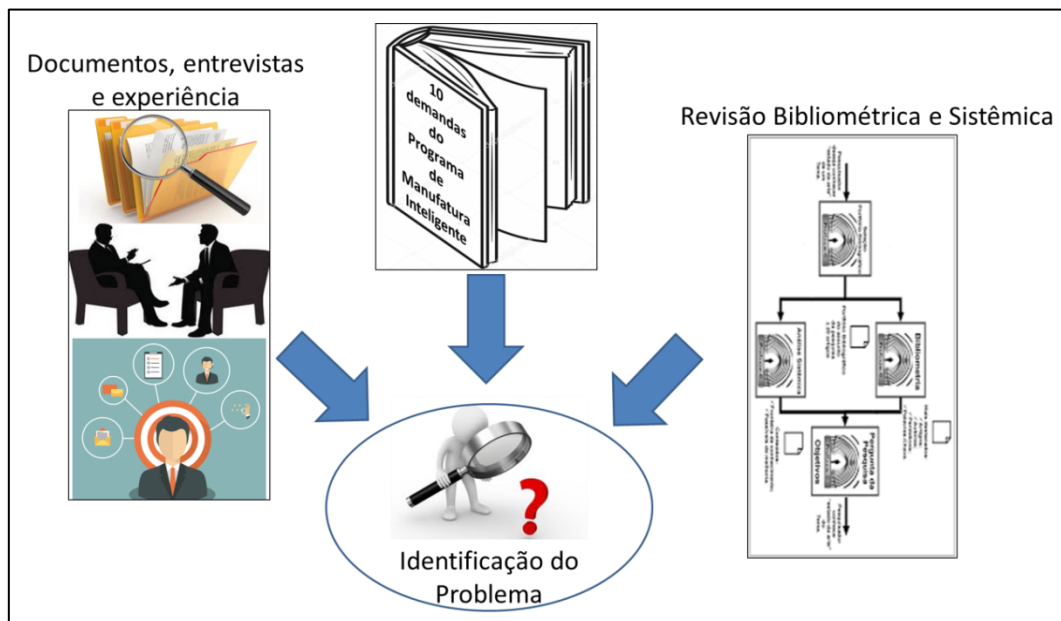
3.2.1 Identificação do Problema e Motivação

A primeira etapa do DSR corresponde à identificação do problema e motivação, ou seja, está presente na identificação e definição da questão de pesquisa a ser respondida e na justificativa adotada para a solução proposta. Para essa fase, são necessários como recursos o conhecimento do estado do problema e a importância de sua solução.

Para essa pesquisa, a identificação do problema foi realizada em três diferentes frentes. A primeira delas foi o diagnóstico realizado a partir da análise de documentos, entrevistas e da experiência do próprio pesquisador relacionado com a causa raiz da ocorrência de problemas de qualidade na área de desenvolvimento de produto de uma empresa parceira do ramo automotivo causadas por alterações de engenharia. Muitas vezes eram riscos que não eram identificados ou que haviam sido negligenciados durante a fase de projeto.

A segunda frente foi o alinhamento do tema com um dos desafios propostos no Programa de Manufatura Inteligente, sendo este, a demanda 2 a respeito da Análise de Custo e Risco Orientada por Requisitos. A terceira frente foi a pesquisa bibliométrica e sistêmica realizada para identificar a lacuna de pesquisa. A Figura 14 apresenta as bases da identificação do problema e da pergunta de pesquisa.

Figura 14 – Fatores de contribuição para identificação do problema.



Fonte: O próprio autor.

Já a justificativa foi composta por três aspectos. O primeiro deles foi a relação do aumento do custo significativo para resolução de problemas de qualidade com o avanço das fases do PDP. O segundo aspecto foi a relação entre o nível das incertezas e o impacto delas no avançar das fases do PDP. Já o terceiro, corresponde com a lacuna de pesquisa encontrada na literatura.

3.2.2 Definição dos Objetivos da Solução

Na segunda fase do DSR, inferem-se os objetivos esperados da solução a partir do conhecimento aprofundado do problema e das diferentes possibilidades de solução. Dessa forma, dá início a etapa de investigação para conhecer o estado da arte relacionado ao problema e as soluções já propostas e a eficácia atingida por elas, caso já existam.

A presente investigação possui como um dos objetivos específicos a identificação de soluções existentes para o auxílio à tomada de decisão dentre múltiplas escolhas, tais como *Pugh Matrix*, MCDA-C, AHP e PROMETHEE, e também para o gerenciamento de riscos.

Após a realização da revisão de literatura, foi estabelecido como resultado esperado para esse trabalho a criação de um artefato para auxiliar no processo de tomada de decisão dentre múltiplas alternativas para uma mudança de engenharia, considerando fatores de risco que levem em conta aspectos ainda não considerados.

3.2.3 Projeto e Desenvolvimento da Solução

Após a identificação do problema e da definição dos objetivos da solução que deveria ser proposta, foi possível projetar e desenvolver o método apresentado nessa dissertação.

Para isso, foram inicialmente identificadas as etapas relacionadas com o processo de uma alteração de engenharia e o processo de tomada de decisão. Além disso, foram pesquisadas soluções já existentes na literatura para o processo de gerenciamento de riscos e tomada de decisão, tais como: AHP, MCDA-C, *Pugh Matrix*, PROMETHEE.

Em seguida, foi realizado o levantamento de dados relacionados a esses temas por meio da pesquisa de documentos e entrevistas realizadas no ambiente industrial na área de engenharia de desenvolvimento de produto de uma empresa parceira, dentre eles, o processo de alteração de engenharia, as ferramentas utilizadas para tomada de decisão e gerenciamento de riscos. Dessa forma foi possível relacionar os dados propostos na literatura com os práticos aplicados numa empresa.

Todos os dados estratificados dessas fontes foram compilados e integrados para gerar informações, que em seguida foram analisados e sequenciados para produzir o conhecimento que trouxe o resultado na forma de um rascunho do método apresentado nesse trabalho. Durante a realização dessa etapa foram levadas em consideração as questões de competência que seriam avaliadas pela abordagem DSR, para o correto direcionamento da elaboração do método. Após isso, foi feita uma avaliação crítica de cada uma das etapas para o contexto de aplicação, e em seguida, esse rascunho foi realimentado com as novas informações e com isso foi possível de chegar à

versão final do método apresentado. Durante esse processo, houve muitas iterações para analisar, corrigir e complementar a sequência das etapas de uma forma clara e estruturada.

Após a construção escrita do método, foi utilizado o editor Bisagi como ferramenta para a criação da representação BPMN do método desenvolvido. Algumas das razões da sua utilização foram: facilidade de uso, gratuidade e atendimento das necessidades dessa pesquisa.

Para a criação de tabelas e gráficos auxiliares ao método, tais como a matriz de balanceamento, o *framework* da decisão, *Pugh Matrix*, e matriz de risco, utilizou-se o software Microsoft Excel 2010 principalmente devido a facilidade de uso e disponibilidade de licença.

Assim, foi possível projetar e criar o novo método proposto na pesquisa que auxilia o processo de tomada de decisão dentre múltiplas alternativas durante uma alteração de engenharia.

3.2.4 Demonstração da Solução

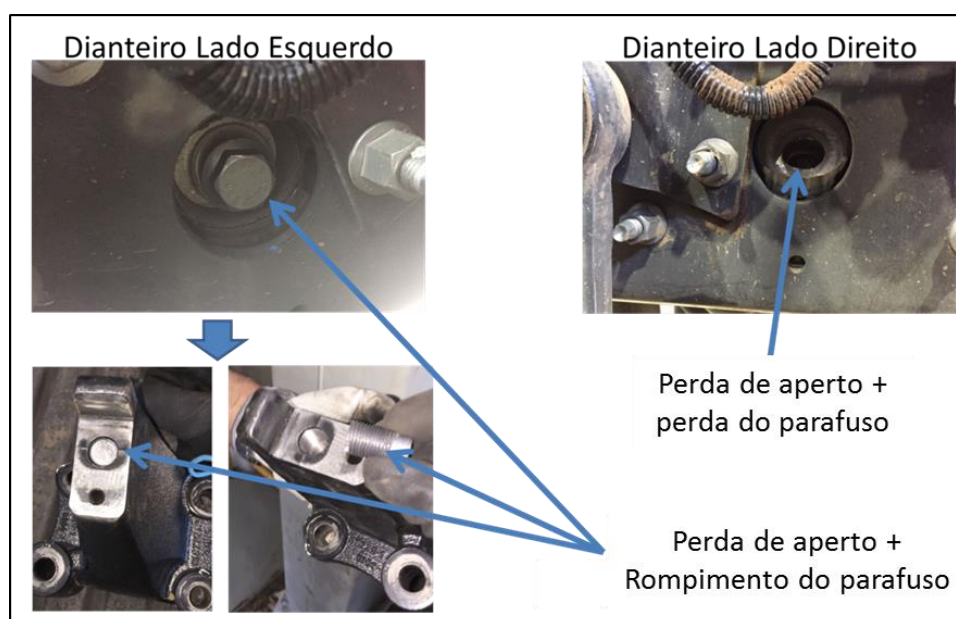
Após o projeto e desenvolvimento do artefato necessário para resolver o problema identificado, foi realizada a quarta etapa do *framework* DSR, responsável por comprovar o funcionamento da solução proposta em um determinado contexto. Na presente pesquisa foi observada uma empresa parceira do ramo automotivo que fabrica ônibus e caminhões na região de Curitiba/PR.

Para comprovar a eficiência da solução proposta, buscou-se utilizar um cenário industrial que pudesse servir de caso de aplicação do método para responder a seguinte pergunta: a solução funciona para o problema identificado?

A fase de demonstração do funcionamento do método deu-se com a aplicação do mesmo num caso de tomada de decisão dentre múltiplas alternativas para uma mudança de engenharia da área automotiva, mais especificamente para a mudança da suspensão do motor de um veículo

pesado que apresentava problemas de qualidade. Esse registro aconteceu durante os testes de um veículo protótipo que rodava em pista de teste, no qual aconteceu a perda de aperto e rompimento do parafuso do coxim dianteiro do lado direito do veículo, enquanto que o coxim dianteiro do lado esquerdo apresentava perda de aperto e perda do parafuso, conforme pode ser visualizado nas vistas laterais do veículo mostradas na Figura 15.

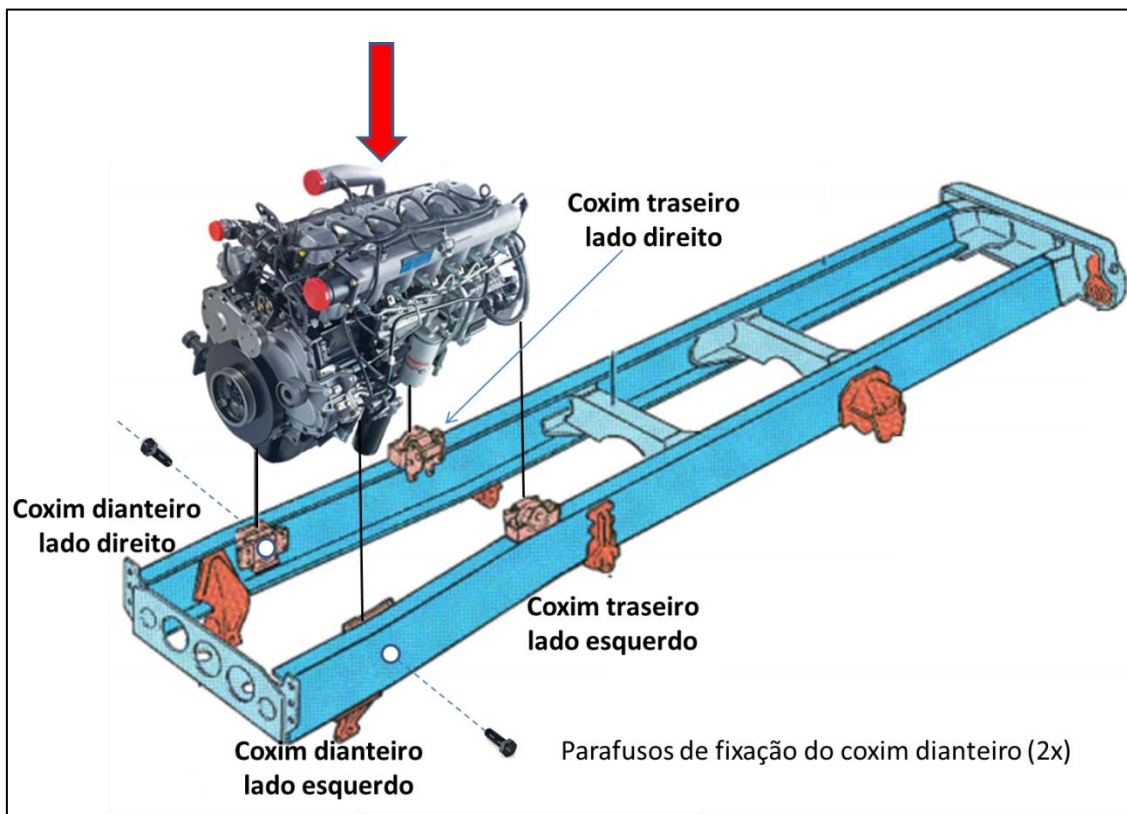
Figura 15 – Problema de qualidade do caso de demonstração.



Fonte: O próprio autor.

A suspensão de um motor de um veículo pesado (ônibus e caminhões) geralmente é feita sobre 3, 4 ou 5 pontos de fixação, sendo que o caso representado possuía 4 pontos de fixação: dianteiro direito, dianteiro esquerdo, traseiro direito e traseiro esquerdo. Os coxins são as peças fixas na longarina (estrutura principal) do veículo, enquanto que os suportes do motor estão fixados diretamente no motor. Para a fixação dos coxins dianteiros, foram utilizados dois parafusos transversais ao veículo, como pode ser visto na Figura 16.

Figura 16 – Exemplo de suspensão de motor de um veículo pesado.

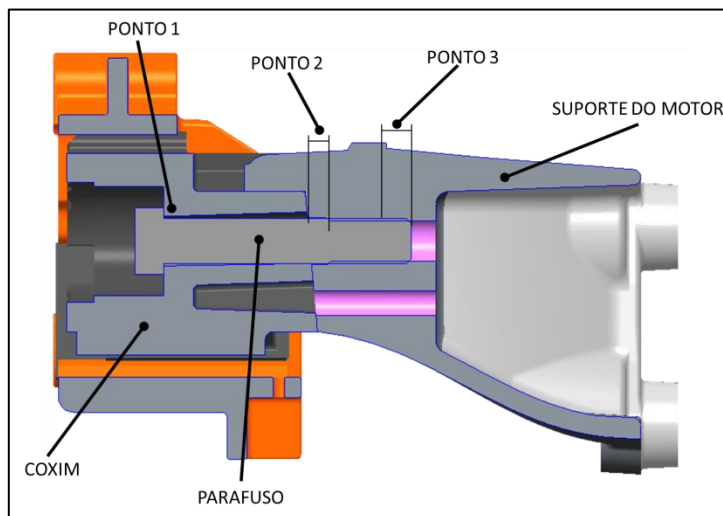


Fonte: O próprio autor.

No caso desse problema de qualidade, ao perder os dois pontos de fixação dianteira da suspensão do motor, poderia ocorrer a sobrecarga dos dois pontos de fixação traseiros resultando numa quebra completa do conjunto do motor do veículo, que conseqüentemente poderia ocasionar sérios acidentes se o veículo fosse aprovado e lançado de tal maneira. Assim, o problema de qualidade deveria ser tratado de forma a resolver completamente o problema. A solução que continha o problema foi chamada de Alternativa 1, a qual não possuía nenhuma modificação de design.

Para melhor visualização e entendimento, foi feito um corte na seção em que melhor se visualiza todos os elementos da montagem da suspensão do motor (Figura 17). Nela, pode-se observar que para a montagem, o parafuso passa pelo furo sem rosca do coxim e é rosqueado no suporte do motor entre os pontos 2 e 3.

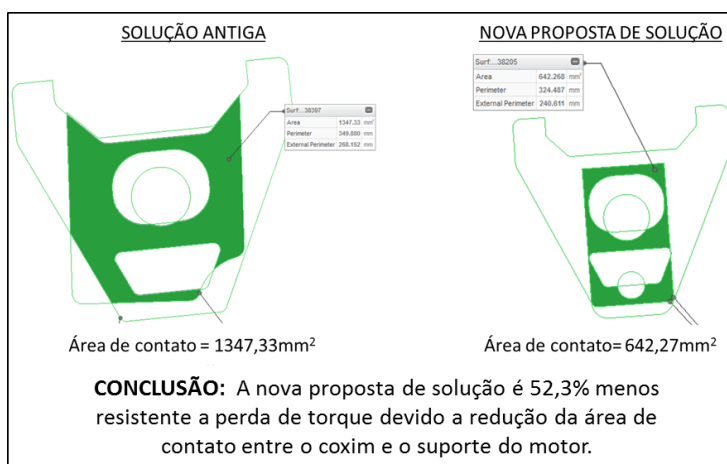
Figura 17 – Vista em corte com os elementos da suspensão do motor.



Fonte: O próprio autor.

Ao comparar a nova proposta de solução com a antiga, o resultado da análise de causa-raiz desse problema apontou que a nova proposta de solução do suporte do motor era 52,3% menos resistente a perda de aperto devido a redução da área de contato entre a superfície do coxim e o suporte do motor, que ocasionava o deslizamento entre elas e o problema de qualidade identificado (Figura 18). Com isso, o motor poderia se movimentar durante os testes do veículo, ocasionando a soltura e perda de um dos parafusos e, em seguida, o rompimento do parafuso restante por cisalhamento.

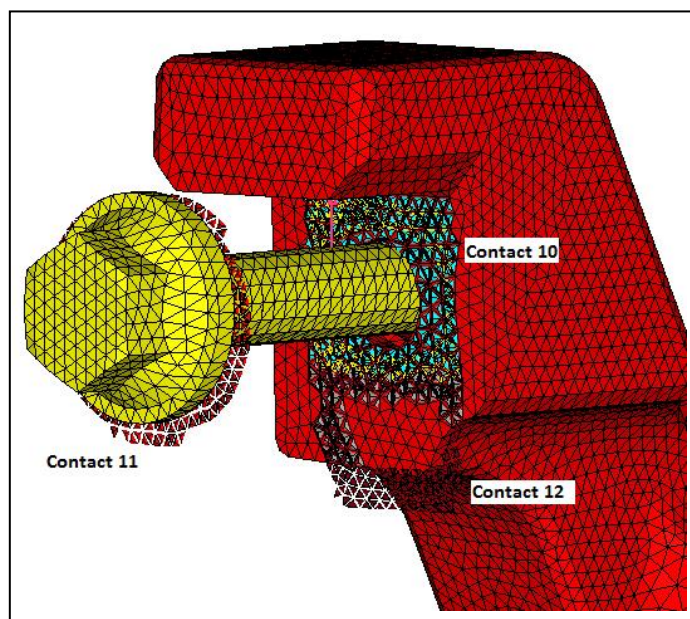
Figura 18 – Análise de causa-raiz comparativa entre as duas soluções.



Fonte: O próprio autor.

Após a realização de cálculos de simulação virtual por elementos finitos (FEA), foram propostas algumas alternativas de solução para esse problema de qualidade (Figura 19). Não foi considerada como solução a mudança significativa da forma do suporte do motor, pois isso acarretaria um elevado custo de investimento em ferramental. Para aumentar o atrito entre as duas superfícies e evitar a perda de aperto dos parafusos, poderia ser aumentado o diâmetro do parafuso utilizado de M16 para M18. A mudança do diâmetro do parafuso somado com a mudança de rosca no suporte do motor de M16 para M18 foi chamada de Alternativa 2.

Figura 19 – Análise de FEA realizada no conjunto da suspensão do motor.



Fonte: O próprio autor.

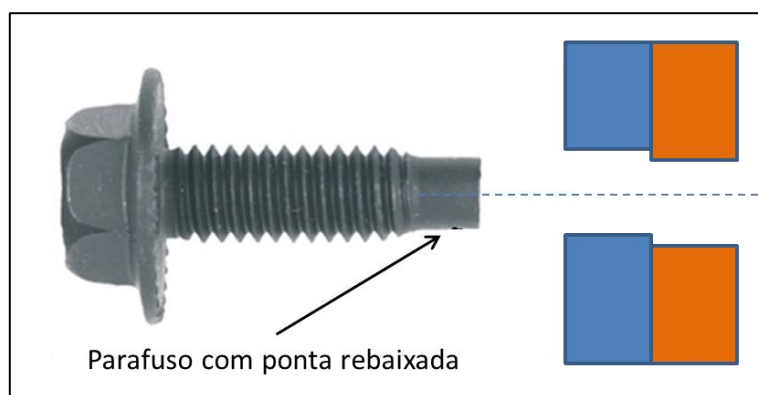
Com a proposição da solução técnica do aumento de diâmetro do parafuso e da rosca do suporte, identificou-se que a mudança trazia um risco para a montagem desse conjunto no veículo, pois o furo do coxim possuía diâmetro de 18mm, ou seja, igual ao diâmetro do parafuso. A retirada da folga funcional entre o parafuso e o coxim (ponto 1 da Figura 17) poderia gerar grandes problemas durante a montagem do motor no veículo, pois não havia

folga para ajuste de montagem entre o coxim e o suporte do motor durante a passagem do parafuso.

Devido às questões de dificuldade de montagem, outras possibilidades de solução necessitaram ser investigadas. A Alternativa 3 foi composta pela modificação da rosca do suporte do motor, pelo parafuso M18 e pela modificação no coxim do motor para aumentar a folga funcional dessa montagem entre o parafuso e o furo do coxim.

Outro agravante para a montagem, é que essas três primeiras alternativas de solução continham um parafuso sem ponta rebaixada. A Figura 20 mostra um exemplo de parafuso com a ponta rebaixada, que tem a função de guiar a passagem do parafuso entre diferentes peças que estão desalinhadas, como pode ser visto nas duas chapas que não estão com os furos concêntricos.

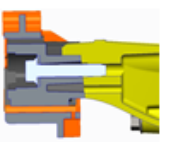
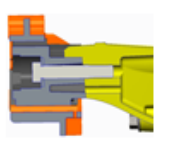
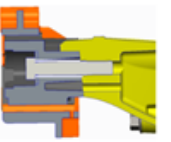


Figura 20 – Exemplo de parafuso com a ponta rebaixada.



Fonte: O próprio autor.

Assim, a Alternativa 4 era semelhante a anterior, porém contava com um parafuso diferente, nesse caso, com ponta rebaixada. Já a Alternativa 5 era uma mudança total no sistema de suspensão do motor, na qual seria utilizada a fixação de uma outra plataforma global, com peças totalmente diferentes. O Quadro 3 apresenta um resumo de todas as 5 alternativas de solução que foram consideradas para esse caso.

Quadro 3 – Resumo comparativo entre as diferentes alternativas de solução.

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5
Suporte do Motor	M16 - Sem mudança	M18 - Peça modificada	M18 - Peça modificada	M18 - Peça modificada	Nova solução
Coxim	Sem mudanças	Sem mudanças	Peça modificada	Peça modificada	Nova solução
Parafuso	M16 sem ponta rebaixada	M18 sem ponta rebaixada	M18 sem ponta rebaixada	M18 com ponta rebaixada	Nova solução
Figura					

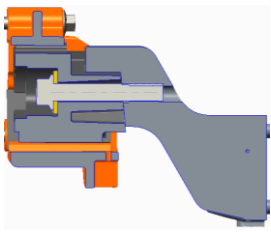
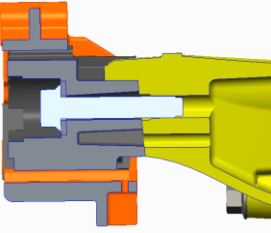
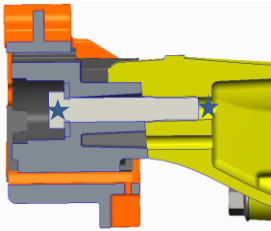
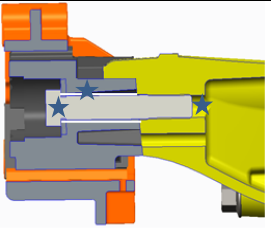
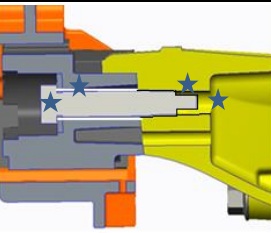

Fonte: O próprio autor.

Uma vez criado o cenário de tomada de decisão, o qual continha 5 diferentes alternativas de solução, foi utilizada a ferramenta *Pugh Matrix* para tomar a decisão dentre múltiplas alternativas, como pode ser visualizado no Quadro 4.

A *Pugh Matrix* apresenta na primeira coluna as diferentes alternativas de solução técnica para o caso, e na última coluna uma imagem de cada uma delas, no caso, marcada com uma estrela para ressaltar a região que diferencia tecnicamente a solução com relação à alternativa anterior.

A primeira linha contém os critérios avaliados para a tomada de decisão, e logo abaixo, os pesos de cada um desses critérios. Após que cada alternativa foi avaliada e foi calculado o escore total multiplicando-se o valor da avaliação pelo peso do critério correspondente, o resultado numérico de cada alternativa encontra-se na linha sombreada.

Quadro 4 – Pugh Matrix construída para tomada de decisão.

	Time to market	Custo de Produto	Custo de Projeto	Manutenção	Montagem	Confiabilidade	Durabilidade	Plataforma	Conforto	RESULTADO	IMAGEM DA SOLUÇÃO
PESO	10,0	6,2	6,0	5,0	3,0	3,0	2,0	1,6	1,5		
Referencia Solução atual sem mudança de design	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
Alternativa 1 Solução atual sem mudança de design	0	1	0	-1	0	-5	-3	1	-1	-20	
	→	↗	→	→	→	↓	↘	→	→		
Alternativa 2 - Novo suporte do motor com rosca M18 - Parafuso M18 sem ponta rebaixada	0	1	-1	-3	-5	-5	0	-1	-1	-48	
	→	→	→	↘	↘	↘	→	→	→		
Alternativa 3 - Novo suporte do motor com rosca M18 - Parafuso M18 sem ponta rebaixada - Coxim modificado	0	1	-3	-3	-3	-1	0	-1	-1	-42	
	→	→	↘	↘	↘	→	→	→	→		
Alternativa 4 - Novo suporte do motor com rosca M18 - Coxim modificado - Novo parafuso M18 com ponta rebaixada	0	-1	-3	-3	-1	-3	0	-5	-1	-61	
	→	→	↘	↘	→	↘	→	↘	→		
Alternativa 5 Solução completamente nova importada	-5	5	-3	-3	-5	-5	-5	-1	-3	-98	
	↘	↗	↘	↘	↘	↘	↘	→	↘		

Fonte: O próprio autor.

Após o resultado, foi possível concluir que, de acordo com os critérios utilizados no projeto, a melhor solução seria a Alternativa1, pois a mesma não apresentava nenhuma modificação de design e conseqüentemente seria mais barata e mais fácil de implementar. Ela precisava ser considerada como uma possibilidade de solução para o caso de todas as demais alternativas fossem inviáveis para aquela situação em específico. Porém, essa alternativa foi descartada por ser muito arriscada, uma vez que o impacto do problema de qualidade para o cliente poderia ser muito elevado. Pode-se registrar que não foi possível identificar tal incoerência utilizando apenas a ferramenta *Pugh Matrix*.

Com isso, a segunda possibilidade mais bem avaliada foi a Alternativa3, a qual foi escolhida para ser aplicada nesse caso. Foi possível observar que apesar da solução técnica aplicada para esse caso ser simples, uma troca de parafuso, o impacto causado pelo problema seria bastante elevado, e que nesse caso uma decisão inadequada poderia trazer inúmeros malefícios e gastos de recursos sem retorno, justificando o uso do método para esse caso.

Aliado a isso, com o desenvolvimento da solução escolhida, foram identificadas muitas outras incoerências resultantes dessa decisão, dentre elas: na etapa de industrialização constatou-se que o principal fornecedor do coxim estava em processo de falência e que encerraria suas operações muito em breve, que o custo peça da solução teve um reajuste maior que o previsto, que haveria redução no número de pessoas disponíveis para trabalhar nessa solução, dentre outras. Por isso, foi definido esse caso para aplicação do novo método desenvolvido nessa dissertação, pois ao fazer a comparação, poderia ser avaliado se o novo método auxiliou a tomada de decisão dentre múltiplas alternativas de solução no contexto de uma alteração de engenharia, levando em consideração fatores de risco que não haviam sido utilizados no caso.

Para facilitar a compreensão, a demonstração da aplicação do novo método para esse caso será descrita no Capítulo 4, pois no mesmo momento em que é apresentado cada passo do método, são descritos os respectivos resultados obtidos.

3.2.5 Avaliação da Solução

Após a definição do caso de demonstração do novo método desenvolvido, essa etapa serviu para observar e medir quão bem o artefato auxilia na resolução do problema identificado, comparando os objetivos da solução com os resultados adquiridos da fase de demonstração. Assim, o objetivo dessa etapa é responder a seguinte pergunta: a solução proposta funciona bem para o problema identificado? A pesquisa respondeu essa pergunta por meio da avaliação de alguns critérios.

De acordo com March e Smith (1995, p. 225), os métodos devem ser avaliados considerando a operacionalidade (a capacidade de executar a tarefa pretendida ou a capacidade das pessoas utilizarem o método, se não é algorítmica), eficiência (se funciona bem), generalidade (se pode ser aplicado em outros contextos), e facilidade de uso. Além desses, foi adicionado o critério utilidade, pois é importante que fosse avaliado se o método desenvolvido trazia algum ganho que não poderia ser atingido sem ele.

As possibilidades de realização dessa etapa, de acordo com Von Alan et al. (2004) e Hevner e Chatterjee (2010), podem ser:

- Observacional (estudo de caso e estudo de campo);
- Experimental (experimento controlado e simulação);
- Teste (funcional – caixa preta e estrutural – caixa branca);
- Analítica (análise estática, análise de arquitetura, otimização e análise dinâmica);
- Descritiva (argumento informado e cenários).

Segundo as formas propostas por Hevner e Chatterjee (2010), a técnica de avaliação considerada é observacional, pois utiliza um estudo de caso e sua posterior avaliação realizada no contexto de uma empresa parceira que possui um setor de desenvolvimento de produto.

Foi utilizada como ferramenta de avaliação um questionário on-line Google Forms (2018) composto de um vídeo explicativo e de perguntas que permitiam diferentes tipos de respostas, seja do tipo sim/não, escala de 1 a 5 e resposta aberta para comentários livres. A escolha para utilizar essa

ferramenta foi baseada na facilidade de uso do formulário, efetividade e agilidade na forma de avaliação e disponibilidade gratuita para uso. Os dados recebidos desse questionário foram compilados e analisados para avaliar se a solução resolvia bem o problema identificado.

Ao final desta etapa, foi possível utilizar muitas das informações obtidas para realimentar o método desenvolvido tornando-o mais robusto e adicionar propostas de trabalhos futuros. O processo de avaliação e os resultados obtidos são apresentados em detalhes no capítulo 4 deste trabalho.

3.2.6 Comunicação da Solução

A última etapa da abordagem DSR é relacionada com o desdobramento do conhecimento produzido por essa pesquisa para o público da área de desenvolvimento de produto e da comunidade acadêmica, com o objetivo de comunicar o problema e sua importância, o artefato desenvolvido, a utilidade e a novidade, o rigor do projeto realizado e a eficácia atingida pelo mesmo em sua aplicação no mundo real.

Para isso, foram realizados workshops de apresentação dos resultados obtidos tanto para o meio acadêmico e para o meio industrial, além da elaboração e publicação dessa dissertação.

Este capítulo abordou os aspectos mais relevantes da metodologia dessa pesquisa, dentre eles: a caracterização da pesquisa, a abordagem e o procedimento metodológico adotado. O próximo capítulo apresenta os resultados obtidos e discussão a respeito dos mesmos.

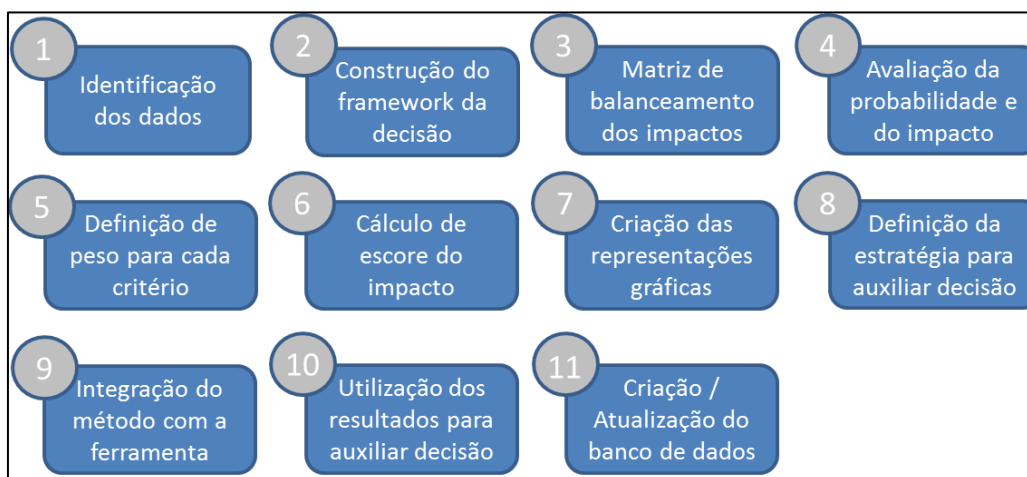
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo é composto por três seções. Primeiro o método desenvolvido é descrito. Na sequência são apresentados a avaliação do método, e para finalizar, a discussão sobre os resultados obtidos.

4.1 DESCRIÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO

A pesquisa teve por objetivo o desenvolvimento de uma solução para auxiliar o processo de tomada de decisão num contexto de mudança de engenharia. Para isso, foi desenvolvido como artefato um método, cujas etapas pode ser visualizado na Figura 21. Oportunamente, esse método foi denominado DSMMA (*Decision Support Method for Multiple Alternatives*), pois o mesmo está relacionado ao suporte de decisão dentre múltiplas alternativas. A representação BPMN completa do método desenvolvido pode ser visualizada no Apêndice B.

Figura 21 – Etapas do novo método desenvolvido.



Fonte: O próprio autor.

Para simplificar a visualização e a compreensão, o método foi dividido em 11 passos, e cada um deles é composto por atividades. A seguir, são descritos cada um dos passos para execução, ao mesmo tempo em que se busca justificá-los.

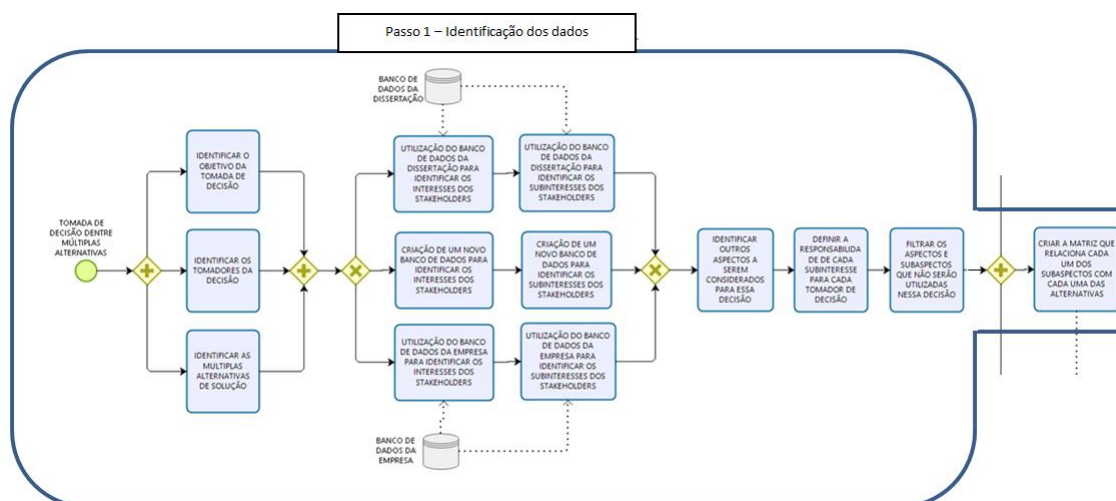
4.1.1 Passo 1 – Identificação dos Dados

O primeiro passo compreende todas as atividades de levantamento de dados, dentre elas, pode-se citar: (a) identificar qual é a oportunidade de decisão; (b) identificar quem são os tomadores de decisão ou quem irá auxiliar na tomada de decisão; (c) identificar as múltiplas alternativas de solução; (d) identificar quais são os interesses dos *stakeholders* que são as áreas/domínios relevantes dentro de um projeto específico e; (e) quais são os subinteresses dos *stakeholders* dentro de cada área indicada no item anterior e que servirão de critérios para a análise de impacto dos riscos mais adiante. A Figura 22 mostra especificamente cada atividade do passo 1.

Esse passo é fundamental para levantar todas as informações que servirão para auxiliar a tomada de decisão. Por isso a execução deve ser feita de maneira criteriosa, pois caso falte algum aspecto nesse momento, além de possivelmente inutilizar o método, pode ainda comprometer todo o processo de tomada decisão e resultar numa escolha errada.

As duas últimas atividades, 'd' e 'e', podem ser realizadas pelo menos de três formas. Por isso o método possui uma ramificação nesse ponto, podendo ser executado de qualquer uma das três formas: (a) utilização de um banco de dados da própria empresa; (b) utilização do banco de dados dessa dissertação como ponto de partida e; (c) criação de um novo banco de dados. Em qualquer uma das maneiras anteriores, o banco de dados da empresa deve ser atualizado/criado depois de cada ciclo de utilização do método. Isso é feito para enriquecer/criar o banco de dados para que possa ser utilizado no próximo ciclo de uso desse método já com as atualizações do ciclo anterior.

Figura 22 – Representação BPMN do passo 1 do método.



Fonte: O próprio autor.

O primeiro caso consiste em se utilizar uma espécie de banco de dados da própria empresa que contenha todos os critérios e subcritérios já identificados que são válidos para o tipo de produto que a mesma trabalha. O banco de dados possuirá diversos aspectos e subaspectos que são específicos para essa empresa, uma vez que haverá aspectos de uma empresa do ramo automotivo que não será igual aos de uma empresa da linha branca.

Nesse caso, por exemplo, se uma empresa é do ramo automotivo, uma nova coluna de aspectos poderia ser adicionado com o título 'automotivo' e alguns dos subaspectos poderiam ser: frenagem, manobrabilidade, visibilidade, posição do motorista, assistência do motorista, segurança anticollisão, capacidade de carga, proteção antichamas, interface do motorista, climatização do interior do veículo, conforto, entrada e saída do condutor, emissão de exaustão, ruído externo, economia de combustível, e outros. Esse aspecto não foi adicionado nesse trabalho com o intuito de não reduzir a generalidade do método, que poderia direcionar a aplicação apenas para o ramo automotivo. Ao invés disso, optou-se por deixá-lo o mais genérico possível para que possa ser empregado em outros ramos industriais.

A segunda forma de se realizar essas atividades funciona para empresas que não dispõem de tal banco de dados pronto, como por exemplo,

na primeira vez que se utiliza o método numa empresa de pequeno porte. Assim, é possível iniciar a aplicação utilizando o Quadro 5 como ponto de partida, pois foi criado de forma genérica para que pudesse ser utilizado em diversos ramos industriais, como um piloto. Outros aspectos podem e devem ser adicionados a essa tabela de acordo com a experiência e com as características específicas, seja do projeto, do produto, da empresa, dos concorrentes ou outras. Tal conjunto de fatores de risco foi construído por meio de uma mescla entre pesquisa em diversas literaturas e experiência de funcionários da empresa parceira.

Um dos objetivos da pesquisa é que fossem identificados critérios além dos aspectos técnicos e comerciais, pois esses são mais comuns de serem identificados e/ou analisados. Alguns deles são: condições de fornecimento, gerenciamento, organizacionais e externos, que podem causar impactos relevantes nas tomadas de decisão de projetos da mesma forma que os dois aspectos mais comuns. O grupo de critérios foi construído a partir de diversas referências, autores, livros, normas, exemplos, e de experiências profissionais do autor na área de desenvolvimento de produto.

Um exemplo adicionado da experiência profissional do próprio pesquisador foi o critério 'Estabilidade do fornecedor'. A análise do critério havia sido desconsiderada durante uma mudança de engenharia, na qual, foi tomada uma decisão dentre múltiplas alternativas, sendo utilizado apenas o PMA.

Após a decisão tomada, e com o projeto em fases mais tardias, já próximo da etapa de industrialização, foi descoberto que o principal fornecedor de matéria prima do componente estava em processo de falência e que o mesmo encerraria suas operações muito em breve. Esse risco não havia sido avaliado pela ferramenta de tomada de decisão e poderia ter invalidado a solução escolhida e gerado um enorme retrabalho com gastos consideráveis de recursos, caso não houvesse um segundo potencial fornecedor, que foi capaz de produzir a peça nesse caso.

Quadro 5 – Exemplo de matriz original de riscos identificados.

TÉCNICOS	ORGANIZACIONAL	GERENCIAMENTO	COMERCIAL	EXTERNO
Escopo/Objetivo	Cultura	Gerenciamento de projeto	Contratos	Impactos no meio ambiente
Requerimentos técnicos	Patrocínio	Recursos	Estabilidade do fornecedor	Regulatórios
Processo técnico	Suportabilidade	Time-to-market	Financeiro	Políticos
Testes	Aceitação	Dependências	Terceirizações	Grupos que exercem pressão
Confiabilidade / Segurança	Processos de negócio	Comunicação	Leis aplicáveis	Clima
Tecnologia	Disponibilidade de pessoas	Férias de funcionários	Experiência do fornecedor	Força maior
Desempenho	Objetivos da empresa	Capacidade Industrial	Acordos técnicos	Falta de competência
Plataforma / modularização	Valores da empresa	Início da Produção	Negociabilidade	Concorrentes
Interface com o usuário	Necessidade x expectativa	Cargos e funções	Disponibilidade do fornecedor	Impacto na sociedade
Tempo de montagem	Visão da empresa		Custo de garantia	Confidencialidade
Ergonomia para montagem	Missão da empresa		Custo logístico	Impostos
Necessidade de ferramentas especiais	Estratégia		Custo de desenvolvimento e de testes	Distinção de marca
Tempo para manutenção	Fluxo de informação interna		Custo peça	Propriedade Intelectual
Custo de manutenção	Comunicação interna		Custo da matéria-prima	Reciclagem
Impressão de qualidade	Necessidade de treinamento		Investimento em ferramental	Peças de reposição
Pesos e dimensões			Complexidade do processo do fornecedor	Jurídicos
Materiais utilizados			Relação com o fornecedor	Dependências
Interfaces com outras peças				Comunicação externa
Softwares				
Arquitetura Eletrônica				
Acessórios				

Fonte: O próprio autor.

A terceira forma consiste em criar um banco de dados totalmente novo, utilizando-se ferramentas de geração de ideias, tais como: *brainstorming*, mapa mental, *scamper*, *brainwriting*, *crowdsourcing*, *design thinking*, e outras, de acordo com a afinidade de cada empresa no uso dessas ferramentas. Essa opção é recomendada para ser utilizada unicamente na primeira vez que o método for utilizado numa nova empresa, pois, além de utilizar muitos recursos e ser menos ágil, também desconsidera que muitos aspectos já poderiam ter sido identificados na segunda forma.

Uma vez que haja uma tabela com aspectos identificados que são subinteresses dos *stakeholders*, a etapa seguinte reforça a identificação de novos interesses que possam ser necessários para a nova tomada de decisão. Essa ação é feita com o objetivo de enriquecer ainda mais a tabela com diferentes critérios, pois quanto mais itens forem identificados nesse momento, mais confiável será o resultado e mais embasada será a tomada de decisão. Em seguida, deve ser definida a responsabilidade de avaliação de cada um desses subcritérios para cada departamento da empresa, ou seja, a área de compras torna-se responsável por avaliar os critérios comerciais, a área de pós-vendas pelos critérios de custo e tempo de manutenção, etc. Após esse processo, é possível que nem todos os itens identificados sejam utilizados. Por isso, devem ser removidos os interesses e subinteresses que não são relevantes para a tomada de decisão que será realizada. O exemplo da matriz de fatores de risco identificados já filtrada para o exemplo desse trabalho, que é do caso da suspensão de motor, pode ser visualizada no Quadro 6. Apenas os critérios não tachados são efetivamente utilizados para esse exemplo, pois os demais não são pertinentes a essa tomada de decisão.

Por exemplo, caso haja alteração apenas de peças mecânicas num veículo, pode não ser necessário alterar software e, com isso, elimina-se esse subcritério da análise. Esse passo pode ser analisado pelo grupo da tomada de decisão ou ainda, pelo responsável de cada área.

Quadro 6 – Exemplo de matriz dos fatores de risco identificados já filtrada.

TÉCNICOS	ORGANIZACIONAL	GERENCIAMENTO	COMERCIAL	EXTERNO
Escopo/Objetivo	Cultura	Gerenciamento de projeto	Contratos	Impactos no meio ambiente
Requerimentos técnicos	Patrocínio	Recursos	Estabilidade do fornecedor	Regulatórios
Processo técnico	Suportabilidade	Time-to-market	Financeiro	Políticos
Testes	Aceitação	Dependências	Terceirizações	Grupos que exercem pressão
Confiabilidade / Segurança	Processos de negócio	Comunicação	Leis aplicáveis	Clima
Tecnologia	Disponibilidade de pessoas	Férias de funcionários	Experiência do fornecedor	Força maior
Desempenho	Objetivos da empresa	Capacidade Industrial	Acordos técnicos	Falta de competência
Plataforma / modularização	Valores da empresa	Início da Produção	Negociabilidade	Concorrentes
Interface com o usuário	Necessidade x expectativa	Cargos e funções	Disponibilidade do fornecedor	Impacto na sociedade
Tempo de montagem	Visão da empresa		Custo de garantia	Confidencialidade
Ergonomia para montagem	Missão da empresa		Custo logístico	Impostos
Necessidade de ferramentas especiais	Estratégia da empresa		Custo de desenvolvimento e de testes	Distinção de marca
Tempo para manutenção	Fluxo de informação interna		Custo peça	Propriedade Intelectual
Custo de manutenção	Comunicação interna		Custo da matéria-prima	Reciclagem
Impressão de qualidade	Necessidade de treinamento		Investimento em ferramental	Peças de reposição
Pesos e dimensões			Complexidade do processo do fornecedor	Jurídicos
Materiais utilizados			Relação com o fornecedor	Dependências
Interfaces com outras peças				Comunicação externa
Softwares				
Arquitetura Eletrônica				
Acessórios				

Fonte: O próprio autor.

Em seguida, cada subinteresse deve ser relacionado com o valor de impacto da matriz de balanceamento para cada uma das alternativas da matriz de fatores de risco, como pode ser visualizado na Tabela 1. O objetivo é que sejam avaliados os impactos e probabilidades de cada um deles de acontecer para cada uma das possíveis alternativas de solução. Essa informação será fundamental para auxiliar no processo de tomada de decisão nos passos seguintes. Por exemplo, a alternativa 1 não apresenta risco de impacto no subcritério 'Custo peça', pois não há mudança na solução técnica dessa alternativa e conseqüentemente não há variação de custo. Já para a alternativa 5, uma vez que há mudança de solução técnica e mudança de custo que já foi calculada, há o risco de aumentar o valor em R\$ 25, além da estimativa.

Tabela 1 – Exemplo de matriz de análise de fatores de risco.

MATRIZ DE RISCOS	PESO	Alternativa 1 - Sem mudanças;			Alternativa 2 - Novo suporte M18;			Alternativa 3 - Novo suporte M18; - Novo coxim;			Alternativa 4 - Novo suporte M18; - Novo coxim; - Novo parafuso;			Alternativa 5 - Solução Importada;		
		VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P
Técnico	PESO	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P
Confiabilidade / Segurança		+0.010			-0.001			-0.002			-0.004			+0.002		
Plataforma / Modularização		-			+1 peça			+1 peça			+1 peça			-		
Tempo de Montagem		+15s			+15s			-			-			+30s		
Custo de Manutenção		-			+5R\$			-			-			+50R\$		
Organizacional	PESO	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P
Suportabilidade		-1			-			-			-			-2 dept		
Disponibilidade de Pessoas		-			-			-			-1 pessoa			-		
Gerenciamento	PESO	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P
Gerenciamento de projeto		-			-			-			-			-3 níveis		
Recursos		-			-			-			-			+40%		
Time-to-market		-5 semanas			-			-			-			+5 semanas		
Comercial	PESO	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P
Estabilidade do fornecedor		-			-			-			Nível -6			-		
Negociabilidade		-			-			-			-			Nível -2		
Custo peça		-			-			-			-			+25R\$		
Investimento em ferramental		-			-			-			-			-30KR\$		
Externo	PESO	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P
Concorrência		-			-			-			-			-20%		

Fonte: O próprio autor.

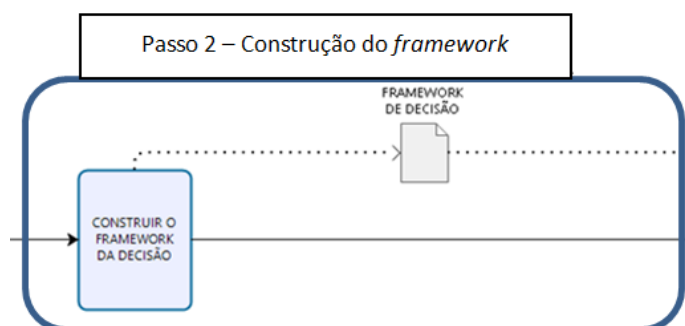
Para as empresas que possuem um portfólio fixo e conhecido de produtos que serão utilizados para tomada de decisão, recomenda-se utilizar a primeira ou a segunda forma para identificação dos itens, enquanto em

empresas que possuem grande variedade de produtos, recomenda-se utilizar a segunda ou terceira forma para que o método seja mais facilmente adaptável à empresa. Em casos de empresas que estão desenvolvendo um projeto bastante longo ou com alto grau de inovação, recomenda-se utilizar a segunda ou terceira forma para aumentar consistentemente o número de aspectos e subaspectos que podem ser ameaças ou oportunidades para o projeto em questão.

4.1.2 Passo 2 – Construção do *Framework* de Decisão

Uma vez tendo identificado o problema a ser resolvido, o objetivo a atingir, os interesses e subinteresses dos *stakeholders* e as alternativas de solução, é possível construir o *framework* de decisão. A Figura 23 mostra a atividade contida especificamente no passo 2 do modelo.

Figura 23 – Representação BPMN do passo 2 do método.



Fonte: O próprio autor.

Essa etapa é fundamental para poder visualizar de forma explícita a ligação entre todos os itens, ou seja, facilita aos membros participantes visualizar e entender o objetivo da decisão, os interesses dos outros membros e as alternativas disponíveis para que seja escolhida a melhor solução entre elas. O exemplo de *framework* de decisão desse trabalho pode ser visualizado no Quadro 7.

Quadro 7 – Exemplo de *framework* de decisão.

OBJETIVO	Selecionar a solução técnica mais adequada para o problema de qualidade da suspensão do motor				
INTERESSES DOS STAKEHOLDERS	Técnico	Organizacional	Gerenciamento	Comercial	Externo
SUB-INTERESSES DOS STAKEHOLDERS	Confiabilidade / Segurança	Suportabilidade	Gerenciamento de projeto	Estabilidade do fornecedor	Concorrência
	Plataforma / Modularização	Disponibilidade de Pessoas	Recursos	Negociabilidade	
	Tempo de Montagem		Time-to-market	Custo peça	
	Custo de Manutenção			Investimento em ferramental	
ALTERNATIVAS DE SOLUÇÃO	Alternativa 1 -Sem mudanças;	Alternativa 2 -Novo suporte M18;	Alternativa 3 -Novo suporte M18; - Novo coxim;	Alternativa 4 -Novo suporte M18; - Novo coxim; - Novo parafuso;	Alternativa 5 -Solução Importada;

Fonte: O próprio autor.

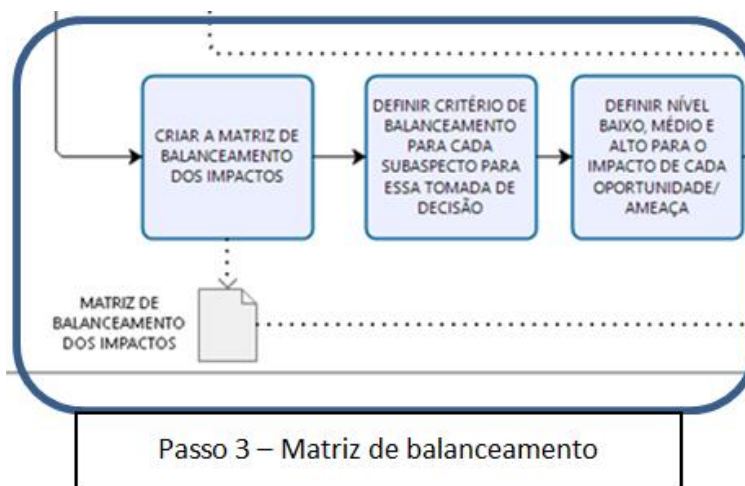
No quadro, observa-se que o objetivo da tomada de decisão do exemplo desse trabalho é de selecionar a solução técnica mais adequada para resolver o problema de qualidade apresentado, ou seja, não se trata de escolher a alternativa mais barata nem a menos trabalhosa, mas sim a mais adequada para resolver o problema, o que exige balanceamento entre custo, tempo e qualidade. Em seguida são apresentados os aspectos e subaspectos pertinentes à tomada de decisão. E ao final, as possibilidades de alternativas de solução identificadas. Um ponto importante a notar é que todos os subinteresses estão relacionados com todas as alternativas. Dessa forma, o *framework* é capaz de fornecer as principais informações necessárias para a tomada de decisão.

4.1.3 Passo 3 – Matriz de Balanceamento dos Impactos

Nesse passo, é feito o balanceamento do nível de impacto do risco com o objetivo de reduzir a sensibilidade dos dados de entrada, pois eles afetam diretamente os dados de saída. Isso é feito para impedir que, caso duas pessoas diferentes de um mesmo departamento façam a avaliação de um mesmo item cheguem a resultados diferentes para o mesmo item, pois ao se utilizar essa matriz, o nível de impacto vai estar balanceado e será mais fácil de

chegar a uma resposta mais parecida entre eles, se não igual. A Figura 24 mostra o recorte do modelo com as atividades do passo 3.

Figura 24 – Representação BPMN do passo 3 do método.



Fonte: O próprio autor.

Como exemplo para ilustrar esse problema, pode-se citar uma alteração de produto simples, como uma mudança no parafuso de uma solução técnica, que possui o risco de aumentar o custo do produto em menos R\$ 1 sendo avaliado por dois compradores distintos, sendo que um deles é responsável pela compra de peças de baixo custo (menos de R\$ 1) e o outro por peças de alto custo (acima de R\$ 100). Ao fazerem a mesma avaliação do impacto desse risco, um dos compradores poderia avaliar o custo da mudança como sendo uma ameaça de impacto alto (-5) e o outro avaliar como sendo uma ameaça de impacto baixo (-1). Estariam avaliando o mesmo item com critérios distintos, o que poderia inviabilizar o uso do método e chegar a uma tomada de decisão equivocada.

A matriz de balanceamento é mostrada no Quadro 8 para o caso da suspensão de motor utilizada nesse trabalho, a qual define os limites entre um impacto baixo, moderado e alto, tanto para oportunidades (riscos com impactos positivos) como para ameaças (riscos com impactos negativos).

Quadro 8 – Exemplo de matriz de balanceamento de nível de impacto.

MATRIZ DE BALANCEAMENTO		AMEAÇA			NÃO APLICÁVEL	OPORTUNIDADE		
		ALTA	MÉDIA	BAIXA		BAIXA	MÉDIA	ALTA
Técnico	ESCALA	-5	-3	-1	0	1	3	5
Confiabilidade / Segurança	Taxa de falha	Aumenta mais que 0.005	Aumenta até 0.005	Aumenta menos que 0.001	Não Aplicável	Reduz menos que 0.001	Reduz até 0.005	Reduz mais que 0.005
Plataforma / Modularização	Número de peças novas	Aumenta mais que 2 peças	Aumenta até 2 peças	Aumenta até 1 peça	Não Aplicável	Diminui até 1 peça	Diminui até 2 peças	Diminui mais que 2 peças
Tempo de Montagem	Segundos (s)	Aumenta mais que 30s	Aumenta até 30s	Aumenta menos que 10s	Não Aplicável	Reduz menos que 10s	Reduz até 30s	Reduz mais que 30s
Custo de Manutenção	Reais (R\$)	Aumenta mais que 30R\$	Aumenta até 30R\$	Aumenta até 10R\$	Não Aplicável	Reduz até 10R\$	Reduz até 30R\$	Reduz mais que 30R\$
Organizacional	ESCALA	-5	-3	-1	0	1	3	5
Suportabilidade	Número de departamentos	Reduz mais que 2 dept	Reduz até 2 dept	Reduz até 1 dept	Não Aplicável	Aumenta até 1 dept	Aumenta até 2 dept	Aumenta mais que 2 dept
Disponibilidade de Pessoas	Número de pessoas	Reduz mais que 2 pessoas	Reduz até 2 pessoas	Reduz até 1 pessoa	Não Aplicável	Aumenta até 1 pessoa	Aumenta até 2 pessoas	Aumenta mais que 2 pessoas
Gerenciamento	ESCALA	-5	-3	-1	0	1	3	5
Gerenciamento de projeto	Nível QDCF	Reduz mais que 2 níveis	Reduz até 2 níveis	Reduz até 1 nível	Não Aplicável	Aumenta até 1 nível	Aumenta até 2 níveis	Aumenta mais que 2 níveis
Recursos	Gastos além do orçamento (%)	Acima em mais que 30%	Acima em até 30%	Acima em até 10%	Não Aplicável	Abaixo em até 10%	Abaixo em até 30%	Abaixo em mais que 30%
Time-to-market	Atraso do SoP (semanas)	Aumenta mais que 3 semanas	Aumenta até 3 semanas	Aumenta até 1 semana	Não Aplicável	Diminui 1 semana	Diminui até 3 semanas	Diminui mais que 3 semanas
Comercial	ESCALA	-5	-3	-1	0	1	3	5
Estabilidade do fornecedor	Nível de risco do fornecedor	Acima de nível -5	Até nível -5	Até nível -1	Não Aplicável	Até nível +1	Até nível +5	Acima de nível +5
Negociabilidade	Nível de negociabilidade	Acima de nível -5	Até nível -5	Até nível -1	Não Aplicável	Até nível +1	Até nível +5	Acima de nível +5
Custo peça	Reais (R\$)	Aumenta mais que 50R\$	Aumento até 50R\$	Aumento até 10R\$	Não Aplicável	Reduz até 10R\$	Reduz até 50R\$	Reduz mais que 50R\$
Investimento em ferramental	x1000 Reais (KR\$)	Aumenta mais que 100KR\$	Aumenta até 100KR\$	Aumenta menos que 1KR\$	Não Aplicável	Reduz até 1KR\$	Reduz até 100KR\$	Reduz mais que 100KR\$
Externo	ESCALA	-5	-3	-1	0	1	3	5
Concorrência	Comparação (%)	Mais que 30% pior	Até 30% pior	Menos que 10% pior	Não Aplicável	Menos que 10% melhor	Até 30% melhor	Mais que 30% melhor

Fonte: O próprio autor.

Na matriz, para cada linha de subaspecto que será considerado para a decisão, é necessário definir qual é a escala para definir os limites, conforme mostrado na segunda coluna da matriz. No caso do aspecto 'técnico' e subaspecto 'Confiabilidade/Segurança', foi definido como exemplo a escala 'Taxa de falha' que poderiam ocorrer acima do esperado. A taxa é medida em número de falhas para cada mil produtos fabricados. Já para o interesse 'Técnico' e subinteresse 'Tempo de montagem', a escala poderia ser 'segundos (s)' além do esperado, e para o interesse 'Comercial' e subinteresse 'Estabilidade do fornecedor', a escala poderia ser 'Nível de risco do fornecedor' além do estimado, e assim por diante, para cada subinteresse deve haver uma escala apropriada para balanceamento.

Se houver casos em que mais de uma escala possa afetar esse balanço, recomenda-se que sejam divididos em dois subcritérios diferentes. Um exemplo disso seria um subcritério genérico, tal como custo de manutenção.

Caso esse item seja composto por custo de manutenção preventiva e corretiva, que possuem ordem de grandeza de custo diferentes, recomenda-se que seja feita a divisão desse item em dois subcritérios distintos: o primeiro deles custo de manutenção preventiva e o outro, custo de manutenção corretiva.

Na coluna central dessa matriz, encontra-se o nível 'zero' ou 'Não-aplicável', pois algumas alternativas não são afetadas por fatores de risco inerentes de outras alternativas. Como exemplo, pode-se citar uma alternativa de solução que não faz mudança no design, e conseqüentemente não acarreta em mudança de custo para tal alternativa. Entretanto, para as outras alternativas concorrentes, haverá esse impacto em custo, pois ocorrem alterações de design.

Ao lado esquerdo da coluna 'Não Aplicável', encontram-se os níveis de ameaças baixo, médio e alto, e como esses impactos são negativos, utilizaram-se os valores -1, -3 e -5 respectivamente e os limites como 'Aumenta menos que 0,001', 'Aumenta até 0,005' e 'Aumenta acima de 0,005' respectivamente. O inverso acontece ao lado direito da coluna central, no qual, encontram-se os níveis de oportunidades baixo, médio e alto, com os valores associados +1, +3 e +5 respectivamente, e os limites como 'Reduz menos de 0,001', 'Reduz até 0,005' e 'Reduz acima de 0,005' respectivamente. O balanceamento deve ser feito para cada um dos subaspectos dessa matriz, definindo qual é o limite entre os níveis baixo, médio e alto. Essa definição dos valores 1, 3 e 5 foi considerada para esse exemplo, mas nada impede que sejam utilizados outros valores ou outras escalas de avaliação, por exemplo, exponencial, sequência de Fibonacci, etc.

Portanto, se para uma determinada decisão, uma das alternativas possuir um risco de aumentar o número de falhas por milhar de 0 para 5, assim, dois avaliadores diferentes iriam relacionar essa alternativa como sendo uma ameaça de impacto negativo de nível moderado (-3) ou pelo menos muito próximo disso.

Recomenda-se que a avaliação de balanceamento seja realizada apenas pelos departamentos relacionados com essa informação, podendo ser um ou mais. Por exemplo, o subcritério 'Custo peça' deve ser balanceado pelo

departamento de Compras, enquanto que o subcritério 'Tempo de montagem' deve ser feito pelo departamento de produção. Nesse caso não caberia que um departamento fizesse o balanceamento do critério de outro departamento, pois além de possivelmente não possuir conhecimento/informação suficiente para tal, esses dados precisam ser fatos e não apenas suposições. Somente dessa forma o método seria capaz de promover um auxílio para uma tomada de decisão confiável.

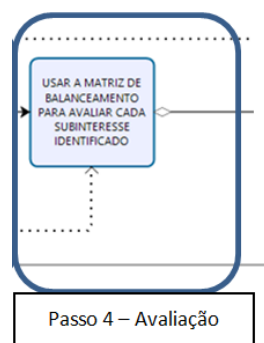
A matriz pode ser construída de duas formas: a primeira delas, seria criar uma matriz nova e a segunda forma, seria buscar essas informações num banco de dados da empresa para reduzir retrabalhos a cada ciclo de decisão. Ressalta-se a importância de que caso os dados sejam reutilizados de decisões anteriores, os valores de cada uma das linhas dessa matriz devem ser necessariamente revistos e atualizados para a nova tomada de decisão. Um exemplo para justificar isso, poderia ser o custo do produto em questão, no qual a decisão do ciclo anterior tenha sido sobre o parafuso com um custo inferior a R\$ 1, e no novo ciclo seja um suporte em ferro fundido, que tem um custo superior a R\$ 100. Os impactos dos riscos para cada um desses produtos possuem níveis de balanceamentos distintos.

Ainda, não se recomenda a utilização da matriz de balanceamento pronta da dissertação como parâmetro inicial, pois os níveis alto, moderado e baixo definidos para o exemplo desse trabalho são específicos para esse produto, para essa empresa, e para esse objetivo, ou seja, cada decisão deve possuir os seus valores específicos.

4.1.4 Passo 4 – Avaliação da Probabilidade e do Impacto

Após a identificação dos riscos inerentes a cada alternativa e do balanceamento do nível de impacto, foram avaliados a probabilidade e o impacto de cada um dos riscos identificados. São relacionados cada um deles com os valores de impacto da matriz de balanceamento e com a matriz de probabilidade que será apresentada a seguir. A Figura 25 mostra em detalhes as atividades que estão contidas no passo 4.

Figura 25 – Representação BPMN do passo 4 do método.



Fonte: O próprio autor.

A matriz de probabilidade auxilia no balanceamento do nível de probabilidade de um fator de risco poder acontecer. Essa análise é subjetiva, pois não há critérios booleanos para definir se a probabilidade de acontecer um risco, e mesmo que possa ser considerado tal critério para essa avaliação, o mesmo pode não ser tão assertivo. Por isso, para a pesquisa, não foi considerado um balanceamento para a probabilidade.

Foi considerado, porém, a matriz de probabilidade com os seguintes níveis: raro, improvável, pouco provável, muito provável e quase certo, levando os valores de pontuação 1, 2, 3, 4 e 5, cuja probabilidade de ocorrência é de 10%, 30%, 50%, 70% e 90% respectivamente. Isso não impede que sejam considerados valores diferentes ou outras divisões de nível, os quais podem ser adaptados da maneira que for mais compreensível para a empresa que irá utilizar. Essa relação entre a probabilidade e a pontuação pode ser visualizada na Tabela 2.

Tabela 2 – Exemplo de matriz de probabilidade.

PONTUAÇÃO	DESCRIÇÃO DO NÍVEL DE PROBABILIDADE	PROBABILIDADE
1	RARO	10%
2	IMPROVÁVEL	30%
3	POUCO PROVÁVEL	50%
4	MUITO PROVÁVEL	70%
5	QUASE CERTO	90%

Fonte: O próprio autor.

A avaliação da matriz de risco deve ser efetuada na seguinte sequência: primeiramente devem ser avaliados o nível de impacto para todos os fatores de risco de um subaspecto para todas alternativas, então deve ser feita a avaliação do nível de probabilidade para todas as alternativas nesse mesmo subaspecto, em seguida a mesma sequência deve ser adotada para as avaliações dos outros aspectos até que a matriz esteja completamente preenchida. Ao lado de cada valor, existem duas colunas a serem preenchidas, uma indicada com a letra 'I' para 'Impacto' e a outra indicada pela letra 'P' para 'Probabilidade'. Essa sequência pode ser visualizada na Figura 26.

Figura 26 – Sequência de preenchimento da matriz de riscos.

MATRIZ DE RISCOS		1º		2º		3º		4º		5º					
		VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P		
Confiabilidade / Segurança	+0.010	-5	5	-0.001	1	3	-0.002	3	3	-0.004	4	3	+0.002	-3	5
Plataforma / Modularização	-	-		+1 peça	-1		+1 peça	-1		+1 peça	-1		-	-	
Tempo de Montagem	+15s			+15s			-			-			+30s		

Alternativa 1 - Sem mudanças;
 Alternativa 2 - Novo suporte M18;
 Alternativa 3 - Novo suporte M18, - Novo coxim;
 Alternativa 4 - Novo suporte M18, - Novo coxim, - Novo parafuso;
 Alternativa 5 - Solução importada.

11º, 6º, 7º, 8º, 9º, 10º

Fonte: O próprio autor.

O objetivo disso é manter o foco do raciocínio na avaliação comparativa dentre todos os fatores de risco de um único subaspecto, pois cada mudança de subaspecto muda o foco da análise e faz com que não seja possível comparar, mesmo que intuitivamente, o nível de impacto entre duas alternativas diferentes. Ao fazer isso, o avaliador terá uma chance de comparar se os fatores de risco das alternativas estão de acordo com o balanceamento já realizado anteriormente. É uma nova chance de poder corrigir eventuais falhas da matriz de balanceamento.

Para o exemplo desse trabalho relacionado ao caso do problema de qualidade da suspensão motor, a matriz de risco completamente preenchida pode ser visualizada na Tabela 3. Oportunamente, foram marcados os itens

com impacto negativo na cor vermelha e os riscos com impacto positivo na cor verde, para facilitar a visualização.

Tabela 3 – Exemplo de matriz de riscos preenchida.

MATRIZ DE RISCOS	PESO	Alternativa 1 - Sem mudanças;			Alternativa 2 - Novo suporte M18;			Alternativa 3 - Novo suporte M18; - Novo coxim;			Alternativa 4 - Novo suporte M18; - Novo coxim; - Novo parafuso;			Alternativa 5 - Solução importada;		
		VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P
Técnico	PESO	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P
Confiabilidade / Segurança		+0.010	-5		-0.001	1		-0.002	3		-0.004	4		+0.002	-3	
Plataforma / Modularização		-	-		+1 peça	-1		+1 peça	-1		+1 peça	-1		-	-	
Tempo de Montagem		+15s	-3		+15s	-3		-	-		-	-		+30s	-5	
Custo de Manutenção		-	-		+5R\$	-1		-	-		-	-		+50R\$	-5	
Organizacional	PESO	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P
Suportabilidade		-1	-1		-	-		-	-		-	-		-2 dept	-3	
Disponibilidade de Pessoas		-	-		-	-		-	-		-1 pessoa	-1		-	-	
Gerenciamento	PESO	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P
Gerenciamento de projeto		-	-		-	-		-	-		-	-		-3 níveis	-5	
Recursos		-	-		-	-		-	-		-	-		+40%	-5	
Time-to-market		-5 semanas	5		-	-		-	-		-	-		+5 semanas	-5	
Comercial	PESO	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P
Estabilidade do fornecedor		-	-		-	-		-	-		Nível -6	-5		-	-	
Negociabilidade		-	-		-	-		-	-		-	-		Nível -2	-3	
Custo peça		-	-		-	-		-	-		-	-		+25R\$	-3	
Investimento em ferramental		-	-		-	-		-	-		-	-		-30KR\$	-3	
Externo	PESO	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P
Concorrência		-	-		-	-		-	-		-	-		-20%	-3	

Fonte: O próprio autor.

Nesse exemplo, para o subinteresse 'Plataforma/Modularização' da área técnica, pode ser verificado que as alternativas 2, 3 e 4 possuem o risco de ter mais uma nova peça além das que já estão planejadas. Por ser um risco com impacto negativo já balanceado com nível baixo, essas alternativas serão avaliadas como '-1'. Já para o mesmo critério para as alternativas 1 e 5, as soluções não possuem riscos de criação de novas peças e são avaliados como nível '0' ou apenas desconsideradas nessa avaliação. O mesmo acontece para a avaliação do impacto para o subcritério 'Time-to-market' na alternativa 1, no qual, possui impacto positivo alto, e obteve como avaliação '+5'.

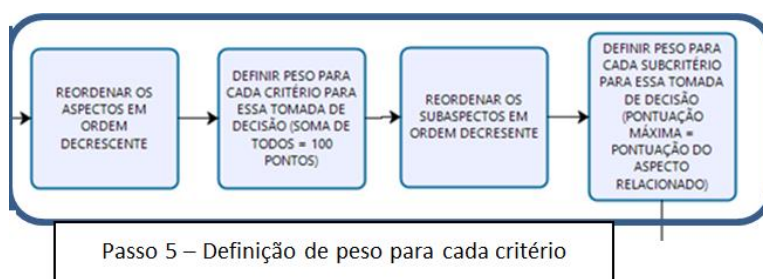
A avaliação do nível de probabilidade é feita de forma parecida, o que muda é que nesse caso é preenchida a célula 'P' da matriz para indicar a probabilidade de ocorrência desse risco.

4.1.5 Passo 5 – Definição de Peso para cada Critério

Em sequência ao passo anterior de avaliação de probabilidade e impacto, encontra-se o passo que define os pesos para cada um dos critérios. O objetivo dessa etapa é equilibrar o nível de impacto com o nível de contribuição de cada um dos aspectos avaliados.

Essa definição deve ser feita pelo time de projeto, pois é ele quem vai determinar qual a estratégia da tomada de decisão em questão. Apesar de haver diversos critérios para avaliação, cada um deles possui um nível de contribuição diferenciado de acordo com a estratégia estabelecida. As atividades do passo 5 são mostradas na Figura 27.

Figura 27 – Representação BPMN do passo 5 do método.



Fonte: O próprio autor.

Por exemplo, para um projeto que visa redução de custo, provavelmente os critérios relacionados a custo possuirão um peso maior do que os demais critérios para essa tomada de decisão. Dessa forma, critérios tais como custo de produto, investimento em ferramental, custos logísticos e investimento em ferramentas especiais deverão contribuir mais para a tomada de decisão do que aspectos de plataforma, de confiabilidade e de tempo de montagem.

O mesmo acontece se um projeto visa resolver, por exemplo, um problema de qualidade. Critérios tais como confiabilidade, durabilidade e desempenho contam mais do que critérios como ergonomia, plataforma e tempo de montagem. Ainda, outro exemplo de definição de pesos pode ser relacionado com a garantia de lançamento do produto numa data estipulada, tal como o que acontece na linha automotiva, em que um produto deve ser lançado sem falta antes de uma feira nacional que envolve todos os concorrentes desse setor. Nesse caso, critérios como *time-to-market* têm um peso muito mais acentuado do que um critério de custo, pois a empresa irá preferir gastar um pouco mais em uma solução mais garantida do que economizar em uma solução mais barata e arriscar deixar de apresentar o seu produto nesse evento.

Existem, porém, alguns critérios chaves, que independente da estratégia do projeto, muitas vezes, possuirão um peso considerável. Alguns dos critérios mais comuns são: *time-to-market*, custo, estabilidade do fornecedor, questões regulatórias, e outros. De qualquer forma, cabe à equipe responsável pela tomada de decisão avaliar quais os critérios terão maior ou menor peso no impacto de cada decisão.

Para a realização dessa etapa, define-se a seguinte sequência de atividades: reorganizar a lista de interesses dos *stakeholders* em ordem decrescente de importância para a decisão em questão, ou seja, deixar os critérios mais relevantes em cima, e os menos relevantes em baixo. Distribuir uma pontuação total de 100 pontos entre esses critérios, sendo que os mais relevantes terão o peso maior e os menos relevantes terão um peso menor.

A distribuição de pesos para o exemplo desse trabalho pode ser visualizada na Figura 28. Nesse caso, o critério técnico, por ser o mais relevante para a decisão em específico, recebeu um peso alto, no caso 50% dos pontos. Já o segundo critério mais importante, comercial, recebeu um peso de 20%. Isso deve ser feito até que todos os elementos estejam preenchidos, lembrando que a soma de todos os valores deve ser igual a 100%.

Isso é feito para facilitar a distribuição de peso entre os critérios, pois ao tentar fazer a distribuição pela primeira vez, não atinja ou ultrapasse os 100%. Neste caso, os pesos são novamente redistribuídos entre os critérios para atender a essa demanda e atingir os 100%.

Figura 28 – Sequência da definição de peso dos critérios.

INTERESSE DOS STAKEHOLDERS	INTERESSE DOS STAKEHOLDERS	INTERESSE DOS STAKEHOLDERS	PESO
Técnico	Técnico	Técnico	50%
Organizacional	Comercial	Comercial	20%
Gerenciamento	Gerenciamento	Gerenciamento	15%
Comercial	Organizacional	Organizacional	10%
Externo	Externo	Externo	5%
		TOTAL	100%

Fonte: O próprio autor.

A próxima atividade é reorganizar a lista de subinteresses dos *stakeholders* em ordem decrescente dentro de cada interesse da mesma forma como feito anteriormente. O peso de cada subcritério pode ser qualquer número entre zero e o valor adotado para o critério. Por exemplo, dentro do critério 'Técnico' com valor de 50, o subcritério 'Confiabilidade/Segurança' poderia ter qualquer peso entre 0 e 50.

Como ele foi ordenado com alta relevância para esse projeto, nesse exemplo, ele recebeu o peso 50. Já o critério 'Plataforma/Modularização' também poderia receber qualquer valor entre 0 e 50, no caso, por ser o segundo subcritério mais importante, recebeu o valor 30. E essa análise deve ser repetida para cada um dos itens até que todos estejam preenchidos. Para o exemplo desse trabalho, a distribuição pode ser visualizada na Figura 29.

Figura 29 – Sequência da definição de pesos dos subcritérios.

SUB-INTERESSES DOS STAKEHOLDERS	PESO	SUB-INTERESSES DOS STAKEHOLDERS	PESO	SUB-INTERESSES DOS STAKEHOLDERS	PESO
Técnico	50	Técnico	50	Técnico	50
Confiabilidade / Segurança		Confiabilidade / Segurança		Confiabilidade / Segurança	50
Plataforma / Modularização		Plataforma / Modularização		Plataforma / Modularização	30
Tempo de Montagem		Tempo de Montagem		Custo de Manutenção	20
Custo de Manutenção		Custo de Manutenção		Tempo de Montagem	20
Comercial	20	Comercial	20	Comercial	20
Estabilidade do fornecedor		Estabilidade do fornecedor		Custo peça	20
Negociabilidade		Negociabilidade		Estabilidade do fornecedor	15
Custo peça		Custo peça		Investimento em ferramental	15
Investimento em ferramental		Investimento em ferramental		Negociabilidade	5
Gerenciamento	15	Gerenciamento	15	Gerenciamento	15
Gerenciamento de projeto		Gerenciamento de projeto		Time-to-market	15
Recursos		Recursos		Recursos	10
Time-to-market		Time-to-market		Gerenciamento de projeto	5
Organizacional	10	Organizacional	10	Organizacional	10
Suportabilidade		Suportabilidade		Suportabilidade	10
Disponibilidade de Pessoas		Disponibilidade de Pessoas		Disponibilidade de Pessoas	5
Externo	5	Externo	5	Externo	5
Concorrência		Concorrência		Concorrência	5

Fonte: O próprio autor.

Esses valores são então adicionados à matriz principal, na segunda coluna, a qual pode, nessa etapa, ser reordenada em ordem decrescente em função do peso, como foi realizado para o exemplo desse trabalho e pode ser visto na Tabela 4.

Tabela 4 – Exemplo de matriz de risco com os pesos preenchidos.

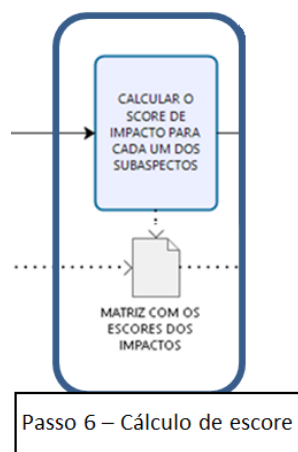
MATRIZ DE RISCOS	PESO	Alternativa 1 - Sem mudanças;			Alternativa 2 - Novo suporte M18;			Alternativa 3 - Novo suporte M18; - Novo coxim;			Alternativa 4 - Novo suporte M18; - Novo coxim; - Novo parafuso;			Alternativa 5 - Solução Importada;		
		VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P
Técnico	PESO	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P
Confiabilidade / Segurança	50	+0.010	-5	3	-0.001	1	2	-0.002	3	2	-0.004	4	1	+0.002	-3	4
Plataforma / Modularização	30	-	-		+1 peça	-1	2	+1 peça	-1	2	+1 peça	-1	2	-	-	
Custo de manutenção	20	-	-		+5R\$	-1	4	-	-		-	-		+50R\$	-5	5
Tempo de Montagem	20	+15s	-3	1	+15s	-3	2	-	-		-	-		+30s	-5	4
Comercial	PESO	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P
Custo peça	20	-	-		-	-		-	-		-	-		+25R\$	-3	4
Estabilidade do fornecedor	15	-	-		-	-		-	-		Nível -6	-5	5	-	-	
Investimento em ferramental	15	-	-		-	-		-	-		-	-		-30KR\$	-3	3
Negociabilidade	5	-	-		-	-		-	-		-	-		Nível -2	-3	2
Gerenciamento	PESO	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P
Time-to-market	15	-5 semanas	5	5	-	-		-	-		-	-		+5 semanas	-5	4
Recursos	10	-	-		-	-		-	-		-	-		+40%	-5	4
Gerenciamento de projeto	5	-	-		-	-		-	-		-	-		-3 níveis	-5	5
Organizacional	PESO	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P
Suportabilidade	10	-1	-1	3	-	-		-	-		-	-		-2 dept	-3	1
Disponibilidade de Pessoas	5	-	-		-	-		-	-		-1 pessoa	-1	2	-	-	
Externo	PESO	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P	VALOR	I	P
Concorrência	5	-	-		-	-		-	-		-	-		-20%	-3	2

Fonte: O próprio autor.

4.1.6 Passo 6 – Cálculo do Escore do Impacto

Após a avaliação e da definição de peso para cada subcritério, é possível realizar o cálculo do escore do impacto. A Figura 30 mostra a atividade do método realizada no passo 6.

Figura 30 – Representação BPMN do passo 6 do método



Fonte: O próprio autor.

Para isso, basta efetuar a multiplicação dos valores atribuídos aos impactos de cada um dos fatores de risco identificados pelo peso de cada critério relacionado, conforme mostrado na Equação 1, ou seja:

$$\text{ESCORE DO IMPACTO} = \text{IMPACTO AVALIADO} \times \text{PESO DO CRITÉRIO} \quad (1)$$

Dessa forma, é possível chegar aos valores de impacto de cada um dos fatores de risco de forma mais adequada com a estratégia de decisão, ou seja, num projeto que visa reduzir custo, os valores de impacto daqueles critérios relacionados a custos irão sobressair sobre os valores de outros critérios. A matriz de risco com o escore já calculado para o exemplo utilizado nesse trabalho pode ser visualizado na Tabela 5.

Tabela 5 – Exemplo de matriz de risco com o score já calculado.

MATRIZ DE RISCOS	Alternativa 1 - Sem mudanças;	Alternativa 2 - Novo suporte M18;	Alternativa 3 - Novo suporte M18; - Novo coxim;	Alternativa 4 - Novo suporte M18; - Novo coxim; - Novo parafuso;	Alternativa 5 - Solução Importada;
Técnico					
Confiabilidade / Segurança	-250	50	150	200	-150
Plataforma / Modularização	-	-30	-30	-30	-
Custo de manutenção	-	-20	-	-	-100
Tempo de Montagem	-60	-60	-	-	-100
Comercial					
Custo peça	-	-	-	-	-60
Estabilidade do fornecedor	-	-	-	-75	-
Investimento em ferramental	-	-	-	-	-45
Negociabilidade	-	-	-	-	-15
Gerenciamento					
Time-to-market	75	-	-	-	-75
Recursos	-	-	-	-	-50
Gerenciamento de projeto	-	-	-	-	-25
Organizacional					
Suportabilidade	-10	-	-	-	-30
Disponibilidade de Pessoas	-	-	-	-5	-
Externo					
Concorrência	-	-	-	-	-15

Fonte: O próprio autor.

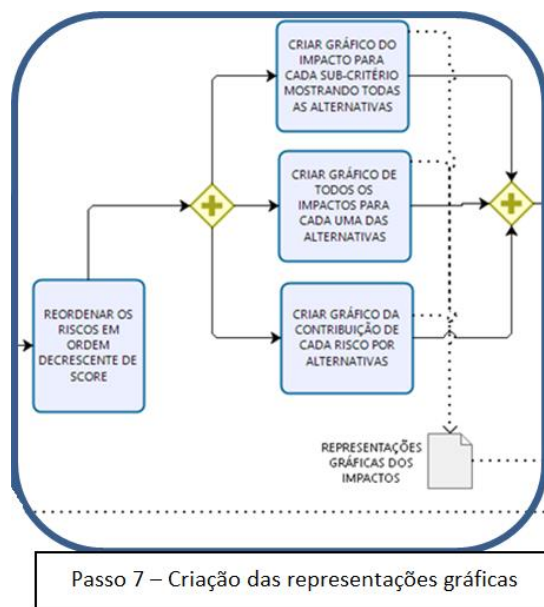
4.1.7 Passo 7 – Criação da Representação Gráfica dos Impactos

Em sequência ao passo de cálculo do escore do impacto, esses dados são utilizados para alimentar o passo de criação de gráficos que representam os impactos avaliados anteriormente. Essa etapa é bastante importante para: (a) comparar os níveis de impactos de um aspecto em todas as alternativas; (b) comparar o impacto de cada subcritério em uma única alternativa e; (c) o comparar a quantidade de riscos identificados em cada alternativa e da contribuição de cada um desses riscos para o impacto total de cada uma das alternativas.

Para a geração desses gráficos, foi utilizado o software Microsoft Excel 2010 devido a facilidade de uso e disponibilidade de licença, porém, nada impede que sejam utilizados outros softwares para tal atividade. A

representação BPMN das atividades realizadas nesse passo pode ser visualizada na Figura 31.

Figura 31 – Representação BPMN do passo 7 do método.



Fonte: O próprio autor.

Antes da construção dos gráficos, os riscos são reordenados em ordem crescente de escore, da forma como é mostrado no Quadro 9.

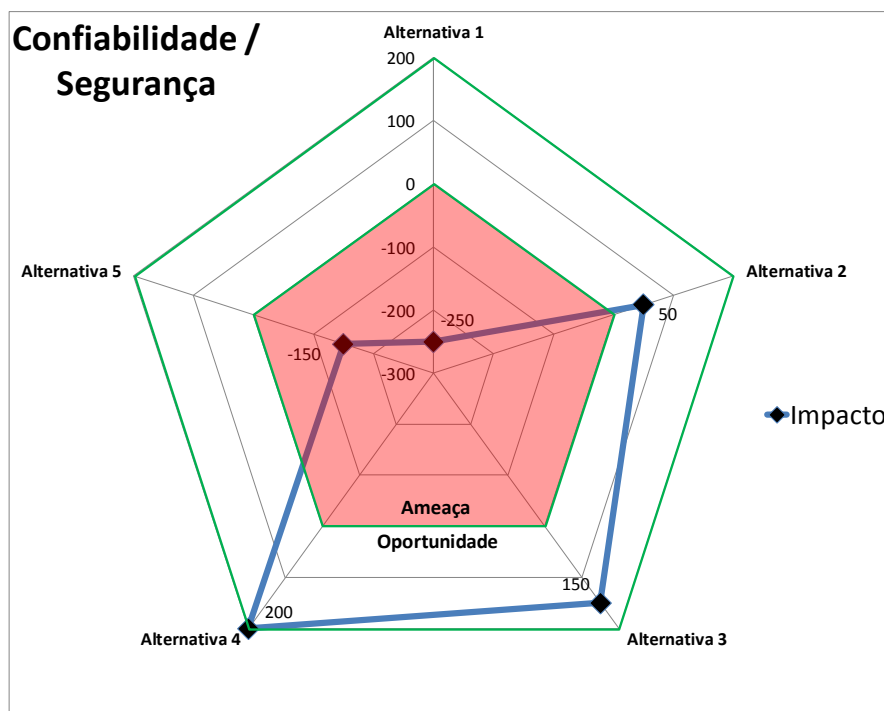
Quadro 9 – Exemplo de matriz de risco já reordenada para construção dos gráficos.

Alternativa 1 - Sem mudanças;		Alternativa 2 - Novo suporte M18;		Alternativa 3 - Novo suporte M18; - Novo coxim;		Alternativa 4 - Novo suporte M18; - Novo coxim; - Novo parafuso;		Alternativa 5 - Solução Importada;	
Confiabilidade / Segurança	-250	Tempo de Montagem	-60	Plataforma / Modularização	-30	Estabilidade do fornecedor	-75	Confiabilidade / Segurança	-150
Tempo de Montagem	-60	Plataforma / Modularização	-30	Confiabilidade / Segurança	150	Plataforma / Modularização	-30	Custo de manutenção	-100
Suportabilidade	-10	Custo de manutenção	-20			Disponibilidade de Pessoas	-5	Tempo de Montagem	-100
Time-to-market	75	Confiabilidade / Segurança	50			Confiabilidade / Segurança	200	Time-to-market	-75
								Custo peça	-60
								Recursos	-50
								Investimento em ferramental	-45
								Suportabilidade	-30
								Gerenciamento de projeto	-25
								Negociabilidade	-15
								Concorrência	-15

Fonte: O próprio autor.

O primeiro gráfico a ser criado mostra um comparativo do impacto de cada aspecto para todas as alternativas. Para essa representação, optou-se pela utilização de um gráfico tipo radial, pois o mesmo é capaz de representar múltiplas alternativas, no caso da Figura 32, foram representadas 5 alternativas no formato de um pentágono, mas poderiam ser representadas ainda mais alternativas ou menos, válido para um comparativo a partir de duas alternativas. Os pontos indicados dentro do pentágono vermelho são ameaças, pois possuem riscos com impactos negativos enquanto que os pontos compreendidos entre o pentágono vermelho e o verde são oportunidades, ou seja, riscos possuem impacto positivo.

Figura 32 – Exemplo de representação comparativa de impacto de um subaspecto para cada uma das alternativas.



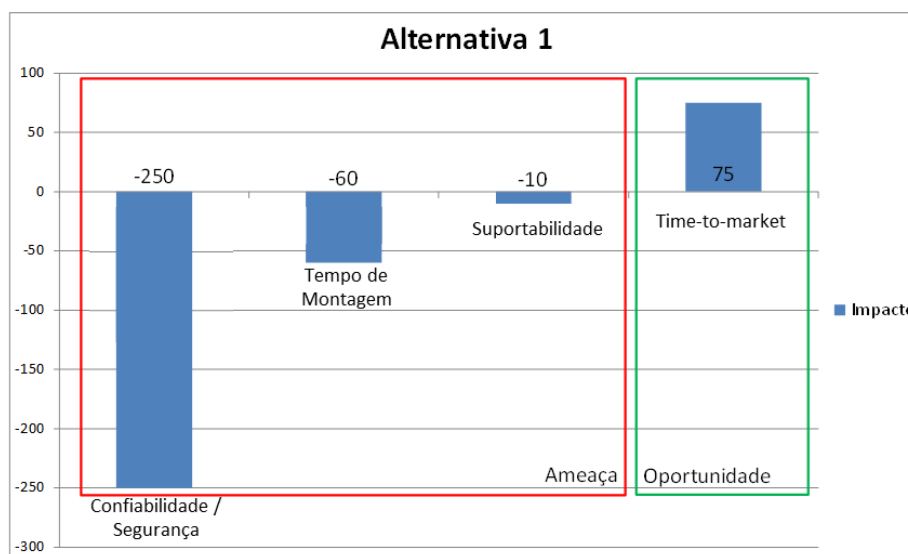
Fonte: O próprio autor.

Nesse exemplo, estão representados os escores do impacto do subcritério 'Confiabilidade/Segurança' para cada uma das 5 alternativas de solução. É possível visualizar facilmente que as alternativas de solução 1 e 5 representam ameaças nesse critério, enquanto que as alternativas 2, 3 e 4 representam oportunidades para a tomada de decisão.

O segundo gráfico mostra os resultados do impacto de cada um dos riscos de uma única alternativa. Para essa representação, optou-se por um gráfico do tipo coluna simples, com variável 'Impacto' representada no eixo y, e o nome de cada risco no eixo x. A representação facilita o comparativo do nível de impacto para cada um dos riscos de uma mesma alternativa.

Com o intuito de facilitar a visualização e interpretação dos dados, antes da criação do gráfico, os riscos foram reordenados em ordem crescente por nível de impacto. Dessa forma, as ameaças mais relevantes ficam no início e as oportunidades ficam separadas no final. Novamente, não há limite superior ou inferior para o número de riscos que podem ser representados nesse tipo de gráfico, sendo possível o uso dele para alternativas que apresentem 2 riscos ou mais. Os itens que estão no lado de baixo do gráfico mostram ameaças e os que estão no lado de cima mostram oportunidades. No exemplo desse trabalho mostrado na Figura 33, pode-se visualizar que os subaspectos 'Confiabilidade/Segurança', 'Tempo de montagem' e 'Suportabilidade' são ameaças para a 'alternativa 1', enquanto que o subaspecto 'Time-to-market' é uma oportunidade nessa mesma alternativa. É possível ainda visualizar que o risco que poderia causar o maior impacto é o subaspecto 'Confiabilidade/Segurança'.

Figura 33 – Exemplo de representação comparativa de nível de impacto dos riscos para uma única alternativa.



Fonte: O próprio autor.

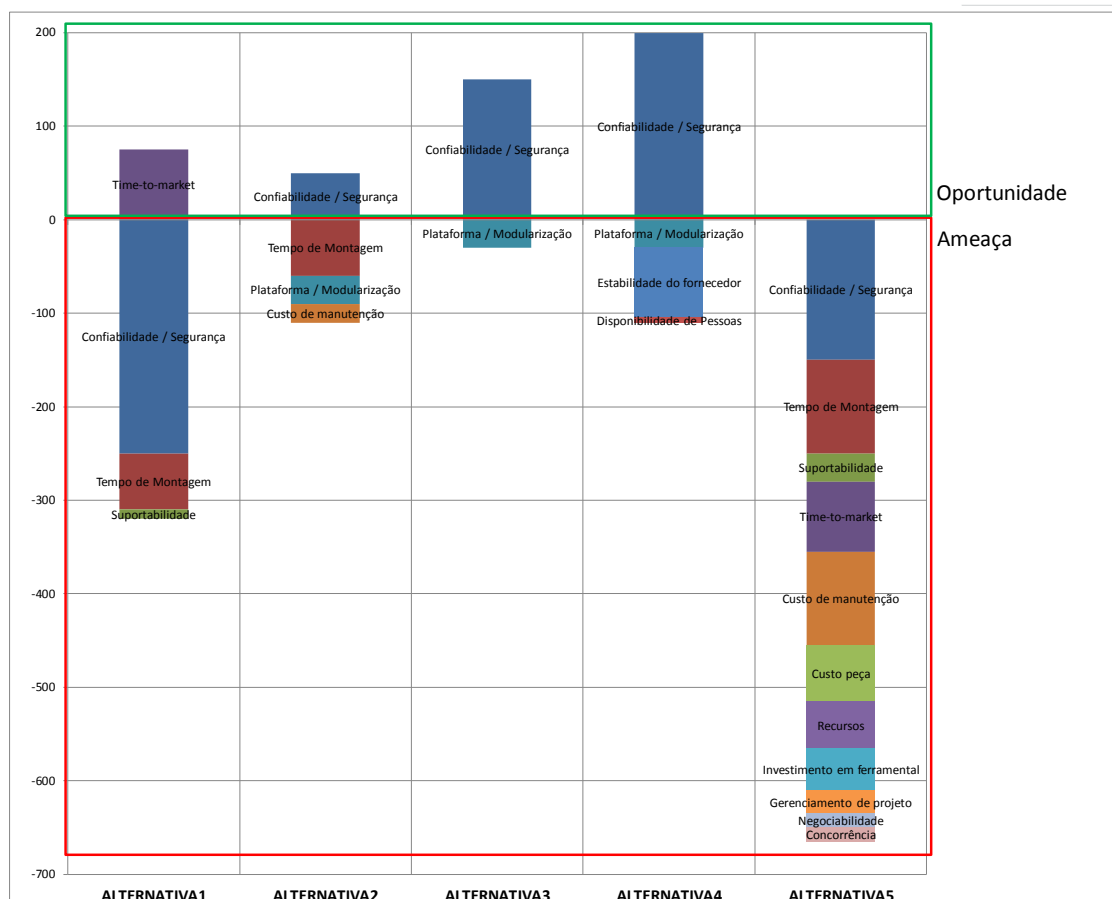
O terceiro gráfico consegue representar a contribuição de cada um dos riscos para cada alternativa e permite comparar o resultado global de impacto entre as diferentes alternativas, além de mostrar a quantidade de riscos que foram identificados para cada uma das alternativas. Optou-se pelo gráfico tipo coluna empilhada, na qual, para cada alternativa, são agrupados o escore de impactos de todos os riscos um sobre o outro de forma a visualizar o comparativo global entre todas as alternativas. No eixo y está representado o nível de impacto, e no eixo x, as diferentes alternativas. Novamente esse tipo de gráfico se mostrou adequado, pois não há limite inferior ou superior no número de alternativas nem no número de riscos que podem ser empilhados em cada uma das colunas. As ameaças são representadas na parte de baixo do gráfico enquanto que as oportunidades são representadas na parte de cima. Antes da plotagem, foram reorganizados os riscos de cada alternativa em ordem crescente de impacto, para que aqueles que mais contribuíram para o nível de impacto da alternativa estejam mais próximos do zero no eixo y.

A representação do exemplo desse trabalho relacionado à questão da suspensão do motor pode ser visualizada na Figura 34, a qual mostra o resultado global para as 5 alternativas de solução consideradas. É facilmente observável nesse gráfico que a alternativa 3 é a que possui o menor número de riscos, com apenas 1 ameaça e 1 oportunidade, enquanto que a alternativa 5 é a que apresenta a maior quantidade, com 11 ameaças e nenhuma oportunidade. Além disso, é possível visualizar a contribuição de cada risco para o resultado global de impacto de cada alternativa. Nesse exemplo, a alternativa 1 teve uma contribuição significativa no subcritério 'Confiabilidade/Segurança', enquanto que o critério 'Suportabilidade' foi o que menos contribuiu para o nível de impacto da alternativa. Esse gráfico permite ainda visualizar quais são as alternativas mais arriscadas, no caso, alternativa 5, e as menos arriscadas, alternativa 3.

Após a construção dos três gráficos, existe novamente uma oportunidade de analisar os resultados desses itens e em caso de encontrar erro ou incoerências, é possível voltar nos passos anteriores e reavaliar os

itens para que sejam corrigidas eventuais distorções que eventualmente aconteceram durante a etapa de avaliação ou definição do peso.

Figura 34 – Exemplo de representação de nível de contribuição de impacto de cada risco para cada uma das alternativas.

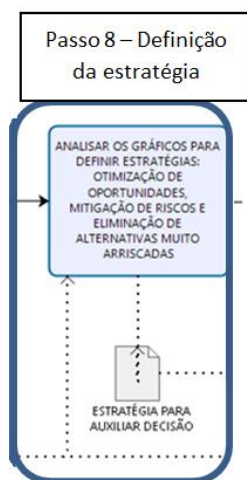


Fonte: O próprio autor.

4.1.8 Passo 8 – Definição da Estratégia para Auxiliar Decisão

Depois da construção dos gráficos, o próximo passo desse método consiste em utilizar os resultados obtidos para identificar e definir a estratégia para auxiliar a tomada de decisão, seja amplificando riscos com impactos positivos, mitigando os com impactos negativos, ou até mesmo eliminando alternativas muito arriscadas. É possível realizar essa etapa utilizando qualquer um dos três tipos de gráficos mostrados acima. A Figura 35 mostra em detalhes as atividades do modelo relacionadas com esse passo.

Figura 35 – Representação BPMN do passo 8 do método.



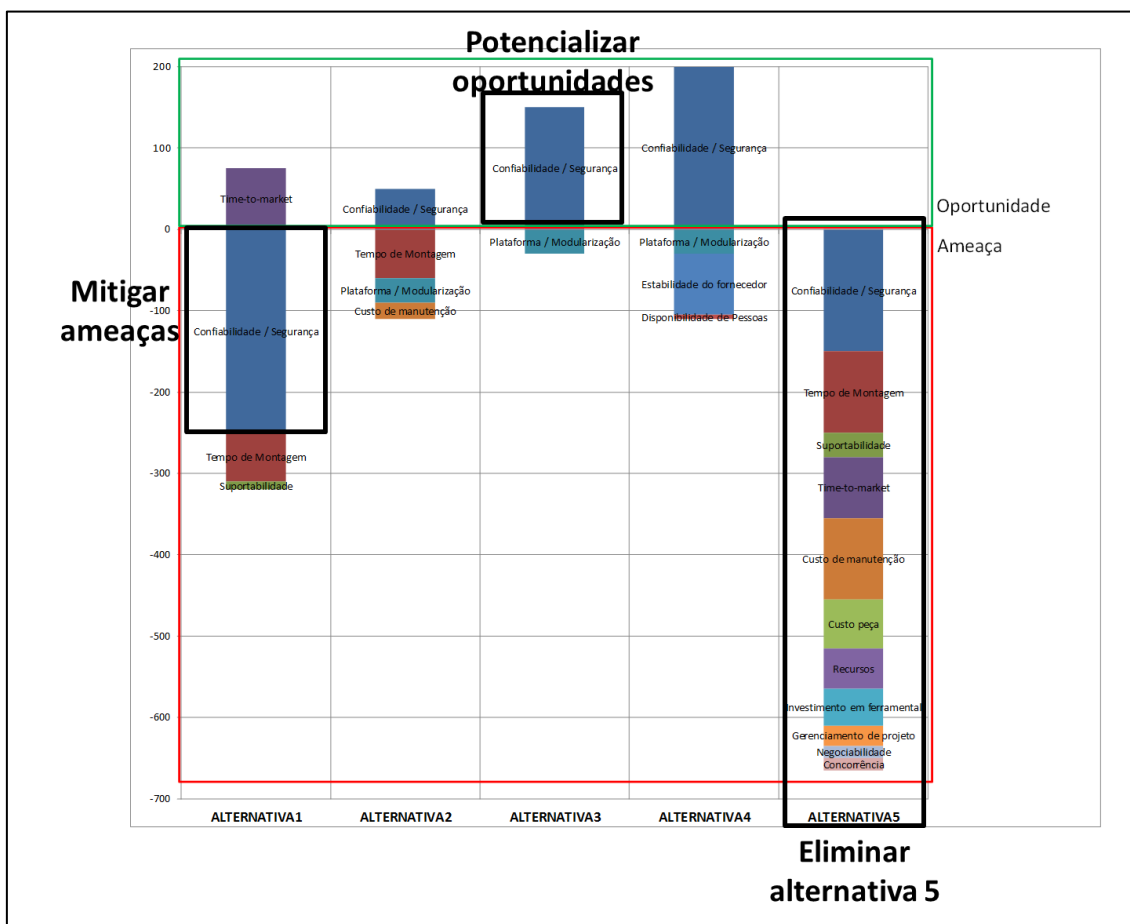
Fonte: O próprio autor.

Para o exemplo utilizado nesse trabalho, o resultado da atividade é representado na Figura 36, no qual foi utilizado o terceiro tipo de gráfico para identificar na alternativa 1 que um dos riscos mais relevantes é o subcritério ‘Confiabilidade/Segurança’. Uma vez que o risco possui impacto negativo bastante elevado, definiu-se que deveria ser mitigado antes da tomada de decisão. Muitas ações poderiam ser feitas nesse caso para reduzir o risco, tais como: testar a solução em bancada, realizar outras simulações virtuais, realizar uma montagem do conjunto, dentre outras.

Já na alternativa 3, identificou-se que existe uma oportunidade de incrementar o fator de impacto do risco ‘Confiabilidade/Segurança’, que é positivo. Definiu-se que poderia ser potencializado, ou seja, aumentar o impacto dele. Para isso, poderiam ser definidas as mesmas ações que o exemplo anterior, porém, visando resultados opostos.

Por fim, a alternativa 5 se mostrou como uma solução técnica muito arriscada, e decidiu-se remover essa opção antes mesmo da tomada da decisão, pois além do nível de impacto muito mais elevado do que as demais alternativas, ela possuía uma quantidade elevada de fatores de risco, o que seria muito complexo de gerenciar. Dessa forma, ao reduzir o número de alternativas, a tomada de decisão se torna mais simples, conforme SBCE.

Figura 36 – Exemplo de definição de estratégia para auxiliar tomada de decisão.



Fonte: O próprio autor.

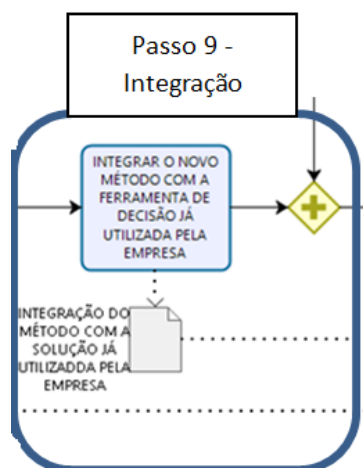
De acordo com as ações definidas nessa etapa, se houver mudanças nas avaliações, os gráficos precisam ser atualizados. Por exemplo, no caso de uma ameaça que foi mitigada, pode ter tido o nível de impacto reduzido e possivelmente alterar o rumo da decisão que seria tomada.

4.1.9 Passo 9 – Integração do Método Proposto com a Ferramenta de Tomada de Decisão já Utilizada pela Empresa

Como já informado anteriormente, o objetivo da pesquisa é desenvolver um método para auxiliar no processo de tomada de decisão. Esse método não tem por objetivo a tomada de decisão em si, apenas auxiliar. Por isso, nesse passo, ocorre a integração do método desenvolvido com algum método ou

ferramenta de tomada de decisão que a empresa já utilize no seu processo. A atividade realizada nesse passo pode ser visualizada na Figura 37.

Figura 37 – Representação BPMN do passo 9 do método.



Fonte: O próprio autor.

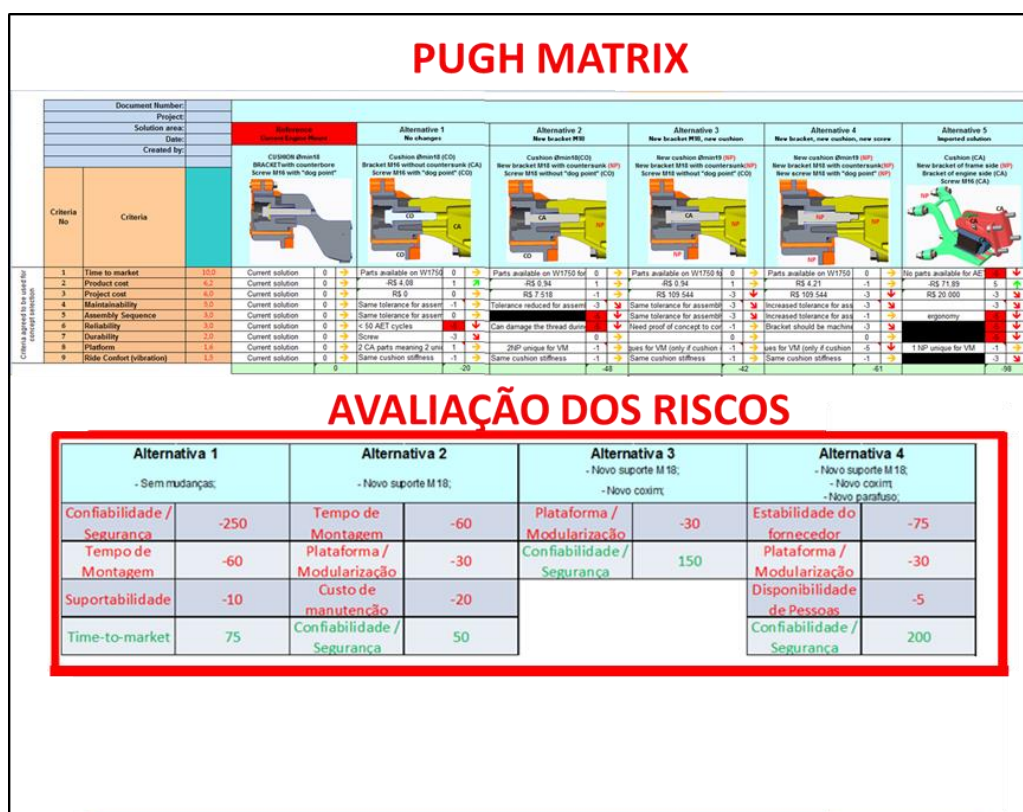
Dessa forma, visa-se que o nível de mudança causada pela implementação do método na empresa seja o menor possível, facilitando sua integração em empresas de desenvolvimento de produto e sendo um pequeno passo de melhoria incremental. Aliado a isso, busca-se apenas integrar um novo passo nessa jornada rumo à melhoria contínua, sem substituir/remover o processo já utilizado atualmente pelas empresas.

O objetivo disso é manter o método desenvolvido o mais operacional possível, ou seja, o mais fácil de utilizar no dia-a-dia, sem grandes impactos ou sem grandes mudanças de *mindset* da própria empresa. A principal justificativa é a mesma já apresentada anteriormente, escassez de recursos para uma mudança de engenharia e necessidade de agilidade nesse processo. Caso o impacto da mudança fosse muito elevado, dificilmente se justificaria a utilização do mesmo nas empresas de desenvolvimento de produto.

No exemplo dessa dissertação, integrou-se o método com o PMA, devido a sua facilidade de uso e ampla utilização, porém, nada impede que seja integrada a outras soluções que a empresa já utilize e possua mais afinidade para tomada de decisão, tais como: MCDA-C, AHP, PROMETHEE e

outras possibilidades. Essa definição foi adotada com o intuito de aumentar a generalidade de uso do método, não fixando sua aplicação para apenas uma única ferramenta, ou ainda, dificultando a implementação do método em outras empresas que utilizem outras ferramentas para o processo de tomada de decisão. Uma imagem dessa integração pode ser vista na Figura 38. A proposta da pesquisa é que seja utilizada a integração da ferramenta de tomada de decisão com a análise de risco para que a tomada de decisão possua mais informações e seja mais eficiente e eficaz.

Figura 38 – Exemplo de integração do método com a ferramenta de tomada de decisão já utilizada pela empresa parceira.



Fonte: O próprio autor.

4.1.10 Passo 10 – Utilização dos Resultados para Auxiliar o Processo de Tomada de Decisão

Após a etapa de integração com o processo de tomada de decisão da empresa é possível que sejam utilizados todos os resultados obtidos por meio do método para auxiliar esse processo ou ainda para que sirva de justificativa

para adiar a tomada de decisão. A atividade desse passo pode ser vista na Figura 39.

Figura 39 – Representação BPMN do passo 10 do método.

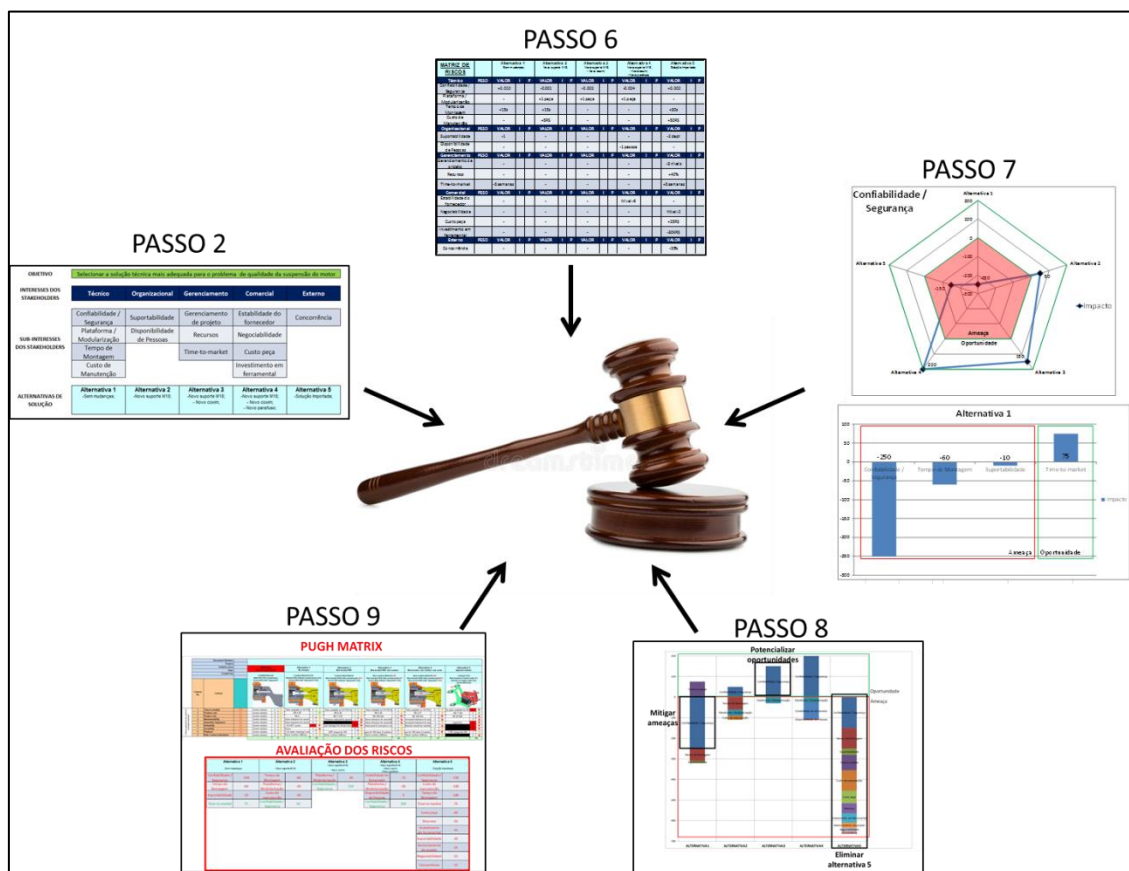


Fonte: O próprio autor.

Dentre os resultados desse método, podem-se destacar: utilização do *framework* desenvolvido no passo 2 para visualização da relação entre as variáveis da decisão, utilização da matriz com o escore dos impactos desenvolvido no passo 6, utilização dos gráficos criados no passo 7, identificação de estratégias para auxiliar decisão apresentada no passo 8 e integração do novo método no processo de tomada de decisão da empresa no passo 9, como pode ser visto na Figura 40. Todos esses resultados podem contribuir para enriquecer a tomada de decisão buscando uma escolha mais assertiva, pois possibilitam trazer novas informações que nem sempre eram identificados no processo tradicional da empresa.

Após reunir os resultados obtidos pelo DSMMA é possível utilizar essas informações para avançar no processo de tomada de decisão conforme a empresa já fazia anteriormente sem utilizar o novo método. Existem outras oportunidades a serem levadas em consideração, tais como: gerenciamento dos riscos identificados nesse método nas fases posteriores, definição de ação para cada um deles, *follow-up* para resolução, utilização dos gráficos para outras análises, dentre outras, porém, todas as atividades complementares não estavam abrangidas no escopo dessa pesquisa.

Figura 40 – Visão geral da contribuição do método para o processo de tomada de decisão.



Fonte: O próprio autor.

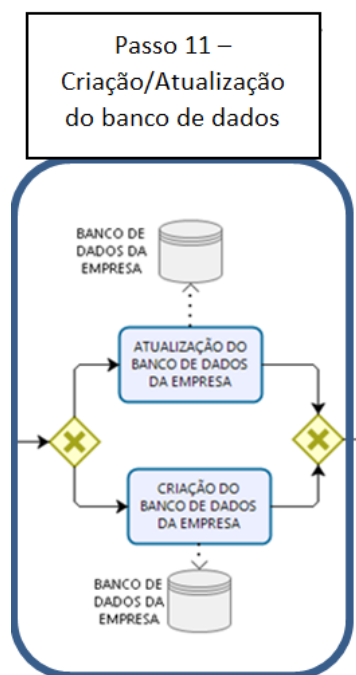
Outra saída possível do método nessa etapa é utilizá-lo para justificar que a tomada de decisão seja postergada, seja por necessidade de identificar mais informações, seja para poder agir sobre os fatores de risco antes do processo de escolha. Ressalta-se que é mais importante que a decisão tomada seja correta do que o tempo gasto para essa decisão seja curto, pois caso a decisão tomada esteja incorreta, será gasto muito mais tempo e recursos para corrigir isso do que se realizado nesse momento.

4.1.11 Passo 11 – Criação/Atualização do Banco de Dados da Empresa

O banco de dados serve como alternativa de alimentação de algumas informações durante a utilização do método, dentre elas a matriz de interesses e subinteresses dos *stakeholders*, as informações da matriz de balanceamento, e outras que poderão ser utilizadas como base nas próximas decisões a serem

tomadas. O intuito desse banco de dados é agilizar a aplicação do método nos novos ciclos de utilização, bem como economizar recursos da empresa facilitando sua aplicação com a reutilização do conhecimento. As atividades do passo 11 podem ser vistas na Figura 41.

Figura 41 – Representação BPMN do passo 11 do método.



Fonte: O próprio autor.

Ao finalizar a etapa anterior que utiliza os dados para a tomada de decisão, existem duas opções relacionadas ao banco de dados da empresa: a primeira delas é criação e a segunda opção é atualização.

A criação desse banco de dados é recomendada para as empresas que utilizam o novo método pela primeira vez, ou que possuem alguma mudança de parâmetro de decisão bastante forte, como por exemplo, a mudança no tipo de produto. Caso os produtos não sejam relacionados entre si, como um automóvel e um eletrodoméstico, os parâmetros utilizados num caso provavelmente não seriam reaproveitados no outro caso, pois esses produtos possuem funcionalidades e critérios diferentes.

Já a opção de atualização é recomendada quando o novo ciclo de uso do método é fortemente relacionado com as demais vezes que ele tenha sido

usado anteriormente para tomada de outras decisões. Como por exemplo, no caso de uma empresa que possua o portfólio de produtos pequeno e bem conhecido, nesse caso, pode-se reutilizar uma quantidade considerável de conhecimento e de parâmetros do método. Assim, os interesses e subinteresses dos *stakeholders* serão bastante parecidos entre um ciclo e outro, bastando realimentar e atualizar o banco de dados caso sejam adicionadas novas informações ou aspectos a serem utilizados.

Após apresentação de cada um dos 11 passos que compõem o método, a próxima seção apresentará a avaliação que foi realizada para avaliar o novo método desenvolvido e os resultados obtidos.

4.2 AVALIAÇÃO

Nessa seção será explicado o processo realizado para avaliação do método e também serão apresentados os resultados obtidos.

O processo de avaliação do método consistiu numa avaliação qualitativa por meio da aplicação de um questionário. A análise qualitativa corresponde às características do objeto que são avaliadas numa base de valor que enfatiza a parte descritiva do mesmo e não através de uma base numérica no caso de uma avaliação quantitativa (CHEN; HIRCHHEIM, 2014).

O questionário (Apêndice A) foi aplicado para um grupo de pessoas relacionadas a área de pesquisa, tais como engenheiros mecânicos, engenheiros de desenvolvimento de produto, gerentes de projetos, coordenadores de engenharia e estudantes de mestrado da área de manufatura inteligente. A Tabela 6 mostra a quantidade de pessoas que receberam o formulário de pesquisa, a quantidade de respostas obtidas, e a relação percentual de respostas obtidas sobre o número de questionários divididos pelo cargo/profissão.

Tabela 6 – Quantidade de respostas da avaliação por cargo/profissão.

Cargo / Profissão	Número de questionários enviados	Número de respostas obtidas	Relação entre o número de respostas obtidas e o número de questionários enviados
Engenheiros de Desenvolvimento de Produto / Gerentes de Projeto / Coordenadores de Engenharia	68	18	26,5%
Mestrandos da área de manufatura inteligente / Engenheiros mecânicos	34	3	8,8%
TOTAL	102	21	20,6%

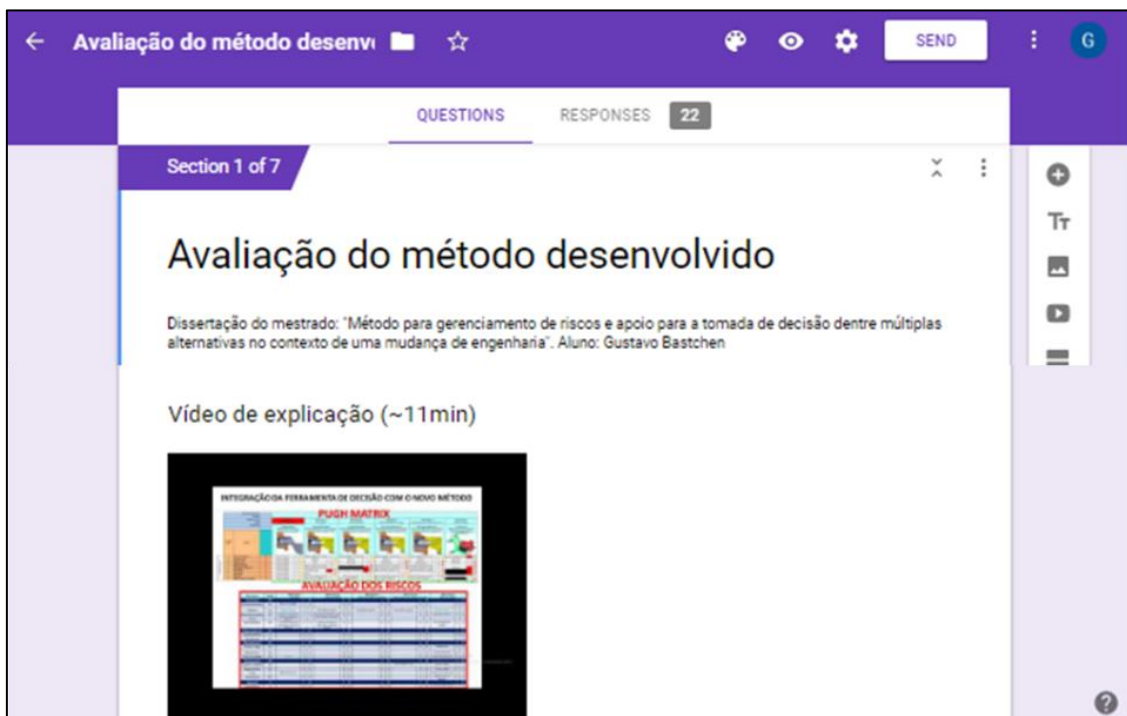
Fonte: O próprio autor.

Baseado em outros estudos semelhantes na mesma área de pesquisa, a expectativa de resposta era de 15%, valor então definido como meta para a pesquisa. Caso não fosse atingido esse patamar no primeiro envio do

questionário, seriam analisadas outras maneiras de atingi-lo, seja por meio do reenvio do formulário, aumento do prazo de resposta ou entrevista realizada pessoalmente. No primeiro envio do formulário feito no dia 06 de setembro de 2018, e com o prazo de resposta de 1 semana para 102 pessoas, foi obtido um percentual de respostas de 20,6%, dessa forma, atingindo o objetivo definido.

O formulário de pesquisa on-line foi construído utilizando a ferramenta Google Forms (2018), disponível na internet. Na primeira seção desse formulário, havia um vídeo de 11 minutos que explicava o contexto, a justificativa e o objetivo da pesquisa, bem como, apresentava o método desenvolvido e sua aplicação passo a passo. Como exemplo, essa página pode ser visualizada na Figura 42. Foi utilizada essa ferramenta devido a sua disponibilidade de uso gratuita, compatibilidade com o navegador padrão dos usuários e simplicidade de uso, bem como, por ser uma ferramenta dinâmica capaz de utilizar vídeos para explicação e diferentes tipos de questionários.

Figura 42 – Página inicial do formulário de pesquisa on-line utilizado.



Fonte: O próprio autor.

Nas demais seções, havia os questionários responsáveis pela avaliação de uma série de aspectos, comparando o uso de: (a) uma solução tradicional utilizada para tomadas de decisão, nesse exemplo, o PMA, e (b) o novo método integrado à ferramenta citada anteriormente. Os principais aspectos avaliados foram: eficiência, generalidade, facilidade de uso, operacionalidade e utilidade. Para cada um desses aspectos, existiam possibilidades de resposta do tipo Sim/Não e avaliação de 1 a 5, como pode ser visualizado na Figura 43.

Figura 43 – Exemplo dos tipos de respostas do formulário on-line.

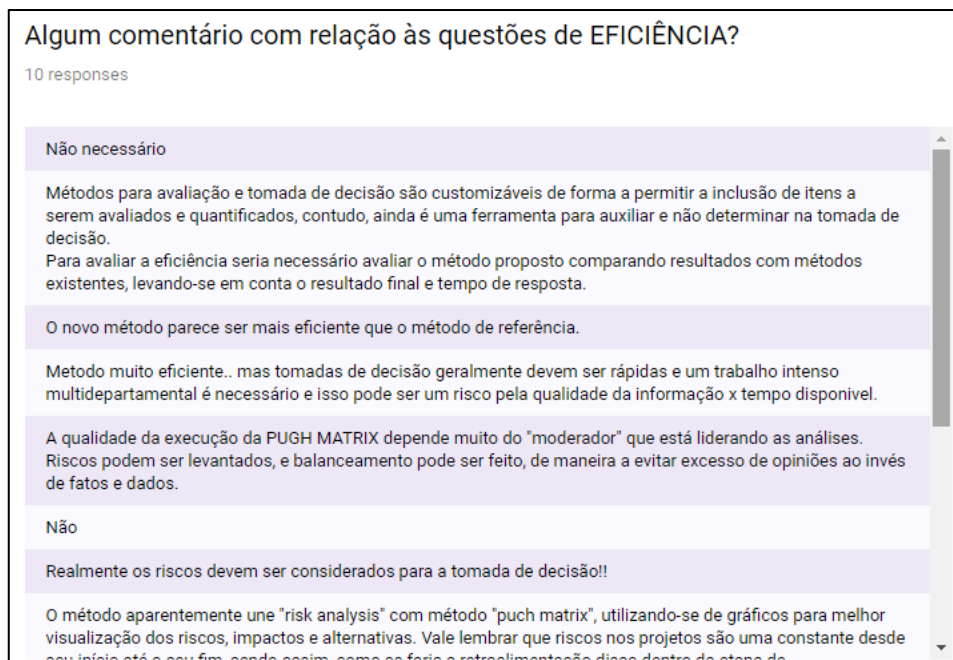
The image shows a screenshot of an online survey form. The title is 'Avaliação do método desenvolvido'. Below the title is a purple header with the text 'Avaliando EFICIÊNCIA'. The first question is 'O uso deste novo método permitirá auxiliar na tomada de decisão dentre múltiplas alternativas conceituais?'. It has two radio button options: 'Sim' and 'Não'. The second question is 'Na sua opinião, quão eficiente é esse novo método se comparado com a referência?'. It features a 5-point Likert scale with radio buttons for each point. The scale is labeled '1' through '5' above the buttons. Below the buttons, the text reads 'Bem menos eficiente que a referência' on the left and 'Bem mais eficiente que a referência' on the right.

Fonte: O próprio autor.

Ao final de cada uma das seções, foi adicionado um campo para resposta livre do usuário, questionando se havia algum comentário/crítica/sugestão relacionada com as perguntas daquela seção. Esse tipo de ação foi capaz de receber muitas informações e feedbacks das pessoas avaliadas com sugestões e explicações a respeito das respostas daquela seção. Algumas delas foram efetivamente aplicadas ao método, tal como a sugestão da necessidade de mudança de *mindset* para aplicação desse método e outras foram adicionadas na seção de trabalhos futuros, tal

como a criação de uma ferramenta de geração automática de gráficos. Um exemplo das respostas livres dos usuários que preencheram a pesquisa pode ser visualizado na Figura 44.

Figura 44 – Exemplo de respostas livres dos usuários que preencheram a pesquisa.



Fonte: O próprio autor.

A resposta de cada uma das perguntas foi compilada, e o resultado é apresentado no Quadro 10. Como foram feitos diferentes tipos de perguntas para um mesmo critério de avaliação, foi definido como resultado o valor médio de todas as perguntas relacionadas para um mesmo critério. Portanto, o resultado de 92,3% do critério 'Eficiência' significa que esse é o valor médio das perguntas relacionadas a essa questão. O questionário aplicado nessa etapa pode ser visualizado no Apêndice A.

Durante a construção do questionário, com o intuito de evitar perguntas tendenciosas, ou que direcionassem para uma determinada resposta, foram adotadas algumas boas práticas para formulação de questionários, tais como: imparcialidade no enunciado das questões, alternativas capazes de cobrirem todas as possibilidades de respostas, adoção de mesmo nível entre alternativas positivas e negativas e permitir o uso de respostas livres para

qualquer tipo de comentário relacionado com as questões, caso algum avaliado desejasse incluir as ressalvas ou justificar tal resposta.

Quadro 10 – Resultado obtido da avaliação do novo método proposto.

Critério de Avaliação	O que foi avaliado	Resultado
Eficiência	Funciona? Quão bem funciona esse método?	SIM, 92,3%
Generalidade	Pode ser aplicada em outros contextos/produtos/ empresas? Quão genérico é esse método?	SIM, 90,9%
Facilidade de uso	Fácil de entender? Fácil de usar? Quão fácil é esse método?	SIM, 72,0%
Operacionalidade	É possível de aplicar no dia-a-dia da sua empresa? Quão operacional é esse método?	SIM, 77,6%
Utilidade	Faz algo que sem ela não poderia ser feito? Quão útil é esse método?	SIM, 85,5%

Fonte: O próprio autor.

Além disso, foram feitas perguntas ora positivas e ora negativas para um mesmo conteúdo, com o intuito de verificar se a resposta de um mesmo avaliado se confirmava em ambas as ocasiões. Por exemplo, em uma delas a pergunta era: quão fácil de se aplicar o método no seu dia-a-dia, enquanto que outra pergunta era quão difícil seria de aplicar o método no seu dia-a-dia. Caso um mesmo avaliado opinasse de maneiras opostas nessas duas questões, as mesmas eram desconsideradas no resultado final. Ainda, as respostas abertas foram comparadas com as demais respostas dadas para cada avaliado, com o objetivo de verificar se demonstravam a mesma intenção de opinião. Nessa pesquisa, todos os 8 casos em que foram identificadas essas discordâncias, foram desconsiderados no processo de geração do resultado final.

Outra análise realizada ainda foi a de verificar o conteúdo de todas as respostas de cada um dos avaliados separadamente, com objetivo de verificar se havia algum respondente que adotou algum vício de resposta. Por exemplo, se alguém marcou sim para todas as respostas, se marcou não para todas as respostas, se adotou o nível máximo ou o mínimo para todas as respostas. Nesse caso, as respostas do avaliado teriam automaticamente entrado em contradição e poderiam representar que as respostas foram feitas sem que os enunciados fossem atentamente lidos ou analisados adequadamente. Nessa pesquisa, não foi encontrado nenhum caso desse tipo.

Após a seção que mostrou o processo de avaliação e apresentou os resultados obtidos, a próxima seção apresenta a discussão com relação a cada um deles.

4.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA AVALIAÇÃO

Essa seção tem por objetivo apresentar a discussão dos resultados da avaliação obtidos de cada um dos critérios avaliados na etapa anterior.

Uma vez realizada a avaliação qualitativa do método desenvolvido, pôde-se observar pelos resultados obtidos que muitos dos aspectos avaliados contribuíram de forma significativa para que a solução dessa pesquisa atingisse os objetivos estabelecidos, tais como eficiência e generalidade que ultrapassaram 90% na avaliação, enquanto que outros aspectos ainda possuem oportunidades de serem trabalhados mais profundamente, tais como operacionalidade e facilidade de uso que ficaram abaixo do patamar de 75% na avaliação.

A seguir, são apresentadas as discussões relacionadas a cada um dos critérios avaliados, que são: eficiência, generalidade, facilidade de uso, operacionalidade e utilidade, além de um ponto bastante importante relacionado com o uso do método versus o tempo disponível.

4.3.1 Eficiência

O critério eficiência obteve como resultado 92,3%, indicando que ele funciona e que funciona bem para o objetivo proposto, que é de auxiliar no processo de tomada de decisão dentre múltiplas alternativas em uma mudança de engenharia, além de que o ganho obtido por esse processo é facilmente notável. A avaliação qualitativa da implementação do método trouxe como resultado que é perceptível que o uso do novo método agrega mais informações ao processo de tomada de decisão.

Dessa forma, torna o processo mais consistente, mais embasado e mais efetivo do que se utilizar apenas a solução de tomada de decisão (por exemplo PMA), pois, a análise de risco é fundamental que seja realizada antes do processo de tomada de decisão e não depois que a alternativa já está escolhida. Vale lembrar que as soluções como o PMA permitem levar em consideração fatores de risco, porém, por não estar claramente definida ou possuir um campo exclusivamente para isso, os utilizadores ora fazem, ora

deixam de fazer essa análise. O novo método é eficiente ao cobrir essa eventual falha dessa ferramenta.

Infelizmente, contata-se, através da experiência do próprio pesquisador e de muitos profissionais da área de desenvolvimento de produto que participaram do processo de avaliação, que muitas empresas realizam esse processo de forma incorreta, realizando a análise de risco apenas para a alternativa selecionada, tentando erroneamente economizar tempo e recurso da empresa acelerando o processo de tomada de decisão. Caso isso aconteça, possivelmente a tomada de decisão seria baseada em menos informações, e ao se negligenciar alguns dos fatores de risco nessa fase, com o avançar do PDP poderia invalidar a solução escolhida, aumentar o custo de projeto para tentar compensar a ocorrência de um problema, ou ainda atrasar o lançamento desse produto para o mercado, assim, provocando um impacto muito maior na empresa e muito mais oneroso para ser corrigido.

Ainda no critério eficiência, a possibilidade de analisar graficamente o grau de impacto dos fatores de risco, seja por aspecto, por alternativa ou a contribuição de cada um no resultado global entre as alternativas, foi avaliado que o uso do novo método torna mais eficiente o processo de tomada de decisão do que a referência. Além disso, outro ponto que elevou esse resultado foi que o uso desse método permite identificar fatores de risco simples que poderiam ser negligenciados na abordagem tradicional, por exemplo, risco ergonômico no processo de montagem, disponibilidade de pessoal para trabalhar no desenvolvimento da solução, capacidade industrial do fornecedor realizar tal modificação, fornecedor economicamente em risco, dentre muitos outros aspectos.

Isso pode se traduzir inclusive em redução de problemas de qualidade em campo futuro do produto, mas depende muito de que a empresa utilize com muita seriedade a etapa de realimentação ao final de cada ciclo, adicionando mais critérios no banco de dados para que a eficácia desse método seja melhorada de forma incremental continuamente.

Outro ponto que auxiliou a eficiência ter sido avaliada como positiva foi a possibilidade de usar os gráficos criados para identificar e potencializar os

impactos positivos (oportunidades), mitigar aspectos negativos (ameaças) e eliminar do processo de tomada de decisão algumas alternativas de solução com impacto negativo ou ainda com excesso de fatores de risco, por exemplo, alternativas de solução que num projeto que visa reduzir custo tenham ameaças com alta probabilidade de aumentar o custo.

Ainda de acordo com a avaliação, a etapa da visão geral da decisão se mostrou eficiente para mostrar de forma clara a relação entre as alternativas de solução, os critérios de avaliação e o objetivo da tomada de decisão.

Também, a matriz de balanceamento funciona bem para a redução de sensibilidade de dois diferentes avaliadores, permitindo que cheguem a resultados iguais ou pelo menos muito próximos. No método tradicional, aconteciam muitas divergências nesse processo de avaliação, que frequentemente era subjetiva, e que com a matriz de balanceamento se tornou objetiva. Por exemplo, ao invés de reduzir custo de um produto, a matriz exige o valor que define o significado de um impacto alto/médio/baixo, e o mesmo acontece para outros aspectos, tais como: tempo de montagem, nível de plataforma da solução (modularidade), capacidade do fornecedor (capacidade de atender a demanda) e outros.

Outro passo que também se mostrou eficiente é o que apresentou a integração do método com a ferramenta já utilizada pela empresa, tanto que foi positivamente avaliada a proposta de se fazer essa integração ao invés de sugerir a substituição completa do processo de tomada de decisão utilizado pela empresa.

4.3.2 Generalidade

O aspecto generalidade também foi muito bem avaliado, atingindo o resultado de 90,9%, que indica que esse método pode ser aplicado em outros contextos, em outros produtos e em outras empresas para auxiliar no processo de tomada de decisão dentre múltiplas alternativas numa mudança de engenharia.

Buscou-se manter um elevado nível de generalidade nos aspectos identificados no passo 1 desse método sem que fossem específicos para determinado produto. Alguns exemplos disso são: confiabilidade, performance, modularidade, ergonomia de montagem, custo e tempo de manutenção, peso, dimensões, disponibilidade de pessoas, férias, capacidade do fornecedor, início da produção, estabilidade do fornecedor, custos logísticos, regulamentação, competidores e outros.

Como pôde ser visto, a maior parte deles podem ser utilizados no processo de desenvolvimento de outros produtos. Caso a empresa que irá utilizar o método seja do ramo farmacêutico, por exemplo, diversos outros fatores de risco podem ser adicionados nesse método, tais como, eficácia do medicamento, possibilidade de reações, periodicidade de aplicação, contraindicações e outros. Já para esses aspectos, a maior parte deles não poderia ser aplicada numa indústria automotiva.

Também auxiliou no processo de avaliação do quesito generalidade a possibilidade de integrar esse método com as diversas possibilidades de soluções já utilizadas no processo de tomada de decisão, tais como: MCDA-C, AHP, PROMETHEE e outras, não fixando o uso do método exclusivamente para o PMA. A avaliação mostrou ainda que os usuários concordam que o novo método deva ser integrado ao processo de tomada de decisão usado pela empresa, e não simplesmente que o processo tradicional seja substituído pelo novo método.

A etapa de construção da visão geral da decisão também, de acordo com a avaliação, é genérica o suficiente para ser utilizada em decisões com diferentes quantidades de alternativas de solução, diferentes aspectos e diferentes objetivos, podendo ser aplicada em outros contextos.

Ainda, a matriz de balanceamento se mostrou bem genérica para utilização de diferentes critérios, por exemplo, tempo de montagem, custo de manutenção, nível de confiabilidade, necessidade de desenvolvimento de ferramentas especiais, dentre outros. E para finalizar, a criação de gráficos e a utilização deles para agir sobre os fatores apresentou resultados positivos com relação a sua generalidade de uso, pois permite fácil parametrização, seja em

quantidades de alternativas de solução, complexidade de produto, grau de inovação e outros.

4.3.3 Facilidade de uso

O aspecto facilidade de uso compreende as questões de facilidade de entendimento e de aplicação do novo método. O resultado obtido pelo processo de avaliação foi de 72%. Dentre essas duas dimensões avaliadas, a facilidade de entendimento teve como resultado 78,2%, indicando que o novo método desenvolvido é sim fácil de entender, porém, na dimensão facilidade de aplicação o índice foi de 65,9%, ressaltando a oportunidade de fazer adequações ou melhorias para aumentar esse índice para facilitar o uso. Uma sugestão para melhorar o resultado poderia ser o desenvolvimento de uma ferramenta para auxiliar nesse processo, que será sugerida e explanada na seção de trabalhos futuros.

Parte desse resultado pode ser explicado pela falta de integração do novo método com os usuários que fizeram a avaliação, pois muitos deles o viram pela primeira vez e tiveram que avaliar os aspectos sem experiência acumulada com o uso do mesmo. Espera-se que caso o método fosse utilizado por mais vezes pelos usuários antes do processo de avaliação, o resultado obtido poderia ter sido diferente. O método é indicado para ser aplicado de forma recorrente em tomada de decisão dentre múltiplas alternativas num processo de mudança de engenharia. Assim, esses usuários tem a chance de entender mais a fundo e compreender um pouco melhor a cada ciclo de uso.

De acordo com a avaliação, algumas das etapas que facilitaram a compreensão e o uso do método são a geração de gráficos para auxiliar no processo de tomada de decisão, a utilização de uma matriz de interesses e subinteresses pronta para uso e a construção da visão geral da decisão ser fácil de ser feita. Já algumas das que tiveram o efeito oposto, de compreensão e/ou uso mais difícil, foram as de balanceamento do nível de impacto e definição dos pesos de cada aspecto. Esses passos exigem mais comunicação

e consenso entre o grupo que está fazendo a avaliação para que o resultado possa convergir.

Outro ponto identificado na avaliação aberta, é que o uso desse método parece bastante fácil ao ser utilizado juntamente com o PMA, conforme exemplo. Porém, como não foram aplicados outros exemplos de soluções de tomada de decisão, tais como, MCDA-C, AHP, PROMETHEE e outros, não seria possível avaliar qual a facilidade de entendimento e de uso com essas demais ferramentas.

4.3.4 Operacionalidade

Para o critério operacionalidade, o objetivo era compreender se seria possível aplicar esse novo método no dia-a-dia da sua empresa e o quão operacional era. O resultado obtido na avaliação desse critério foi de 77,6%, o que indica que é possível de ser aplicado para um processo de tomada de decisão dentre múltiplas alternativas numa mudança de engenharia.

Para esse critério, foram avaliadas três dimensões: a primeira delas avaliada com 86,4% era relacionada com a real possibilidade de aplicar o novo método no trabalho do dia-a-dia, a segunda dimensão com resultado de 80% a respeito do quão justificável seria utilizar o novo método, e a terceira com 66,4% sobre o quão fácil seria substituir o processo tradicional de tomada de decisão pela utilização do novo método. Pôde-se observar que os dois primeiros itens tiveram uma avaliação superior ao terceiro item.

O comparativo da terceira dimensão com relação as duas primeiras, mostrou que mesmo que um método desenvolvido seja justificável e traga ganhos para a empresa, ainda encontraria certa dificuldade em substituir o processo utilizado na empresa. De acordo com os comentários abertos dos avaliados, parte disso deve-se a inércia do próprio processo da empresa em adotar novas práticas que mudam o *mindset* e outra parte relacionada com a necessidade de mais provas de que o método realmente funciona antes que possa ser aplicado na empresa.

Um ponto que colaborou para uma avaliação mais positiva dos usuários com relação ao critério de operacionalidade foi o fato de integrar o novo método no processo de tomada de decisão já utilizado na empresa, sem necessidade que seja substituído por completo. Isso demonstra uma melhoria incremental na qualidade desse processo sem mudanças abruptas e torna mais justificável sua implementação. Também, essa avaliação positiva foi auxiliada pela possibilidade de utilizar os critérios prontos do banco de dados dessa dissertação para o primeiro ciclo de uso do método.

O passo que apresentou a visão geral da tomada de decisão, de acordo com a avaliação, contribuiu de forma positiva, pois ela é viável de ser utilizada no processo de tomada de decisão, bem como as etapas de geração de gráficos e utilização deles para incrementar oportunidades, mitigar ameaças e eliminar alternativas demasiadamente arriscadas. Esses gráficos podem ser criados com o uso de ferramentas comuns, por exemplo, o aplicativo Microsoft Excel. Porém, o fato da produção dos gráficos não ser feita automaticamente por uma ferramenta específica torna o uso dele um pouco mais trabalhoso e com isso, menos operacional.

Aliado a isso, o fato do desenvolvimento de uma ferramenta não estar no escopo do estudo, afetou de forma negativa a avaliação do critério de operacionalidade. Outro ponto que também contribuiu negativamente para esse critério foi o fato de que a produção da matriz de balanceamento necessita de uma intensificação na comunicação entre diferentes áreas.

4.3.5 Utilidade

Outro critério necessário para ser avaliado no método foi o de utilidade, ou seja, se existe algo que é feito por ele que não era possível ser feito anteriormente sem ele. O resultado desse item foi de 85,5%, mostrando que ele é útil e que é notável que o método apresenta algumas atividades com um certo nível de inovação para o processo, contribuindo para justificar o seu uso.

Alguns dos itens apontados na pesquisa que auxiliaram nesse quesito foram: utilização de diversos aspectos já identificados que poderiam ter sido

negligenciados durante o processo de tomada de decisão de múltiplas alternativas num contexto de uma mudança de engenharia e o uso de gráficos para auxiliar na compreensão do nível de impacto de alguns riscos e de contribuição para o impacto que aquela alternativa poderia causar no projeto. Além disso, foi possível utilizar esses gráficos para amplificar oportunidades, mitigar ameaças e eliminar alternativas muito arriscadas do processo, algo que foi muito útil visto que não era possível no processo tradicional.

Outro ponto que contribuiu para a boa avaliação desse critério, foi que a utilização do método possibilitou chegar no ponto de tomada de decisão com mais informações e permitir que seja mais embasada e mais consistente do que com o processo tradicional. Além disso, a matriz de balanceamento se mostrou bastante útil na determinação dos níveis baixo/médio/alto de impacto em cada um dos fatores de risco para reduzir a sensibilidade do processo de avaliação, sendo que se não fosse utilizado, dificultaria o processo de convergência dessa análise.

Já a etapa da visão geral da tomada de decisão contribuiu de forma não muito expressiva no quesito utilidade, pois apesar de poder visualizar de forma clara a relação que existe entre os aspectos avaliados, as alternativas de solução e o objetivo da tomada de decisão, essa avaliação poderia ser feita na ferramenta já utilizada pela empresa, porém, não da mesma forma.

4.3.6 Uso do Método Versus Tempo Disponível

Houve bastante recorrência no processo de avaliação aberta com relação ao balanceamento entre o uso do método e o tempo disponível. De acordo com as avaliações feitas nos campos onde o avaliado poderia escrever abertamente sua opinião, verificaram-se pelo menos 10 ocorrências nas quais houve menção ao aumento de tempo gasto ao se utilizar o método como algo negativo. A Figura 45 mostra algumas dessas opiniões obtidas no processo de avaliação com esse assunto grifado.

Figura 45 – Respostas dos usuários relacionadas com uso do método x tempo disponível.

Metodo muito eficiente.. mas tomadas de decisão geralmente devem ser rápidas e um trabalho intenso multidepartamental é necessário e isso pode ser um risco pela qualidade da informação x tempo disponível.

O novo método com certeza traz mais informações para o cenário de decisão. No entanto, ele me pareceu bastante trabalhoso e detalhado. Na prática, o investimento de horas para implementá-lo me parece ser excessivo em caso de decisões de pouca ou média complexidade. Ele poderia ser um diferencial em caso de decisões extremamente complexas. Sugestão: flexibilizar o método de acordo com a complexidade da decisão. Por exemplo, se a complexidade for baixa o step 1 seria suficiente para tomada de decisão, se for media aplicar até o step 2 ou 3 e se for alta aplicar até o step 4 ou 5, etc. Neste caso seria necessário mostrar como cada passo geraria uma conclusão e, se esta não for suficiente, como proceder com o passo seguinte. Se quiser discutir o assunto estou à disposição

Para avaliar a eficiência seria necessário avaliar o método proposto comparando resultados com métodos existentes, levando-se em conta o resultado final e tempo de resposta.

A ferramenta é muito útil porém depende de um time multidepartamental e isso eu vejo com certa dificuldade entendendo que as areas geralmente trabalham desalinhadas nos objetivos. Outro ponto que ja mencionei é o tempo necessário para a discussão dos temas e o tempo que leva para ter uma qualidade de informação necessária para a tomada de decisão. Mas se a empresa tiver o engajamento e foco a aplicação/uso da ferramenta a torna bastante interessante.

Análise de risco bem feita toma bastante tempo. Muitas vezes os envolvidos estão sobrecarregados, executando muitas tarefas ao mesmo tempo, e não dão a devida atenção.

Talvez a velocidade para a aplicação plena não esteja compatível com a da empresa na qual se deseja utilizar.

Facilidade de uso está muito relacionado ao tempo de projeto disponível para a fase de tomada de decisão, podendo ser um fator limitante para o uso da mesma.

a empresa que se proponha a utilizar o método deve ter consciência do grau de profissionalismo que existe no seu gerenciamento de informações e em seu capital intelectual. Empresas menores geralmente mais enxutas podem ter dificuldades com gerenciamento de informação e ou limitação na disponibilidade de pessoas e tempo para tal atividade.

Da mesma forma que comentei sobre a eficiência, o investimento de horas me parece excessivo.

O novo método demanda mais "inputs" para avaliação, principalmente referente aos riscos. Isto pode demandar mais tempo para auxilia na tomada da decisão.

Fonte: O próprio autor.

Essa questão merece uma discussão mais aprofundada, pois tão essencial como o desenvolvimento de artefatos (métodos, *frameworks*, ferramentas), é necessário que sua aplicação seja acompanhada de uma mudança de *mindset* para que possa ser efetivo. Essa avaliação ajudou a mostrar que em algumas empresas que desenvolvem produtos, por trabalharem sob forte pressão e com diversos assuntos diferentes ao mesmo tempo, muitas vezes pensam que não tem tempo ou que não deveriam dedicar parte do seu tempo para aplicar um novo artefato, independentemente dos ganhos que possam trazer, dentre as quais, até mesmo economia de tempo.

Para melhor explicar esse ponto, será utilizado como exemplo o comparativo entre uma tomada de decisão que tenha caráter urgente, como um problema de qualidade, versus uma outra que não tenha tanta urgência, como um projeto de redução de custo. De acordo com as opiniões coletadas no processo de avaliação, entende-se que esse método deveria ser aplicado no segundo caso, em projetos que não tenham tanta urgência, e que não deveria ser aplicada no primeiro caso, pois há urgência e esse método consome mais tempo do que o processo tradicional.

Porém, esse ponto de vista não está correto, pois é justamente nos casos em que mais existe urgência é que se justifica de forma ainda mais intensa a aplicação desse novo método. Caso seja escolhida uma alternativa incorreta na tomada de decisão dentre múltiplas alternativas com caráter urgente, nesse caso, não há possibilidade de reagir quando um risco se tornar um problema. Por isso, é muito importante que seja tomada uma decisão muito bem embasada, com a maior quantidade de informações possíveis de modo que a decisão possa ser a mais assertiva possível, mesmo que isso possa tomar mais tempo para a tomada de decisão, ou mesmo que a decisão precise ser adiada mais de uma vez para que possam ser coletados mais dados e avaliados mais fatores de risco.

Novamente, é muito importante ressaltar que é melhor tomar uma decisão mais assertiva mesmo que gaste mais tempo do que avançar no processo de forma rápida e precisar voltar atrás para rever a decisão e seguir por outro caminho, pois o gasto de recursos tende a ser muito maior no segundo caso. Por isso, a mudança da maneira de pensar é necessária antes mesmo que se possa aplicar o novo método, pois se isso não ocorrer, muitas etapas do processo podem ser indiscriminadamente ignoradas para acelerá-lo, seguindo um rumo contrário ao que se busca com a pesquisa, que é auxiliar o processo de tomada de decisão.

Outra análise possível desse resultado seria segmentar a aplicação desse método de acordo com a complexidade da decisão tomada. Porém, ao efetuar tal modificação que deixa de utilizar o DSSMA para problemas simples, frequentes e bastante conhecidos, retorna a possibilidade de fatores de risco

serem negligenciados durante o processo de tomada de decisão e junto com eles a possibilidade de se tornarem novos problemas de qualidade. Portanto, não se recomenda tal tipo de segmentação em detrimento do aumento da facilidade de uso que poderia ser obtida com isso.

Assim, esse capítulo abordou o método desenvolvido, a avaliação realizada e as discussões a respeito dos resultados obtidos. O próximo capítulo englobará a conclusão, os aspectos limitantes e as sugestões de trabalhos futuros.

5 CONCLUSÃO

Apesar da disponibilidade de soluções para auxiliar o processo de tomada de decisão e gerenciamento de riscos, empresas ainda apresentam dificuldades em evitar de forma eficiente problemas de qualidade resultantes de fatores de risco que não haviam sido considerados nas fases iniciais de projeto durante alterações de engenharia, dessa forma, gastando muitos recursos com retrabalhos em fases avançadas do PDP. Analisando os resultados obtidos no decorrer desse estudo, é possível perceber que o método proposto permitiu auxiliar o processo de tomada de decisão conforme objetivo proposto, melhorando a qualidade de informação e facilitando a avaliação de fatores de risco dentre múltiplas alternativas numa alteração de engenharia.

Na etapa de demonstração da solução, que foi realizada no contexto de uma alteração de engenharia de uma empresa parceira, o método desenvolvido funcionou para o problema de qualidade da suspensão motor de um veículo pesado, suportando a tomada de decisão dentre 5 diferentes alternativas de solução. Além disso, foi possível levar em consideração muitos outros fatores de risco que poderiam ter sido negligenciados num processo de tomada de decisão tradicional.

Uma vez que o método pode ser incorporado a outras ferramentas já utilizadas pela empresa para tomada de decisão, isso facilita sua utilização, pois torna-se um pequeno passo de melhoria incremental no processo. Foi possível ainda reduzir a sensibilidade dos dados de entrada com a utilização da matriz de balanceamento, de forma que duas pessoas diferentes chegassem a um resultado mais parecido, se não idênticos, durante o processo de avaliação dos fatores de risco. Além disso, a possibilidade de analisar graficamente o grau de impacto dos riscos dentre múltiplas alternativas se mostrou bastante pertinente nesse processo e possibilitou potencializar oportunidades, mitigar ameaças e eliminar alternativas muito arriscadas.

Já na etapa de avaliação, o resultado obtido indicou que método desenvolvido é eficiente por tornar o processo de tomada de decisão mais consistente, mais embasado e mais efetivo. Além disso, o aspecto

generalidade indicou que a solução poderia ser aplicada para outros contextos, produtos ou empresas. Ainda, o aspecto utilidade indicou que o novo método é capaz de entregar algo a mais que não poderia ser feito sem ele. Entretanto, o resultado mostrou que há possibilidade de melhorias para facilitar sua aplicação e poder ser operacionalizado nos problemas do dia-a-dia no ramo de desenvolvimento de produto. Foi possível concluir ainda, que a aplicação de novos artefatos precisa, muitas vezes, ser acompanhada de uma mudança de *mindset* das organizações para que possam ser efetivamente implementadas.

O uso do *framework* DSR neste trabalho assegurou a delimitação das etapas seguidas para o desenvolvimento do artefato, além de garantir que a solução proposta fosse aplicada e avaliada em um ambiente real de manufatura. Dentre os objetivos específicos propostos de O1 a O5 mencionados na Seção 1.2, todos eles foram completamente atingidos com sucesso. A única exceção foi para a última etapa do DSR, para o objetivo de comunicação (O6), que foi parcialmente concluído com a apresentação de *workshop* dos resultados obtidos para o meio acadêmico e industrial, porém, será finalizado com a publicação dessa dissertação.

Diante das limitações apresentadas, sugere-se como recomendações de trabalhos futuros o desenvolvimento de uma ferramenta para aplicação do método proposto com o objetivo de torná-lo mais fácil de usar e mais operacional. Além disso, recomenda-se que esse método seja aplicado para diferentes indústrias, contextos e produtos de modo a somar conhecimento e torná-lo ainda mais robusto para outras aplicações, incluindo decisões com maior grau de complexidade.

Por fim, sugere-se que as discussões realizadas nesse trabalho possam ser disseminadas nas empresas desenvolvedoras de produto, sobretudo a análise do tempo disponível versus aplicação de artefatos, para que possa provocar e fazer acontecer uma mudança de *mindset* capaz de tornar essas organizações menos suscetíveis a problemas causados por fatores de risco que não foram adequadamente tratados nas fases iniciais de projeto em detrimento de tomadas de decisão rápidas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. T. **O Conhecimento e o Uso de Método Multicritério de Apoio a Decisão**. Editora Universitária da UFPE. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBRISO. **ISO 31000 Gestão de riscos: Princípios e diretrizes**. Committee Draft of ISO, v. 31000, 2009a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBRISO. **ISO 31010 Ferramentas e Técnicas de Avaliação de riscos**, v. 31010, 2009b.

BASTCHEN, G.; SILVA, F.; BORSATO, M. **Risk management analysis in the product development process**. Procedia Manufacturing, v. 17, p. 507-514, 2018.

BAYAZIT, N. **Investigating design: A review of forty years of design research**. Design issues, v. 20, n. 1, p. 16-29, 2004.

BRANS, J. P.; MARESCHAL, B. **Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys**. International Series in Operations Research & Management Science, vol 78, p. 163-186, 2005.

CAMPELLO DE SOUZA, F.M. **Decisões racionais em situações de incerteza**. Recife: Editora Universitária. 2007.

CERVONE, H.F. **Applied digital library project management: Using pugh matrix analysis in complex decision-making situations**. OCLC Systems and Services, 25 (4), 228-232. 2009.

DINSMORE, Paul Campbell, CAVALIERI, Adriana. **Como se tornar um profissional em gerenciamento de projetos: livro-base de “preparação para certificação PMP – Project Management Professional”**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; JÚNIOR, J. A. V. A. **Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**: Bookman Editora, 2015.

ECKERT C.M., CLARKSON P.J., ZANKER W. **Change and customisation in complex engineering domains**. Research in Engineering Design, 15 (1):1–21, 2004.

ENSSLIN, L., GIFFHORN, E., ENSSLIN, S. R., PETRI, S. M., VIANNA, W. B. **Avaliação do desempenho de empresas terceirizadas com o uso da metodologia multicritério de apoio à decisão-construtivista.** Pesquisa Operacional, 30(1), 125-152. 2010.

ENSSLIN, L., MONTIBELLER, G. N., NORONHA, S. M. **Apoio à decisão: metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas.** Florianópolis: Insular. 2001.

FREY, D.D., WIJNIA, Y., KATSIKOPOULOS, K., HERDER, P.M., SUBRAHMANIAN, E. CLAUSING, D.P. **An evaluation of the pugh controlled convergence method.** In 2007 Proceedings of the ASME International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, DETC2007 (s. 193). 2007.

GARCES, Solange Beatriz Billig. **Classificação e Tipos de Pesquisas.** 2010.

GOMES, L. F. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. **Tomada de decisões em cenários complexos.** São Paulo: Cengage Learning. 2004.

GOOGLE FORMS, **Criação de Formulários On-line.** Disponível em: <<https://docs.google.com/forms/u/0>>. Acesso em: 10 set 2018.

HALABI, Anan; KENETT, Ron S.; SACERDOTE, Laura. **Using dynamic Bayesian networks to model technical risk management efficiency.** Quality and Reliability Engineering International, 2017.

HEVNER, A.; CHATTERJEE, S. **Design science research in information systems.** In: (Ed.). Design research in information systems: Springer, p.9-22. 2010.

HUANG G.Q., MAK K.L. **Current practices of engineering change management in UK manufacturing industries.** International Journal of Operations & Production Management, Vol. 19 Iss: 1, pp.21 – 37, 1999.

JARRATT T.A.W.; ECKERT C.M.; CLARKSON P.J. Engineering change, In: Clarkson PJ, Eckert CM (eds) **Design process improvement.** Springer, New York, 2004.

LI, N., LI, X., SHEN, Y., BI, Z., SUN, M. **Risk assessment model based on multi-agent systems for complex product design.** *Information Systems Frontiers*, 17(2), 363–385, 2015.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. **Design and natural science research in Information Technology.** *Decision Support Systems*, v. 15, p. 251-266, 1995. [http://dx.doi.org/10.1016/0167-9236\(94\)00041-2](http://dx.doi.org/10.1016/0167-9236(94)00041-2)

MARMIER, F., DENIAUD, I. F., GOURC, D. **Strategic decision-making in NPD projects according to risk: application to satellites design projects.** *Computers in Industry*, 65(8), 1107–1114, 2014.

NEUMANN, M.; SPORBECK M.; SADEK T; BENDER B. **A Model Based Approach to Support Risk Management in Innovation Projects. In: Modelling and Management of Engineering Processes.** Springer, Berlin, Heidelberg, p. 35-46, 2015.

NRLI, **Multi-criteria Decision Analysis.** Disponível em: <<https://projects.ncsu.edu/nrli/decision-making/MCDA.php>>. Acesso em: 02 out 2018.

OLIVEIRA, D de P. R. de. **Sistemas de Informações Gerenciais: Estratégicas, Táticas e Operacionais.** 13. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering design: a systematic approach.** London: Springer, 2005.

PEFFERS, K.; TUUNANEN, T.; ROTHENBERGER, M.A.; CHATTERJEE, S. **A design science research methodology for information systems research.** *Journal of management information systems*, Abingdon, Reino Unido, v. 24, n. 3, p. 45-77, 2007.

PIKOSZ, P. and MALMQVIST, J. **A Comparative Study of Engineering Change Management in Three Swedish Engineering Companies.** *Proceedings of ASME DETC'98*, Paper No DET98/EIM-5684, Atlanta, 1998.

PMI, Project Management Institute. **A guide to the project management body of knowledge (PMBOK®Guide).** Pennsylvania: Project Management Institut, 2018.

RELICH, Marcin; PAWLEWSKI, Pawel. **A fuzzy weighted average approach for selecting portfolio of new product development projects.** *Neurocomputing*, v. 231, p. 19-27, 2017.

RENZI, C., LEALI, F., PELLICCIARI, M., ANDRISANO, A.O. BERSELLI, G. **Selecting alternatives in the conceptual design phase: An application of fuzzy-AHP and pugh's controlled convergence.** International Journal on Interactive Design and Manufacturing, 9 (1), 1-17. 2013.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D.C.; TOLEDO, J.C.; SILVA, S.L.; ALLIPRANDINI, D.H.; SCALICE, R.K. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: uma referência para melhoria do processo.** São Paulo: 542p, Editora Saraiva, 2006.

SAATY, T. L. **Decision making with analytic hierarchy process.** International Journal of Services Sciences, Olney: Inderscience Enterprises, v. 1, n. 1, p. 83-98, 2008.

SCHUYLER, J. **Risk and decision analysis in projects.** Pennsylvania: Project Management Institut, 2001.

SHAH, Liaqat-Ali; ETIENNE A.; SIADAT A.; VERNADAT F. **Decision-making in the manufacturing environment using a value-risk graph.** Journal of Intelligent Manufacturing, v. 27, n. 3, p. 617-630, 2016.

SILVA, V. B. S.; MORAIS, D. C.; ALMEIDA, A. T. **A multi criteria group decision model to support watershed committees in Brazil.** Water Resources Management, Volume 24, Issue 14, p. 4075-4091, 2010.

SIMON, H. A. **The sciences of the artificial:** MIT press, 1996.

SMITH, P. G.; MERRITT, G. M. **Proactive risk management. controlling uncertainty in product development.** New York: Productivity Press, 2002.

SOBEK, D. K.; WARD, A. C.; LIKER, J. K. **Toyota's principles of set-based engineering.** Boston: Sloan Management Review, 1999.

TERWIESCH, C. and LOCH C.H. **Managing the process of engineering Change orders: the case of the climate control system in automobile development.** Journal of Product Innovation Management, 16(2): 160- 172, 1999.

TOLEDO, J.C.; SILVA S.; MENDES G.; JUGEND D. **Fatores críticos de sucesso no gerenciamento de projetos de desenvolvimento de produto em empresas de base tecnológica de pequeno e médio porte.** Gestão & Produção, v. 15, n. 1, p. 117-134, 2008.

VARGAS, L. G. **Methods, concepts & applications of the hierarchy process.** New York: Springer, 2012.

VON ALAN, R. H.; MARCH, S. T.; PARK, J.; RAM, S. **Design science in information systems research.** MIS quarterly, v. 28, n. 1, p. 75-105, 2004.

WARD, Allen C.; SOBEK II, Durward K. **Lean product and process development.** Lean Enterprise Institute, p.82-128, 2014.

WARD, Allen C.; SEERING, Warren. **Quantitative inference in a mechanical design compiler.** 1989.

WARD, A.; LIKER J.; CRISTIANO J.; SOBEK D. **The second Toyota paradox: How delaying decisions can make better cars faster.** Sloan management review, v. 36, n. 3, p. 43, 1995.

WERNKE, R.; BORNIA, A. C. **A Contabilidade gerencial e os métodos multicriteriais.** Revista de Contabilidade e Finanças da USP, v. 14, n 25, 2001.

WRIGHT I.C. **A review of research into engineering change management: implications for product design.** Design Studies 18:33–42, 1997.

ZELENY, M. **Multiple Criteria Decision Making.** New York: MacGraw-Hill. 1982.

APÊNDICE A – Questionário

EFICIÊNCIA						
1	Qual é a eficiência do novo método em auxiliar no processo de tomada de decisão dentre múltiplas alternativas para uma mudança de engenharia?	1 Ineficiente	2 Muito Baixa	3 Baixa	4 Alta	5 Muito Alta
2	Qual é a eficiência geral desse novo método se comparado com a referência?	1 Ineficiente	2 Muito Baixa	3 Baixa	4 Alta	5 Muito Alta
3	Qual é a eficiência da etapa de geração de gráficos na visualização do grau de impacto dos riscos se comparada com a referência?	1 Ineficiente	2 Muito Baixa	3 Baixa	4 Alta	5 Muito Alta
4	Qual é a eficiência do novo método em adicionar novas informações para a tomada de decisão (robustez) se comparada com a referência?	1 Ineficiente	2 Muito Baixa	3 Baixa	4 Alta	5 Muito Alta
5	Qual é a eficiência do novo método em identificar critérios a serem avaliados se comparado com a referência?	1 Ineficiente	2 Muito Baixa	3 Baixa	4 Alta	5 Muito Alta
6	Qual é a eficiência do novo método em evitar erros de tomada de decisão se comparado com a referência?	1 Ineficiente	2 Muito Baixa	3 Baixa	4 Alta	5 Muito Alta
7	Qual é a eficiência do novo método em melhorar a qualidade de produto alterado se comparado com a referência?	1 Ineficiente	2 Muito Baixa	3 Baixa	4 Alta	5 Muito Alta
8	Qual é a eficiência do novo método em potencializar oportunidades/mitigar ameaças/eliminar alternativas se comparado com a referência?	1 Ineficiente	2 Muito Baixa	3 Baixa	4 Alta	5 Muito Alta
9	Qual é a eficiência do novo método em auxiliar a ferramenta de tomada de decisão já utilizada pela empresa?	1 Ineficiente	2 Muito Baixa	3 Baixa	4 Alta	5 Muito Alta
9	Qual é a eficiência do novo método em chegar em respostas de avaliação mais balanceadas (mais parecidas entre dois diferentes avaliadores) se comparada com a referência?	1 Ineficiente	2 Muito Baixa	3 Baixa	4 Alta	5 Muito Alta
10	Algum comentário com relação às questões de EFICIÊNCIA?	LIVRE PARA COMENTÁRIOS				

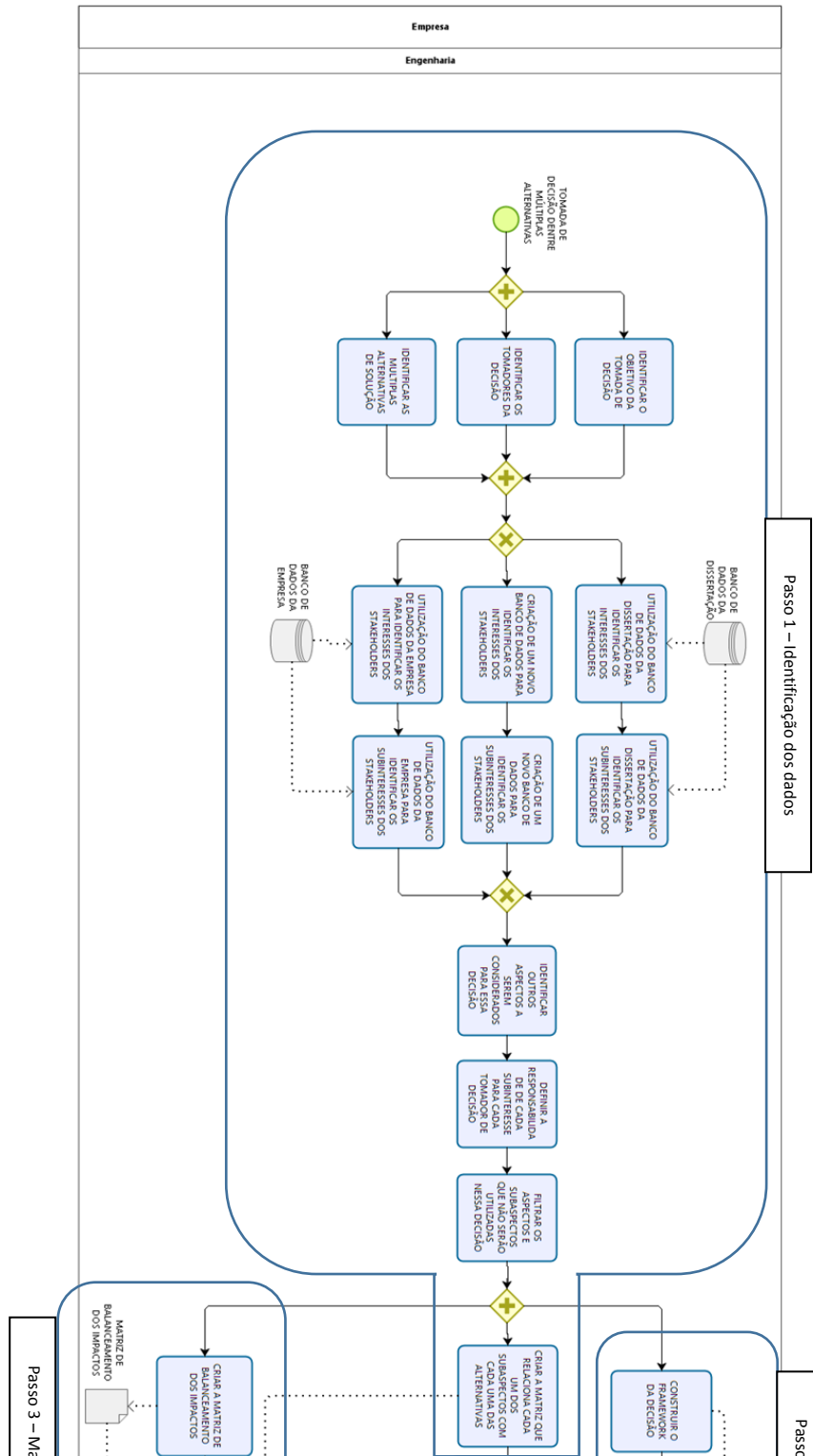
GENERALIDADE						
1	Qual é a generalidade do novo método para se aplicar em outros contextos/produtos/indústrias?	1 Não é genérico	2 Muito Baixa	3 Baixa	4 Alta	5 Muito Alta
2	Qual é o nível de restrição em aplicar o novo método em outros contextos/prontos/indústrias?	1 Irrestrito	2 Muito Baixa	3 Baixa	4 Alta	5 Muito Alta
3	Qual é a generalidade do novo método se comparado com a referência?	1 Não é genérico	2 Muito Baixa	3 Baixa	4 Alta	5 Muito Alta
4	Algum comentário com relação às questões de GENERALIDADE?	LIVRE PARA COMENTÁRIOS				

FACILIDADE DE USO						
1	Qual é a facilidade de entender o novo método?	1 Difícil	2 Muito Baixa	3 Baixa	4 Alta	5 Muito Alta
2	Qual é a facilidade de aplicar o novo método?	1 Difícil	2 Muito Baixa	3 Baixa	4 Alta	5 Muito Alta
3	Qual é o nível de dificuldade de entender/aplicar o novo método?	1 Fácil	2 Muito Baixa	3 Baixa	4 Alta	5 Muito Alta
4	Qual é o nível de facilidade de entender/aplicar o novo método se comparado com a referência?	1 Difícil	2 Muito Baixa	3 Baixa	4 Alta	5 Muito Alta
5	Algum comentário com relação às questões de FACILIDADE DE USO?	LIVRE PARA COMENTÁRIOS				

OPERACIONALIDADE						
1	Quão operacional é o novo método no sentido de poder ser aplicado no seu trabalho do dia a dia?	1 Não é operacional	2 Muito Baixa	3 Baixa	4 Alta	5 Muito Alta
2	Quão operacional é o novo método no sentido de conseguir substituir o método/ferramenta já utilizado atualmente pela empresa?	1 Não substituiria	2 Muito Baixa	3 Baixa	4 Alta	5 Muito Alta
3	Quão operacional é o novo método no sentido de se justificar sua utilização?	1 Não é justificável	2 Muito Baixa	3 Baixa	4 Alta	5 Muito Alta
4	Quão operacional é o novo método se comparado com a referência?	1 Não é justificável	2 Muito Baixa	3 Baixa	4 Alta	5 Muito Alta
5	Algum comentário com relação às questões de OPERACIONALIDADE?	LIVRE PARA COMENTÁRIOS				

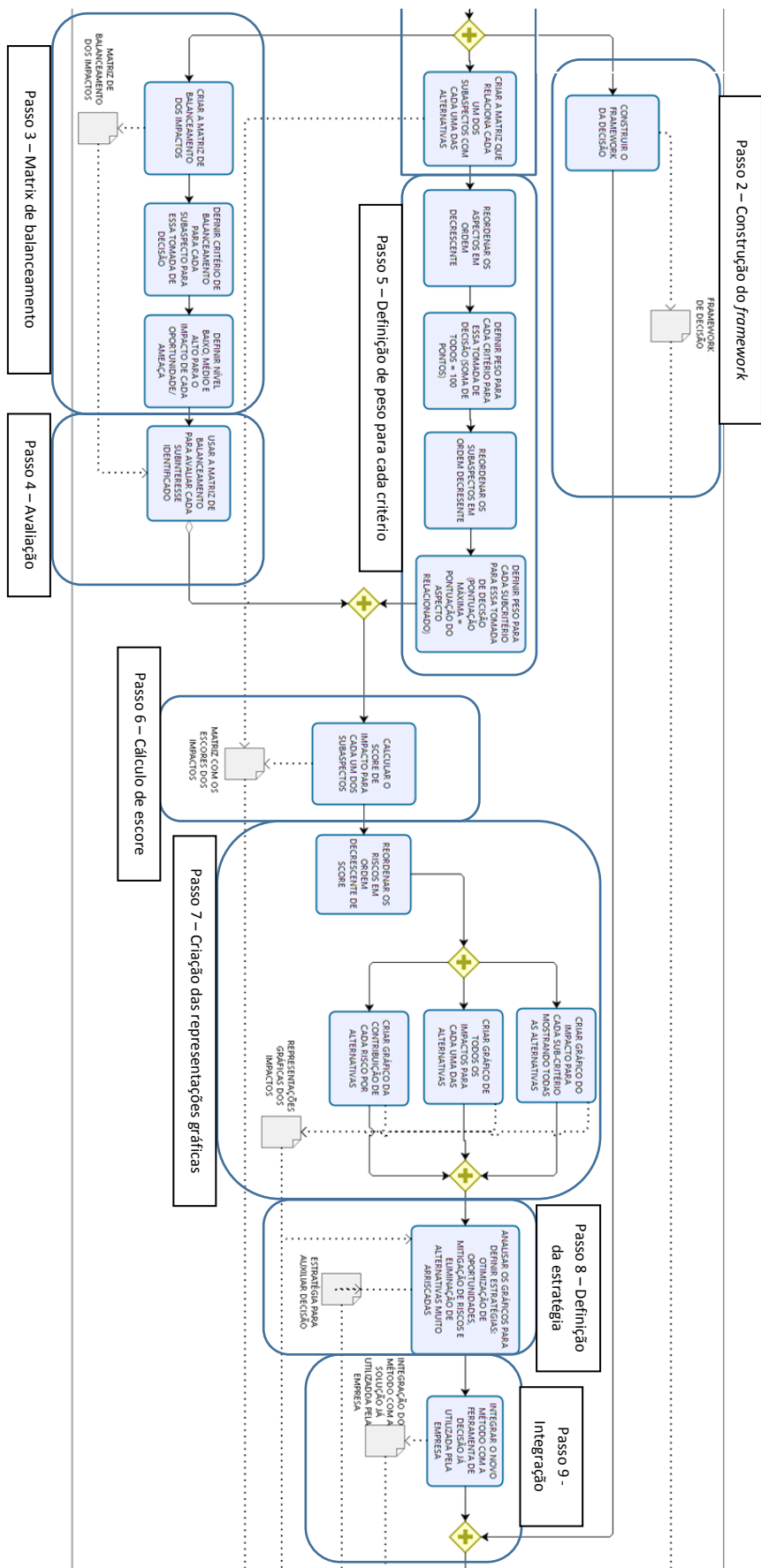
UTILIDADE						
1	Quão é a utilidade geral do novo método para o processo de tomada de decisão?	1 Não é útil	2 Muito Baixa	3 Baixa	4 Alta	5 Muito Alta
2	Quão é a utilidade geral do novo método se comparado com a referência?	1 Não é útil	2 Muito Baixa	3 Baixa	4 Alta	5 Muito Alta
3	Algum comentário com relação às questões de UTILIDADE?	LIVRE PARA COMENTÁRIOS				

APÊNDICE B – REPRESENTAÇÃO BPMN COMPLETA DO MÉTODO



Continua

Continuação



Continua

