

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

RAQUEL TEIXEIRA CAMPOS

PROPOSIÇÃO DE *FRAMEWORK* PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO *DESIGN*
FOR SIX SIGMA

BAURU/SP
2017

RAQUEL TEIXEIRA CAMPOS

**PROPOSIÇÃO DE *FRAMEWORK* PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO *DESIGN*
*FOR SIX SIGMA***

Texto de dissertação de mestrado apresentado como exigência para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP, Campus Bauru, sob orientação do Prof. Dr. Daniel Jugend.

BAURU
2017

Campos, Raquel Teixeira.
Proposição de *framework* para aplicação do método
design for six sigma / Raquel Teixeira Campos, 2017

70 f.

Orientador: Daniel Jugend

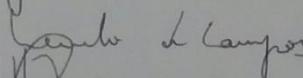
Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual
Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2017

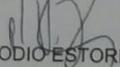
1. Desenvolvimento de novos produtos. 2. Design.
3. Lean Seis Sigma. 4. Melhoria Contínua. 5.
Requisitos dos clientes. I. Universidade Estadual
Paulista. Faculdade de Engenharia. II. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE RAQUEL TEIXEIRA CAMPOS, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, DA FACULDADE DE ENGENHARIA - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 20 dias do mês de junho do ano de 2017, às 14:30 horas, no(a) Anfiteatro da Seção Técnica de Pós-graduação da FEB/vídeoconferência, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. DANIEL JUGEND - Orientador(a) do(a) Departamento de Engenharia de Produção / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Prof. Dr. RENATO DE CAMPOS do(a) Departamento de Engenharia de Produção / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Prof. Dr. CARLA CRISTINA AMODIO ESTORILIO do(a) Departamento de Engenharia Mecânica / Universidade Tecnológica Federal do Paraná, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de RAQUEL TEIXEIRA CAMPOS, intitulada **PROPOSIÇÃO DE FRAMEWORK PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO DESIGN FOR SIX SIGMA**. Após a exposição, a discente foi arguida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: aprovada. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. DANIEL JUGEND 

Prof. Dr. RENATO DE CAMPOS 

Prof. Dr. CARLA CRISTINA AMODIO ESTORILIO 

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a meus pais Evanildo e Cleide e as minhas irmãs Vanessa e Juliana por todo o apoio que me deram durante toda a minha vida, e em especial por acreditarem em minha capacidade nos últimos anos. Vocês são e sempre serão as pessoas mais importantes da minha vida. Vanessa a você em especial agradeço pelos vários momentos dedicados em me auxiliar nessa pesquisa. Muito obrigada!!

Em especial o meu agradecimento ao meu marido Alexandre por ter acreditado e me apoiado durante esses anos, amo você.

Agradeço o meu orientador Prof. Dr. Daniel Jugend pela excelência com que ele me orientou, corrigiu e me incentivou durante todo o mestrado para a realização desta dissertação.

Agradeço aos funcionários da organização que participaram desta pesquisa, pela paciência e tempo dedicado, contribuindo de maneira expressiva para a realização desta dissertação, em especial ao Fernando Leal agradeço muito sua atenção, interesse e tempo dedicado em participar dessa pesquisa.

Agradeço a Prof^a Carla Estorilio e ao Prof. Renato de Campos pela grande contribuição para a realização desta dissertação.

Agradeço o Prof. Antonio Fernando Crepaldi pela coorientação, apoio e incentivo constante durante os últimos anos para a elaboração deste trabalho.

Agradeço a todos os professores e demais funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Unesp, pela excelência com que desempenham seus trabalhos.

RESUMO

O *design for six sigma* (DFSS) é um método normalmente adotado para se planejar o *design* do produto com alto nível de qualidade, o DFSS tem início na concepção do produto ou processo, para que os mesmos sejam projetados ou planejados isentos de erros, sem a necessidade de melhorá-los nas etapas subsequentes do processo de desenvolvimento de produtos (PDP). O objetivo deste trabalho consiste em propor um *framework* para a aplicação e implementação do DFSS no PDP. O método de pesquisa adotado foi dividido em duas etapas. Primeiramente foi feita uma revisão bibliográfica sistemática, posteriormente o *framework* teórico foi desenvolvido, e posteriormente analisado em uma empresa de grande porte e que adota o método DFSS há mais de três anos. As principais características deste *framework* desenvolvido e analisado são: a síntese de métodos e ferramentas específicas para a aplicação e implementação do DFSS no PDP, seguindo o passo a passo do modelo DMADV do DFSS com a descrição dos principais objetivos de cada fase do método. Os resultados da pesquisa mostraram que a utilização do DFSS encontra algumas barreiras, e que nem todas as ferramentas que o método propõe, baseadas na literatura, são utilizadas em organizações por serem ferramentas complexas. Ao final, o trabalho apresenta um novo *framework* baseado na análise da organização com as ferramentas e métodos aplicados por ela.

Palavras-chaves: Desenvolvimento de novos produtos. Design. Lean Six Sigma. Melhoria Contínua. Requisitos dos clientes.

ABSTRACT

Design for Six Sigma (DFSS) is a commonly adopted method for designing a product with a high level of quality, starting with the design of the product or process, so that it is designed or planned without error, without the need of improvement in subsequent stages of the product development process (PDP). The objective of this work is to suggest a framework for the application and implementation of DFSS in PDP. The research method adopted was divided into two stages. First, a systematic bibliographic review was done and afterwards, the theoretical framework developed was evaluated in a large company that uses the DFSS method for more than three years. The main characteristics of this framework developed and evaluated are: the synthesis of specific methods and tools for the application and implementation of the DFSS in the PDP, following the step by step of the DMADV model of the DFSS with the description of the main objectives of each phase of the method. The results of the research presented that the use of the DFSS finds some barriers, and verified that not all tools of the method are used in organizations because they are too complex. The work presents a new framework based on the analysis of the organization with the tools and methods applied by this company.

Keywords: Development of new products. Design. Lean Six Sigma. Continuous Improvement. Customer requirements.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Contextualização do tema de pesquisa.....	11
Figura 2 - Artigos pesquisados sobre DFSS nas bases <i>Scopus e Web of Science</i> de 2010 a 2016 e os países publicados.....	12
Figura 3 - Artigos pesquisados sobre DFSS nas bases <i>Scopus e Web of Science</i> de 2010 a 2016 e suas áreas de estudo.....	12
Figura 4 - As principais revistas que abordam o tema DFSS dentre os 30 artigos mais citados nas bases <i>Scopus e Web of Science</i>	24
Figura 5 - Modelo de referência para o PDP	26
Figura 6 - Relação entre Lean Seis Sigma, DFSS e PDP.....	27
Figura 7 - Design for six sigma (limites de especificação)	32
Figura 8 - O objetivo desejado na implementação DFSS.....	32
Figura 9 - Modelo do DFSS no PDP.....	34
Figura 10 - Seleção de modelos de processo existentes de DFSS.....	36
Figura 11 - <i>Framework</i> conceitual do DFSS.....	45
Figura 12 - <i>Framework</i> do DFSS utilizado pela empresa após processo de análise.....	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Os 30 artigos mais citados de DFSS nas bases Scopus e Web of Science ...	20
Quadro 2 - Os 10 artigos mais citados dos anos de 2010 a 2016 que abordam o tema DFSS.....	23
Quadro 3 - Os principais autores que abordam o tema DFSS dentre os 30 artigos mais citados nas bases Scopus e Web of Science.....	25
Quadro 4 - Fases, métodos e ferramentas do DFSS.....	35
Quadro 5 - Barreiras na implementação do DFSS.....	38
Quadro 6 - Melhores práticas na implementação do DFSS.....	40
Quadro 7 - Observações realizadas da fase DEFINIR.....	46
Quadro 8 - Observações realizadas da fase MEDIR.....	47
Quadro 9 - Observações realizadas da fase ANALISAR.....	47
Quadro 10 - Observações realizadas da fase DESENHAR.....	48
Quadro 11 - Observações realizadas da fase VERIFICAR.....	49
Quadro 12 - Observações das principais barreiras e das melhores práticas adotadas na aplicação do DFSS no PDP.....	50
Quadro 13 - Diferenças entre o framework conceitual e métodos e ferramentas utilizadas na empresa.....	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIA – Associação Brasileira de Indústria da Alimentação

ANOVA – Análise de variância

AQL - *Acceptance quality limit*

CEP – Controle estatístico do processo

CTQs – Críticos para a qualidade

DCCDI - *Define, Customer, Concept, Design, Implement* (Define, Cliente, Conceito, Desenho, Implementa)

DCOV- *Define, Characterize, Optimize, Verify* (Define, Caracteriza, Otimiza, Verifica)

DDOV - *Define, Design, Optimize, Validate* (Define, Desenha, Otimiza, Valida)

DMADIC - *Define, Measure, Analyse, Design, Implement, Control* (Define, Mede, Analisa, Desenha, Implementa, Controla)

DMADV - *Define, Measure, Analyse, Design, Validate* (Define, Mede, Analisa, Desenha, Valida)

DMADOV - *Define, Measure, Analyse, Design, Optimize, Verify* (Define, Mede, Analisa, Desenha, Otimiza, Verifica)

DMEDI - *Define, Measure, Explore, Develop, Implement* (Define, Mede, Explora, Desenvolve, Implementa)

DFSS – *Design for six sigma* (Desenho para seis sigma)

DMADV – *Define, Measure, Analyse, Design, Verify* (Define, Mede, Analisa, Desenha, Verifica)

DMAIC – *Define, Measure, Analyse, Implement, Control* (Define, Mede, Analisa, Implementa, Controla)

DOE - *Design of experiments* (Design de experimentos)

DPMO – Defeitos por milhão de oportunidades

FAT - *Factory acceptance testing* (Teste de aceitação de fábrica)

FMEA - *Failure mode and effect analysis* (Modo de falha e análise de efeitos)

ICOV - *Identify, Characterize, Optimize, Validate* (Identifica, Caracteriza, Otimiza, Valida)

IDDOV - *Identify, Define, Develop, Optimize, Verify and Validate* (Identifica, Define, Desenvolve, Otimiza, Verifica e Valida)

IIDOV - *Invention and Innovation, Develop, Optimize, Verify* (Invenção e Inovação, Desenvolve, Otimiza, Verifica)

IDOV – *Identify, Define, Optimize, Verify* (Identifica, define, otimiza e verifica)

IDDOV – *Identify, Define, Optimize, Verify* (Identifica, define, desenvolve, otimiza e verifica)

LSS – Lean Seis Sigma

PDP – Processo de Desenvolvimento de Produtos

PIB – Produto interno bruto

PIDOV - *Plan, Identify, Design, Optimize, Validate* (Plano, Identifica, Desenha, Otimiza, Valida)

QFD - *Quality function deployment* (Desdobramento da função qualidade)

TRIZ - *Theory for inventive problem solving* (Teoria da resolução inventiva de problemas)

VOC - *Voice of the customer* (Voz do cliente)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1.Contextualização do tema.....	10
1.2.Justificativa.....	11
1.3.Questão de pesquisa.....	13
1.4.Objetivos.....	14
1.5 Estrutura da dissertação.....	14
2 MÉTODO DE PESQUISA.....	15
2.1 Desenvolvimento do <i>framework</i> conceitual	15
2.2 Objeto de estudo.....	16
2.3 Processo de avaliação do <i>framework</i>	17
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	19
3.1 Processo de desenvolvimento de produtos.....	25
3.2 Lean Seis Sigma.....	28
3.3 Design for six sigma.....	30
3.3.1 Conceitos do DFSS.....	30
3.3.2 O método DFSS.....	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
4.1 <i>Framework</i> conceitual para implementação e aplicação do DFSS no PDP.....	42
4.2 Avaliação do <i>framework</i>	46
4.3 Análise dos resultados	50
4.4 <i>Framework</i> do DFSS no PDP após análise realizada pela organização.....	54
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
REFÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
APÊNDICE A – TRANSCRIÇÃO DA ANÁLISE DO <i>FRAMEWORK</i> CONCEITUAL DO DFSS NO PDP.....	65

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização do tema

Nos mercados atuais a competitividade está cada vez mais acentuada, por isso a busca por excelência em padrões de manufatura e serviços prestados aos clientes, bem como aplicações de melhoria contínua, tem se tornado fundamental para o bom desempenho de uma organização (AZIS; OSADA, 2011).

Nesse contexto o método Seis Sigma tem sido umas das principais referências em melhoria contínua utilizada pelas organizações nos últimos trinta anos (AL-AGHA et. al., 2015). Seis Sigma é uma estratégia de melhoria de desempenho de negócios que visa reduzir o número de erros ou defeitos para a melhoria da qualidade e processo, usando um conjunto de ferramentas estruturadas e medidas estatísticas para a avaliação de tais processos. É uma abordagem orientada para o projeto que reduz variabilidades e defeitos, focando nas necessidades dos clientes (ANTONY, 2008; MISHRA; SHARMA, 2014; AL-AGHA et. al., 2015).

O termo Seis Sigma refere-se à habilidade que a organização tem de produzir produtos dentro das especificações. Os processos que operam com qualidade seis sigma produzem níveis de defeitos abaixo dos 3,4 defeitos por (um) milhão de oportunidades (DPMO) (AL-AGHA et al., 2015).

A melhoria contínua de maneira geral, é uma cultura sustentada pela organização, visando a eliminação de erros nos sistemas e processos. Para a realização de melhorias contínuas, geralmente, não há a necessidade de grandes investimentos de capital e sim o envolvimento do trabalho em equipe, sendo o seis sigma um método de melhoria contínua (ALI et al., 2013).

Na etapa de desenvolvimento de novos produtos a inovação tecnológica é importante frente a concorrência. As empresas necessitam entender os requisitos dos clientes, ter agilidade no desenvolvimento do produto para ganhar fatias de mercado, conquistar novos consumidores, explorar mudanças, pois inovar é fazer algo diferente com caráter comercial e aplicado (JUGEND; SILVA, 2013).

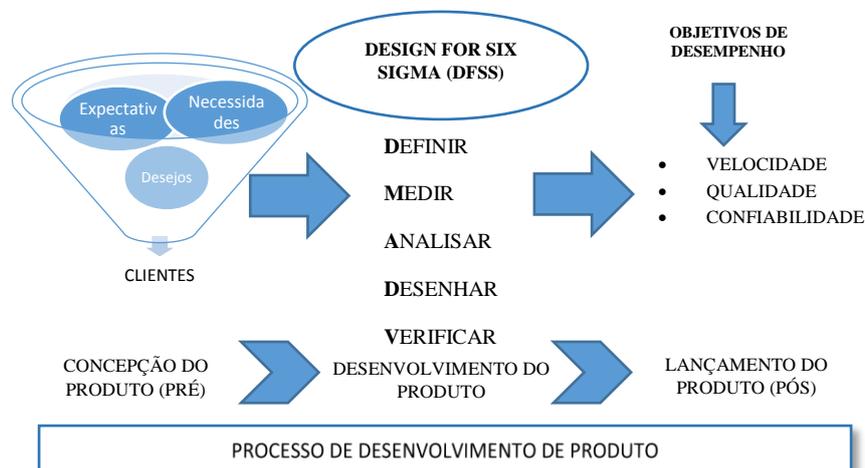
O bom desempenho do processo de desenvolvimento de novos produtos numa empresa depende do modelo de gestão adotado pela empresa, que irá determinar como a empresa fará a utilização da inovação com o lançamento de novos produtos no mercado (JUGEND; SILVA, 2013).

O método *design for six sigma* (DFSS) procura atender as necessidades e os requisitos do cliente no processo de desenvolvimento de produto (PDP) e otimizar a fase de concepção do produto ou serviço, verificando se os requisitos dos clientes estão sendo atendidos (SHAHIN, 2008).

Treichler et al. (2002) indicaram que a essência do DFSS é o de prever a qualidade do projeto antecipadamente e encorajar a medição da qualidade e a melhoria da previsibilidade durante as primeiras fases do projeto. Antony (2002) afirma que o DFSS não é um substituto para a introdução de novos produtos, mas sim um método para tornar os novos produtos, processos e prestação de serviços mais eficientes, confiáveis, capazes de atender às expectativas e exigências dos clientes.

Empresas que desejam alcançar um maior nível de eficiência na etapa de PDP, podem utilizar a abordagem do DFSS, o método de estudo deste trabalho. Enquanto o Seis Sigma se concentra sobre a otimização de processos produtivos para reduzir as variabilidades e consequentemente os custos, o DFSS começa mais cedo, prioriza a concepção, evitando erros ao longo do processo (WANG et al., 2016), conforme apresenta a Figura 1.

Figura 1 - Contextualização do Design for six sigma



Fonte: Elaborado pela autora.

1.2. Justificativa

Mesmo em nível mundial, são poucas as pesquisas que estudaram a implementação do método DFSS no desenvolvimento de novos produtos e/ou processos, e no Brasil esses estudos são ainda mais restritos. Neste âmbito a Figura 2 indica que são poucos os estudos publicados

sobre DFSS no Brasil, conforme pesquisa realizada nas bases *Scopus e Web of Science* de 2010 a 2016.

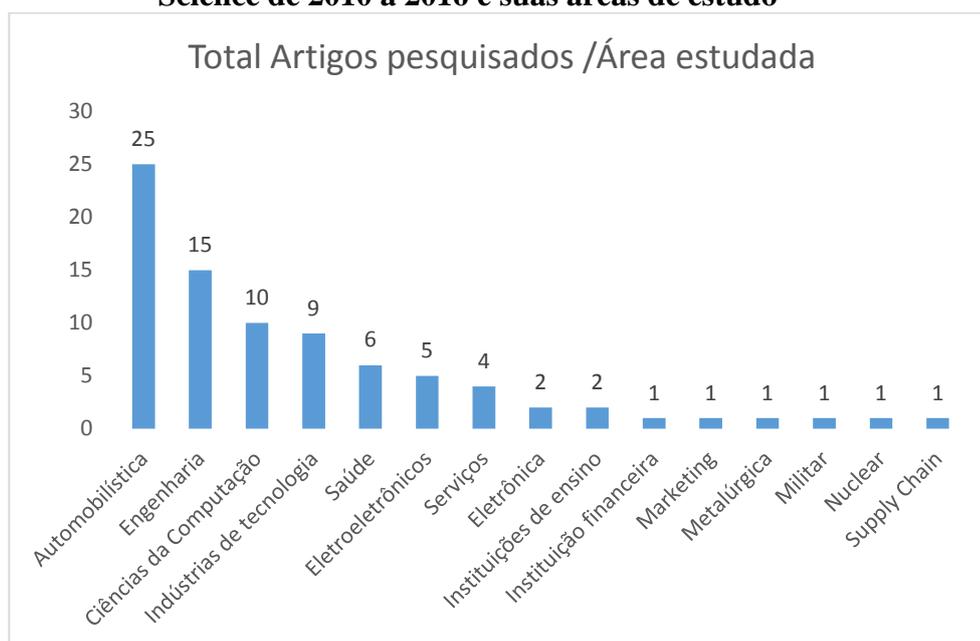
Figura 2 - Artigos pesquisados sobre DFSS nas bases *Scopus e Web of Science* de 2010 a 2016 e os países publicados.



Fonte: Elaborado pela autora.

Os artigos pesquisados sobre DFSS nas bases *Scopus e Web of Science* de 2010 a 2016 focam seus estudos nas áreas: Automobilística, Engenharia, Ciências da Computação e Indústrias de Tecnologia conforme apresenta a Figura 3, não havendo estudos da utilização do método DFSS em indústria alimentícia, o que justifica o foco desta pesquisa: analisar a aplicação do método DFSS em uma organização que o aplica e pertence ao setor alimentício.

Figura 3 - Artigos pesquisados sobre DFSS nas bases *Scopus e Web of Science* de 2010 a 2016 e suas áreas de estudo



Fonte: Elaborado pela autora

Essa é uma indústria importante no que se refere ao PDP. Além disso os setores de alimentos e bebidas representam aproximadamente 20% dos trabalhadores da indústria de transformação do Brasil. Mesmo em um cenário de desaceleração econômica, a indústria de alimentos e bebidas mantém crescimento acima do patamar nacional, em torno de 4,6% em 2014 (CNI, 2014).

O setor de alimentos é um dos mais resistentes da economia brasileira e investe cada vez mais na fabricação e em produtos de maior valor agregado que encontram espaços no mercado internacional (AGÊNCIA BRASILEIRA DE PROMOÇÃO DE EXPORTAÇÕES E INVESTIMENTOS – APEX – BRASIL, 2016).

A indústria alimentícia no Brasil tem apresentado interesse na implantação de métodos de melhoria contínua, entende-se que isso se deve em parte devido ao aumento da concorrência e ao crescimento do setor nos últimos anos na economia do país. Segundo a Associação Brasileira da Indústria da Alimentação (ABIA), a indústria alimentícia, englobando produtos alimentares e bebidas, tem uma participação de aproximadamente 9,5% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro e produção de R\$562,0 bilhões, empregando 1,6 milhão de pessoas (ABIA, 2016).

A necessidade de desenvolvimento de métodos de controle e gestão da qualidade tem se colocado como um fator de melhoria da competitividade e permanência das empresas em seus setores de atuação (MALESZKA; LINKE, 2016).

Em seu estudo, Maleszka e Linke (2016) sugerem que os produtores de alimentos encontrem soluções para alcançar vantagem competitiva, como, otimizar a cadeia de entrega, eliminar erros causados por processos, eliminar desperdícios, aumentar o envolvimento dos colaboradores, e aumentar a qualidade do produto final para isso utilizem ferramentas Lean Seis Sigma nas suas organizações.

A partir da conjuntura observada, verifica-se a necessidade de desenvolver um *framework* conceitual do método para a implementação e desenvolvimento do DFSS no PDP, e posteriormente realizar uma avaliação do *framework* apresentado. Assim os resultados poderão contribuir com a engenharia de produção, qualidade e gestão de negócios de organizações.

1.3. Questão de pesquisa

A partir desse contexto apresentado, essa pesquisa parte das seguintes questões:

- Como agrupar as melhores práticas de DFSS em um *framework*?

- Como aplicar o método DFSS durante o PDP em uma organização?

1.4. Objetivos

O objetivo geral do presente trabalho é desenvolver um *framework* conceitual do método DFSS para a implementação e desenvolvimento no PDP.

Para consecução deste objetivo geral, os seguintes objetivos específicos são considerados:

- a. Propor a elaboração de um *framework* conceitual para implementação e desenvolvimento do DFSS no PDP.
- b. Identificar e analisar as principais práticas adotadas na implementação do DFSS no PDP.
- c. Realizar uma análise comparativa do *framework* conceitual do método DFSS proposto em uma empresa de grande porte.

1.5. Estrutura da dissertação

Para atingir os objetivos propostos no presente trabalho, este é estruturado em 5 capítulos: introdução, método de pesquisa, revisão de literatura, resultados e discussões, e considerações finais.

O capítulo 1, “Introdução”, apresenta uma contextualização ao tema da pesquisa, sua justificativa, questão de pesquisa, objetivos e este tópico, estrutura da dissertação.

O capítulo 2, “Método de pesquisa”, apresenta as fases de condução da revisão de literatura e a preparação para a análise do *framework* conceitual.

O capítulo 3, “Revisão de literatura”, apresenta o estado da arte de DFSS, os conceitos relacionados ao desenvolvimento de produtos, e os métodos Lean seis sigma e DFSS. Nesta revisão, propõe-se criar o alicerce conceitual do trabalho. Todas as variáveis encontradas na literatura, sobre o tema, servem de base conceitual para a realização de uma investigação mais criteriosa e também para a elaboração de um *framework* conceitual, bem como para a análise dos resultados e discussão.

O capítulo 4, “Resultados e discussão”, apresenta os resultados encontrados na validação do *framework* conceitual.

Por fim o capítulo 5, “Considerações finais, limitações da pesquisa e sugestões para pesquisas futuras” apresenta as considerações finais do trabalho.

2. MÉTODO DE PESQUISA

Este capítulo descreve as etapas utilizadas para construção e condução do presente trabalho. Além disso, trata da sustentação do método de trabalho da pesquisa e a análise dos dados.

2.1. Desenvolvimento do *framework* conceitual

Esta subseção apresentará os critérios adotados e o método utilizado para a elaboração do *framework* conceitual da implementação e aplicação do DFSS no PDP. O presente trabalho além de realizar pesquisa bibliográfica, caracteriza-se em uma pesquisa exploratória.

A pesquisa exploratória como qualquer pesquisa, depende de uma pesquisa bibliográfica, permite um conhecimento mais completo e mais adequado da realidade. Assim, o alvo é atingido mais eficientemente, com mais consciência. A pesquisa exploratória corresponderia a uma visualização da face oculta da realidade, esta face seria iluminada pela pesquisa exploratória (GIL, 2008).

Para a elaboração do *framework* conceitual foi realizada uma revisão bibliográfica sistemática que focou no tema DFSS.

O objetivo da revisão foi identificar o estado da arte de DFSS com suas definições, as adoções de melhores práticas sugeridas pela literatura, bem como as principais barreiras encontradas durante sua utilização no processo de desenvolvimento de novos produtos. Diversos estudos foram reunidos, de acordo com o método que será descrito a seguir, e utilizados, quando possível, na formação de base teórica para amparar as futuras análises e discussões desta dissertação, bem como para a elaboração do *framework* conceitual de DFSS.

Deste modo, para determinar o estado da arte de DFSS, identificando definições, melhores práticas e barreiras na sua implementação, foram realizadas buscas na base de dados *Scopus e Web of Science* – realizadas em outubro de 2016 – utilizando a palavra-chave: “*design for six sigma*”. Essa palavra-chave foi aplicada para buscar os artigos de periódicos pelo título, resumo e palavras-chave.

Foram determinados alguns critérios para filtrar os artigos encontrados (Cr), com o objetivo de identificar os artigos mais citados e utilizá-los para embasamento da revisão de literatura dessa pesquisa:

- Cr I: Os 30 artigos mais citados que abordam o tema DFSS;

- Cr II: Os 10 artigos mais citados dos anos de 2010 a 2016 que abordam o tema DFSS, dentre os 30 artigos mais citados;

Esses artigos estão no capítulo 3 do presente trabalho, apresentados nos Quadros 1 e 2 da revisão da literatura.

O Cr I foi determinado para que fosse possível obter um panorama atual das pesquisas realizadas sobre o tema, já o Cr II para que fosse possível obter os artigos importantes, mais explorados pelo meio acadêmico e mais recentes. Foi necessário utilizar a ferramenta de ordenação e limitação das bases de dados *Scopus e Web of Science*, e identificar se os artigos selecionados contemplavam ou não, o tema DFSS e se seus conteúdos estavam acessíveis integralmente.

Foi realizado também a leitura de todos os títulos e resumos dos artigos que abordavam o tema DFSS, pesquisados nas bases de dados *Scopus e Web of Science* de 2010 a 2016, para a determinação das áreas de atuação das pesquisas sobre DFSS, bem como os principais países estudados. Quando a leitura do resumo não era suficiente, realizava-se a leitura completa do artigo.

Através da revisão de literatura, foram identificadas as fases e as ferramentas utilizadas em cada fase do método DFSS, que serão apresentadas no próximo capítulo, para a elaboração do *framework* conceitual.

2.2. Objeto de estudo

O objetivo desta pesquisa é realizar a análise do *framework* conceitual do DFSS em uma empresa de grande porte. A empresa selecionada para esta pesquisa foi escolhida por utilizar o método Lean Seis Sigma em seus processos para melhoria contínua desde 2011, e em 2014 começaram a utilizar o DFSS para os processos de desenvolvimento de novos produtos, ou seja, já é um processo maduro para a organização.

A empresa é uma multinacional do ramo alimentício de grande porte localizada no interior do estado de São Paulo, uma das maiores empresas de *snacks* do mundo, com receita líquida global de \$35 bilhões em 2013.

No Brasil, é a quarta maior operação, com 13.000 funcionários e 17 sites (fábricas, escritórios ou centros de distribuição). Tem 6 plantas em três estados (São Paulo, Paraná e Pernambuco).

Optou-se por selecionar uma das dez maiores empresas alimentícias do país, que aplica o DFSS efetivamente nos seus processos de desenvolvimento de produtos, e que tivesse disposição para participar da pesquisa, bem como a facilidade do pesquisador de acesso à organização e seus gestores.

Por fim, considerando o contexto apresentado, o setor se mostra um importante objeto de estudo para validação do *framework* conceitual da implementação e aplicação do método DFSS no PDP que será apresentado.

A empresa selecionada teve seu nome trocado por pseudônimo baseado no alfabeto grego para garantir o sigilo exigido por ela. Assim, a indústria alimentícia selecionada será tratada nesta dissertação como Alfa. A empresa Alfa é considerada uma das principais empresas do setor alimentício e fica localizada na região centro-oeste do Estado de São Paulo.

A partir da definição da unidade de análise, a próxima etapa consiste em apresentar o método de pesquisa utilizado para o desenvolvimento do *framework*.

2.3. Processo de análise comparativa do *framework*

Para responder à questão de pesquisa e atingir os objetivos propostos desta dissertação, foi realizada uma análise do *framework* conceitual, para implementação e aplicação do DFSS no PDP em uma grande empresa alimentícia.

A análise foi feita com a apresentação do *framework* conceitual em power point, em uma sala de reuniões na empresa citada durante uma tarde, com a participação de três funcionários: o gerente de desenvolvimento de negócios, o coordenador de desenvolvimento de negócios e o engenheiro de projetos da empresa alfa, responsáveis pelo desenvolvimento de novos produtos e/ou processo da empresa.

As pessoas que participaram da análise trabalham no processo de desenvolvimento de novos produtos e/ou processos e utilizam DFSS há mais de três anos.

Para a análise do *framework*, foi realizada uma reunião e apresentada aos funcionários citados, todas as etapas do método DFSS apresentado no *framework* e questionado aos mesmos se eles utilizavam a ferramenta proposta no *framework* e construída através da literatura, e se não utilizavam, era questionado o porquê da não utilização e quais ferramentas a empresa aplicava nas fases do método.

Para a coleta das informações, durante o processo de análise que foi realizada em uma reunião com os funcionários da empresa, foram feitas gravações em fitas para posterior transcrição dos dados informados, conforme Apêndice A dessa dissertação.

Após a análise do *framework* conceitual apresentado aos funcionários da indústria alimentícia, os dados foram organizados, as fitas gravadas foram transcritas e gerado arquivos eletrônicos das anotações registradas que serão expostas nessa dissertação no capítulo 4.

3. REVISÃO DA LITERATURA

Nesta etapa do trabalho foi construída uma revisão bibliográfica sistemática. Conforme apresentado no capítulo 2, a revisão bibliográfica sistemática foi organizada e dividida nos seguintes tópicos: na primeira parte é apresentado o estado da arte de DFSS, a segunda parte são apresentadas as definições das fases do processo de desenvolvimento de produtos. Na terceira, é abordado o método Lean Seis Sigma (LSS), e na quarta parte o método e as ferramentas de DFSS utilizadas para a elaboração do *framework* conceitual dessa dissertação.

Os artigos selecionados que passaram pelos filtros de pesquisa e já foram apresentados no capítulo 2 dessa dissertação, tiveram seus dados extraídos e sumarizados para o embasamento teórico dessa dissertação, especialmente neste capítulo. Os artigos encontrados na pesquisa, são apresentados no Quadro 1, onde mostram os 30 artigos mais citados com abordagem do tema DFSS nas bases *Scopus e Web of Science*.

Quadro 1 - Os 30 artigos mais citados de DFSS nas bases *Scopus e Web of Science*

Ano	Título do artigo	Citações	Journal	Autores
2004	Design for six sigma through robust optimization	122	Structural and Multidisciplinary Optimization	Koch, P.N. , Yang, R.J., Gu, L.
2003	Going from six sigma to design for six sigma: An exploratory study using analytic hierarchy process	66	TQM Magazine	Bañuelas, R., Antony, J.
2002	Design for six sigma: 15 lessons learned	48	Quality Progress	Treichler, D., Carmichael, R., Kusmanoff, A., Lewis, J., Berthiez, G.
2004	Six sigma or design for six sigma?	43	TQM Magazine	Bañuelas, R., Antony, J.
2002	Design for Six Sigma	43	Quality Progress	Mader,D.P.
2002	Design for six sigma	25	Manufacturing Engineer	Antony, J., Coronado, R.B.
2005	Exploring Design for Six Sigma from the viewpoint of Robust Design Methodology	23	International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage	Gremyr, I.
2010	Design for six sigma: Caveat emptor	22	International Journal of Six Sigma	Watson, G.H., DeYong, C.F.
2008	Design for Six Sigma (DFSS): Lessons learned from world-class companies	22	International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage	Shahin, A.
2010	Developing a lean design for Six Sigma through supply chain methodology	21	Developing a lean design for Six Sigma through supply chain methodology	Lee, M.C., Chang, T.
2008	Robust optimization in HTS cable based on design for six sigma	19	IEEE Transactions on Magnetics	Liu, X., Wang, S., Qiu, J., Guo, Y., Lin, Z.W.
2006	A D-optimal design approach to robust design under constraints: A new Design for Six Sigma tool	19	International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage	Kovach, J. , Cho, B.R.

Ano	Título do artigo	Citações	Journal	Autores
2008	Introducing design for six sigma at SKF	14	International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage	Hasenkamp, T. , Olme, A.
2012	Design for six sigma and lean product development	13	International Journal of Lean Six Sigma	Gremyr, I., Fouquet, J.B.
2007	A systems approach to order fulfilment using design for six sigma methodology	13	International Journal of Business and Systems Research	Amer, Y., Ashraf, M.A., Luong, L., Lee, S.H., Wang, W.Y.C.
2005	The house of competitiveness: The marriage of agile manufacturing, design for six sigma, and lean manufacturing with quality considerations	13	Journal of Industrial Technology	Kovach, J., Stringfellow, P., Turner, J., Cho, B.R.
2010	Development of injector for the direct injection homogeneous market using design for six sigma	12	SAE Technical Papers	Rivera, E.A., Mastro, N., Zizelman, J., Kirwan, J., Ooyama, R.
2009	The integration of DFSS, lean product development and lean knowledge management	12	International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage	Yang, K., Cai, X.
2011	An empirical study of new value creation in financial service companies using design for Six Sigma approach	11	International Journal of Productivity and Quality Management	Azis, Y., Osada, H.
2010	A study on the improvements of new product development procedure performance-an application of design for Six Sigma in a semi-conductor equipment manufacturer	11	International Journal of Production Research	Jou, Y.T., Chen, C.H., Hwang, C.H., Lin, W.T., Huang, S.J.
2010	Reducing waiting time at an emergency department using design for Six Sigma and discrete event simulation	11	Source of the Document International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage	Mandahawi, N., Al-Shihabi, S., Abdallah, A.A., Alfarah, Y.M.

Ano	Título do artigo	Citações	Journal	Autores
2008	Critical to quality in telemedicine service management: Application of DFSS (Design for Six Sigma) and SERVQUAL	10	Nursing Economics	Yun, E.K., Chun, K.M.
2006	Complexity reduction in product design and development using Design for Six Sigma	10	International Journal of Product Development	Thomas, M., Singh, N.
2003	DFSS and your current design process	10	Quality Progress	Mader, D.P.
2011	Design for Six Sigma through collaborative multiobjective optimization	9	Computers and Industrial Engineering	Baril, C., Yacout, S., Clément, B.
2010	Engineering design for Six sigma - A systematic approach	9	Quality and Reliability Engineering International	Hasenkamp, T.
2008	An empirical study on the correlation between Critical DFSS success factors, DFSS implementation activity levels and business competitive advantages in Taiwan's high-tech manufacturers	9	Total Quality Management and Business Excellence	Chung, Y.C., Hsu, Y.W., Tsai, C.H.
2006	Designing new housing at the University of Miami: A "Six Sigma"© DMADV/DFSS case study	9	Quality Engineering	Johnson, J.A., Gitlow, H., Widener, S., Popovich, E.
2001	Dow chemical design for six sigma rail delivery project	8	Winter Simulation Conference Proceedings	Buss, P., Ivey, N.
2010	Research on the correlation between design for Six Sigma implementation activity levels, new product development strategies and new product development performance in Taiwan's high-tech manufacturers	7	Total Quality Management and Business Excellence	Chung, Y.C., Hsu, Y.W.

Fonte: Elaborado pela autora com base na revisão bibliográfica sistemática.

Como apresenta o Quadro 1, a pesquisa levantou os artigos mais citados que abordam o tema DFSS nas bases *Scopus e Web of Science*, totalizando 44 artigos. Foram escolhidos os 30 artigos mais citados para apresentação nessa dissertação, devido ao número de citações dos demais não serem tão impactantes.

Os quatro artigos mais citados, estudam a implementação do DFSS em indústria automobilística, comparam o método Seis Sigma com o DFSS e mostram algumas lições aprendidas com a adoção do DFSS em indústrias automobilísticas e de ciências da computação. Os resultados mostram que a aplicação do DFSS aumenta a confiabilidade e a qualidade do produto final, bem como torna os processos mais robustos (KOCH; YANG; GU, 2004; BAÑUELAS; ANTONY, 2003; TREICHLER et al., 2002 e BAÑUELAS; ANTONY, 2004).

No Quadro 2 são apresentados os 10 artigos mais citados, encontrados nas bases *Scopus e Web of Science* entre os anos de 2010 e 2016 que abordam o tema DFSS.

Quadro 2 - Os 10 artigos mais citados dos anos de 2010 a 2016 que abordam o tema DFSS.

Autores	Ano	Citações	Journal
Watson, G.H., DeYong, C.F.	2010	22	International Journal of Six Sigma
Lee, M.C., Chang, T.	2010	21	International Journal of Productivity and Quality Management
Gremyr, I., Fouquet, J.B.	2012	13	International Journal of Lean Six Sigma
Rivera, E.A., Mastro, N., Zizelman, J., Kirwan, J., Ooyama, R.	2010	12	SAE Technical Papers
Azis, Y., Osada, H.	2011	11	International Journal of Productivity and Quality Management
Jou, Y.T., Chen, C.H., Hwang, C.H., Lin, W.T., Huang, S.J.	2010	11	International Journal of Production Research
Mandahawi, N., Al-Shihabi, S., Abdallah, A.A., Alfarah, Y.M.	2010	11	International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage
Baril, C., Yacout, S., Clément B.	2011	9	Computers and Industrial Engineering
Hasenkamp, T.	2010	9	Quality and Reliability Engineering International
Chung, Y.C., Hsu, Y.W.	2010	7	Total Quality Management and Business Excellence

Fonte: Elaborado pela autora com base na revisão bibliográfica sistemática.

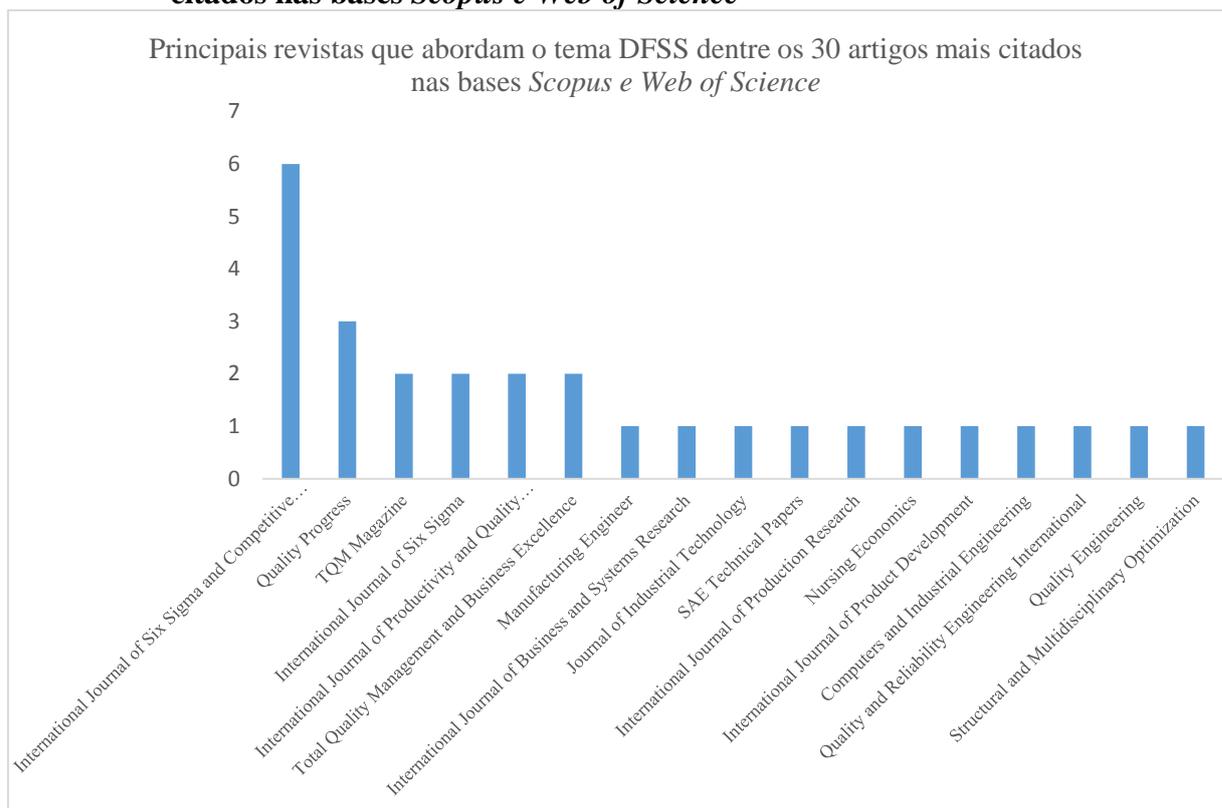
Os artigos apresentados no Quadro 2, encontrados nas bases *Scopus e Web of Science* entre os anos de 2010 e 2016 que abordam o tema DFSS, estão classificados por relevância.

Watson e DeYong (2010) demonstram que o DFSS deve ser aplicado com a integração de métodos e conceitos para atender melhor os clientes e ao mesmo tempo gerar lucros para a organização. O DFSS não é um planejamento estratégico, mas reconhece o planejamento estratégico, com foco nos negócios da organização. Ressaltam que o DFSS é um método que apoia o projeto de desenvolvimento de produtos ou processos, e que seus conceitos e métodos devem ser adaptados para suportar uma finalidade específica qualquer.

O trabalho de Lee e Chang (2010) explorou a integração dos métodos lean e DFSS e suas aplicações de melhoria de processos em serviços, e melhoria na qualidade do produto. Foi realizado um roteiro de implementação e uma combinação de técnicas em cada passo. Foi sugerido uma avaliação da aplicação da interação dos métodos em indústrias.

A Figura 4 apresenta as 17 principais revistas que abordam o tema DFSS, dentre os 30 artigos mais citados de DFSS pesquisados nas bases *Scopus e Web of Science*.

Figura 4 - As principais revistas que abordam o tema DFSS dentre os 30 artigos mais citados nas bases *Scopus e Web of Science*



Fonte: Elaborado pela autora com base na revisão bibliográfica sistemática.

A Figura 4 apresenta as revistas com mais artigos publicados que abordam o tema DFSS, as revistas são da área de Engenharia, Negócios, Lean Seis Sigma, Seis Sigma, Desenvolvimento de Produto, Produtividade e Qualidade, Tecnologia Industrial, Qualidade, Manufatura, temas ligados ao método DFSS que é utilizado em organizações desde a concepção

do produto em desenvolvimento de novos produtos, buscando atender as necessidades dos clientes e fornecendo ao produto final mais qualidade e robustez.

O Quadro 3 mostra os autores com mais citações, que abordam o tema DFSS dentre os 30 artigos mais citados pesquisados nas bases *Scopus e Web of Science*.

Quadro 3 - Os principais autores que abordam o tema DFSS dentre os 30 artigos mais citados nas bases *Scopus e Web of Science*

Autores	Citações
Watson e DeYong (2010)	22
Lee e Chang (2010)	21
Shahin (2008)	22
Gremyr (2005)	23
Koch , Yang e Gu (2004)	122
Bañuelas e Antony (2004)	43
Bañuelas e Antony (2003)	66
Treichler et al.(2002)	48
Mader (2002)	43
Antony e Coronado (2002)	25

Fonte: Elaborado pela autora com base na revisão bibliográfica sistemática.

Todos os artigos listados serviram para aprofundar o conhecimento sobre o tema apresentado, com sua leitura integral ou parcial, sendo que dentre eles foram selecionados os artigos considerados como mais adequados para a apresentação de uma base teórica coerente com a questão de pesquisa e os objetivos propostos.

Esses artigos selecionados serviram como base para a seção 3.3 que faz uma revisão da literatura de DFSS. A seção 3.1 e a 3.2 apresenta uma revisão da literatura dos temas processo de desenvolvimento de produtos e Lean seis sigma, respectivamente, pois o DFSS é aplicado durante o PDP e é um método que usa os conceitos do Lean Seis Sigma.

Portanto faz-se necessário uma revisão de literatura do PDP como apresenta a seção 3.1, bem como uma revisão de literatura de Lean Seis Sigma, apresentada na seção 3.2.

3.1. Processo de desenvolvimento de produtos

O PDP apresenta algumas características específicas como: o alto grau de incerteza e os diversos riscos nas atividades de desenvolvimento de novos produtos e/ou processos, dificuldade em alterar as decisões iniciais no processo, geração de muitas informações, diversos

requisitos e algumas atividades básicas que se repetem em ciclos iterativos (ROZENFELD et al., 2006).

Cooper (2003) define o desenvolvimento de produto como o processo pelo qual uma organização usa recursos para criar um novo produto ou melhorar os já existentes, e é visto como um processo essencial para a competitividade, sobrevivência e renovação da organização.

Rozenfeld et al. (2006) definem o PDP um conjunto de atividades por meio das quais se pretende chegar às especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção. Para isso, são levadas em consideração as necessidades de mercado, restrições tecnológicas e as estratégias da empresa. É este processo que permite à empresa criar novos produtos, mais competitivos. Rozenfeld et al. (2006) propõem representar o PDP por meio de um modelo geral baseado em macro fases, que por sua vez são divididas em fases e atividades.

No modelo proposto por Rozenfeld et al. (2006), conforme visualizado na Figura 5, há a incorporação de fases de pré e pós-desenvolvimento, além de processos de apoio ao gerenciamento do PDP. O modelo está dividido em três grandes fases: inicia-se com a fase de pré-desenvolvimento, que engloba as subfases de planejamento estratégico de produtos e planejamento do projeto; em seguida pela fase de desenvolvimento, onde são contempladas as etapas de projeto conceitual, projeto detalhado, preparação da produção e lançamento do produto; na fase final de pós-desenvolvimento, o objetivo é acompanhar o produto e processo e tomar decisões como a descontinuidade do produto no mercado, fechando assim o ciclo de vida do produto.

Figura 5 - Modelo de referência para o PDP



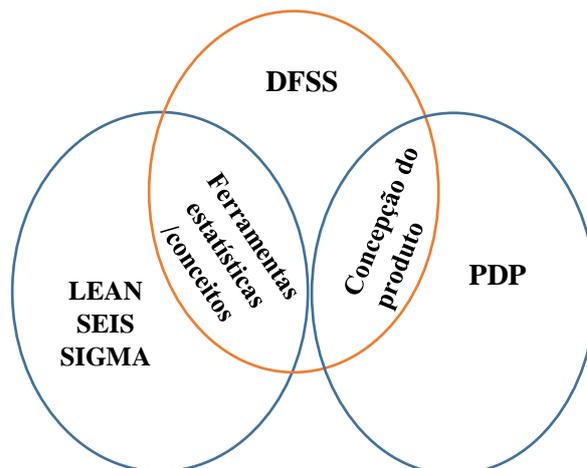
Fonte: Modelo de referência para o PDP (Rozenfeld et al., 2006).

Cooper (1993) propõe que entre cada fase do PDP, haja um processo de revisão de fases, o qual consiste em uma revisão gerencial que ocorre no final de cada fase e avalia a possibilidade de continuação do projeto e os riscos envolvidos nesta decisão. A tomada de decisão em uma revisão de fases deve considerar se o projeto é viável ou não, com a avaliação dos produtos através de critério pré-estabelecidos. Deve ser considerado também o portfólio de projetos de novos produtos para a priorização de recursos e alinhamento estratégico.

Algumas características devem ser consideradas para atender o mercado, como a qualidade e a confiabilidade do produto, as mesmas devem ser avaliadas na fase inicial do projeto do produto para redução de tempo e custo, e para isso há a aplicação de ferramentas, práticas e/ou métodos que auxiliam o PDP a atingir esses objetivos e melhorar os processos. Uma das ferramentas ou práticas utilizadas para atingir a qualidade reduzindo tempo e custo do produto ou processo é o Lean Seis Sigma (ANTONY, 2008; FRANK et al., 2013).

A Figura 6 demonstra a relação entre o processo de desenvolvimento de novos produtos, o lean seis sigma e o *design for six sigma*. O DFSS, foco desse trabalho, é um método utilizado durante o PDP, desde a fase de concepção do produto até o produto final. O DFSS utiliza os mesmos conceitos e ferramentas estatísticas que o LSS, portanto, surge a necessidade de abordar o LSS nesse trabalho, tema que é apresentado na seção 3.2 desta pesquisa.

Figura 6 – Relação entre Lean Seis Sigma, DFSS e PDP



Fonte: Elaborado pela autora.

A Figura 6 apresenta a relação entre o LSS e o DFSS, métodos que utilizam as mesmas ferramentas estatísticas e também os mesmos conceitos para sua aplicação. E a adoção do DFSS no PDP desde a concepção do produto até o produto final.

3.2. Lean seis sigma

Six Sigma é definido como "uma abordagem bem estabelecida, que procura identificar e eliminar os defeitos, erros ou falhas nos processos de negócios e sistemas, concentrando-se nas características de desempenho do processo que são de importância crítica para os clientes" (ANTONY, 2008).

Six Sigma é um método estatístico que pretende reduzir a variação em qualquer processo (CHAKRAVORTY; SHAH, 2012; NÄSLUND, 2008), reduzir os custos em manufatura e serviços, aumentar a satisfação do cliente (DROHOMERETSKI et al., 2013; NASLUND, 2008; SHAH et al., 2008) medir defeitos, melhorar a qualidade do produto e reduzir os defeitos para 3.4 partes por milhão de oportunidades em uma organização (LEE; WEI, 2009). Essas reduções são feitas utilizando também, ferramentas analíticas e estatísticas e técnicas provenientes da gestão da qualidade, tais como desdobramento da função qualidade (QFD), *failure mode and effect analysis* (FMEA), controle estatístico de processos (CEP), *design of experiments* (DOE), análise de variância (ANOVA), Kano Model, etc. (BHUIYAN et al., 2006).

No entanto, o alto custo de treinamento *Six Sigma* é considerado uma barreira para muitas organizações implantar esse método (CORBETT, 2011). Outras desvantagens são o tempo para implementar *Six Sigma* e para que os resultados se tornem visíveis (PEPPER; SPEDDING, 2010; TIMANS et al., 2012). A implantação do *Six Sigma* isoladamente tende a não eliminar os desperdícios provenientes do processo, e a implantação da gestão enxuta isoladamente pode não controlar o processo estatisticamente e pode também não eliminar a variação do processo (CORBETT, 2011). Por isso, algumas empresas decidiram fundir os dois métodos para superar algumas de suas fragilidades quando são implementadas de forma isoladas e também com o objetivo de alcançarem a excelência operacional com a otimização de processos (BHUIYAN et al., 2006).

Portanto, a interação destas duas abordagens dá a organização mais eficiência e efetividade e ajuda a atingir um maior desempenho de forma rápida (SALAH et al., 2010). A apreciação e a primeira integração do lean seis sigma foi nos EUA, no Grupo George em 1986 (CHAKRAVORTY; SHAH, 2012; VINODH et al., 2012). No entanto, o termo LSS foi introduzido pela primeira vez na literatura por volta de 2000, como parte da evolução do Seis Sigma (TIMANS et al., 2012). Desde então, tem havido um aumento perceptível na popularidade do LSS, bem como sua implantação no mundo industrial (SHAH et al., 2008),

especialmente em grandes organizações como Motorola, Honeywell, General Electric e muitas outras (LAUREANI; ANTONY, 2012; TIMANS et al., 2012) e em algumas empresas industriais de pequeno e médio porte (KUMAR et al., 2006).

LSS foi definida por Snee (2010) como "uma estratégia de negócios e um método que aumenta o desempenho do processo, resultando em maior satisfação do cliente e melhoria dos resultados na manufatura." O método LSS tem como objetivo melhorar a capacidade de uma organização, reduzir custos de produção (LEE; WEI, 2009) e maximizar o valor para os acionistas através da melhoria da qualidade (LAUREANI; ANTONY, 2012).

Uma revisão de estudos de caso identificou muitas razões para as organizações implementarem uma estratégia de LSS: para melhorar seu desempenho empresarial e eficiência operacional, principalmente no crescimento dos mercados globais, para melhorar a qualidade do produto, reduzir custos de produção e aumentar a satisfação do cliente (VINODH et al., 2012). Mais recentemente, LSS compreende a implementação do método DMAIC com uma mistura de ferramentas adequadas a partir de ferramentas Lean e Seis Sigma em cada etapa do DMAIC (KUMAR et al., 2006; VINODH et al., 2011).

Thomas et al. (2009) e Pepper e Spedding (2010) desenvolveram uma estratégia integrada, como resultado de ideias sobre a integração do LSS para tentar chegar a uma abordagem abrangente para alcançar a melhoria contínua.

Outros pesquisadores têm desenvolvido uma estrutura de trabalho para a integração bem-sucedida de LSS, como Salah et al. (2010) e Kumar et al. (2006). Os benefícios e os fatores críticos de sucesso de aplicação de LSS em paralelo são também poderosa estratégia para o processo de otimização sem desperdícios no processo ou defeitos em produtos, baixos custos e aumento de desempenho, a satisfação do cliente e moral dos funcionários.

Enquanto o Seis Sigma apresenta como objetivo principal a redução do número de defeitos nos processos produtivos, o método DFSS aborda desde o design do produto, processos ou serviços, objetiva a redução de custos e respeita as necessidades e requisitos dos clientes (ANTONY, 2002). Portanto, é uma abordagem derivada do Seis Sigma, mas focada no desenvolvimento de produtos.

O próximo tópico dessa revisão teórica apresenta o DFSS, tema central da presente dissertação de mestrado.

3.3 Design for six sigma

Esta etapa do trabalho é construída com base na literatura do DFSS, e está dividida em conceitos do DFSS, o método DFSS e pesquisas que estudaram a implementação do DFSS, mostrando as melhores práticas e barreiras encontradas durante a utilização da ferramenta.

3.3.1. Conceitos do DFSS

O DFSS teve sua origem na General Electric introduzindo o Seis Sigma no seu PDP. Seis Sigma é um conceito utilizado para melhorar os processos de produção já existentes, entendendo falhas e identificando as causas desses problemas, portanto seu foco não é para o PDP e portanto, foi introduzido o DFSS, que tem o foco na concepção do produto e nos requisitos dos clientes (WATSON; DEYONG, 2010).

DFSS é implementado por algumas empresas com o objetivo de criar novos produtos ou processos movidos pelas necessidades dos clientes (WANG et. al., 2016). DFSS é usado para traduzir as expectativas dos clientes em requisitos de projeto, selecionar e implementar as alternativas de design mais eficazes, utilizando diferentes ferramentas estatísticas (EL-SHARKAWY et al., 2014; WANG et. al., 2016).

A estrutura do método DFSS como identificar, definir, desenvolver, otimizar e verificar (IDDOV); identificar, desenvolver, otimizar e verificar (IDOV); e definir, medir, analisar, desenhar e verificar (DMADV) são amplamente usadas em inúmeras indústrias (BARIL et al., 2011). Watson e Deyong (2010) sugerem que o nível de implementação das atividades DFSS tem influência significativa na competitividade das empresas, pois afeta positivamente o processo de desenvolvimento de novos produtos (redução de custos e diferenciação).

Shahin (2008) mencionou que o DFSS é uma abordagem para projetar produtos, processos e serviços para atender às necessidades e expectativas do cliente enquanto reduz os custos de qualidade. Envolve a utilização de ferramentas estatísticas úteis para prever e melhorar a qualidade antes de construir protótipos. Utiliza uma série de ferramentas e técnicas, como a implantação de funções de qualidade, o design de experiências, as sete ferramentas de qualidade, etc., com a finalidade de obter produtos ou serviços *six sigma* desde o início.

O processo de DFSS consiste na utilização sistemática de ferramentas, treinamento e medidas que permite que a organização desenvolva projetos de produtos e processo com níveis de qualidade sigma, atendendo as expectativas dos clientes (WANG et al., 2016).

O DFSS tende a simplificar o desenho, as configurações do projeto, elimina etapas ou processos que não agregam valor na etapa de concepção do produto, evitando assim o gasto excessivo com materiais, operacionais, e custos indiretos (AHARI et. al., 2016).

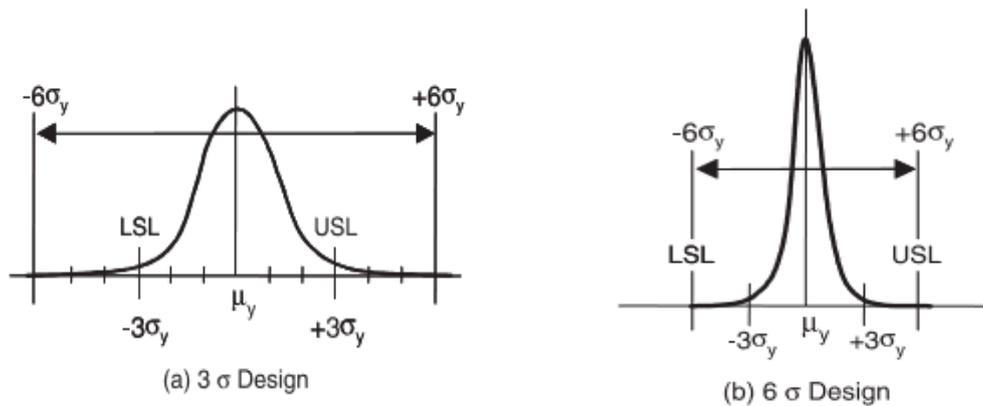
Watson e DeYong (2010) sugerem que o DFSS foi criado porque as organizações descobriram que o método DMAIC do Seis Sigma era difícil e muito dispendiosa para otimizar os produtos existentes e obter processos seis sigma, assim as empresas precisam fundamentalmente redesenhar os produtos, processos ou serviços.

Os benefícios do PDP podem ser obtidos com a aplicação dos sete princípios DFSS a um novo processo de introdução de produtos (ANTONY, 2002): (1) tempo reduzido no mercado para novos produtos ou produtos reformulados; (2) custos reduzidos do ciclo de vida associados aos produtos; (3) maior compreensão das expectativas dos clientes e suas prioridades relacionadas aos atributos dos produtos; (4) número reduzido de alterações de concepção e, conseqüentemente, número reduzido de protótipos produzidos durante a fase de concepção; (5) maior qualidade e confiabilidade do produto; (6) capacidade aprimorada de gerenciar riscos em processos de projeto de produto; (7) custos de garantia reduzidos.

De Feo e Bar-El (2002) e Mader (2002) apresentaram os sete benefícios do DFSS: (1) orientar o processo de projeto ao cliente com capacidade *Six Sigma*; (2) prever a qualidade de projeto no início; (3) corresponder aos requisitos de fluxo descendente com o fluxo de capacidade; (4) integrar o envolvimento do design multifuncional; (5) impulsionar a melhoria da qualidade e da previsibilidade nas fases de concepção inicial; (6) utilizar as capacidades do processo na tomada de decisões finais; (7) monitorar as variações do processo para verificar se os requisitos do cliente estão sendo atendidos.

O foco na obtenção de qualidade *Six Sigma* é comumente referido como DFSS. Os processos devem se manter dentro dos limites aceitáveis de especificação, com seis desvios-padrão ($u \pm 6\sigma$) de variação. Os limites de especificação inferior e superior são fixos e para que o processo seja considerado 6σ , deverá haver o mínimo de variação possível no processo conforme demonstrado na Figura 7 e apresentado por Koch et al. (2004).

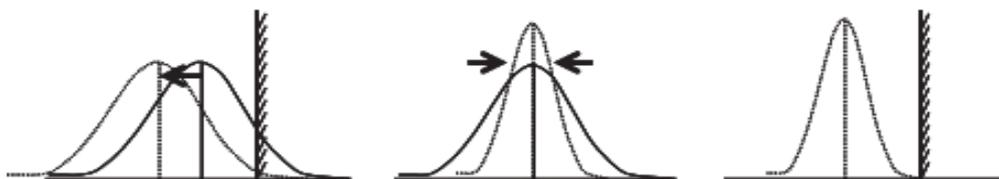
Figura 7 - Design for six sigma (limites de especificação)



Fonte: Modificado a partir de KOCH et al. (2004).

No DFSS a variabilidade de desempenho é medida por meio da confiabilidade do atendimento às especificações técnicas e à redução de variabilidade do projeto (KOCH et al., 2004). A confiabilidade pode ser diretamente relacionada com o nível sigma: um nível sigma de $\pm 3\sigma$ é equivalente a uma confiabilidade de 99,73%. Na implementação de uma abordagem de seis sigma no projeto de engenharia, a variabilidade do desempenho é medida e, se necessário, melhorada em relação às metas de qualidade deslocando a distribuição de desempenho em relação aos limites de especificação estabelecidos (melhorando assim a confiabilidade) e diminuindo a variabilidade (melhoria na robustez). O conceito para o DFSS está apresentado na Figura 8 e foram discutidos por Koch et al. (2004).

Figura 8 - O objetivo desejado na implementação DFSS



a) Melhorar (melhorando a confiabilidade) b) Redução (melhoria da robustez) c) Melhora e Redução

Fonte: Koch et al., 2004

Treichler et al. (2002) observam que com a utilização do DFSS pode haver um aumento de lucro de ciclo de vida dos produtos, e que, portanto, o DFSS é “predizer a qualidade do design no início e dirigir a medição da qualidade e melhoria da previsibilidade durante as fases iniciais do projeto”. O DFSS está focado em novos projetos, ou projetos inovadores que produzem um maior nível de desempenho.

Treichler et al. (2002) afirmam que o DFSS é uma maneira muito mais efetiva e menos custosa de se atingir qualidade seis sigma do produto do que corrigir o produto ao longo de sua trajetória.

Antony (2002) afirma que os esforços do DFSS tendem a prever e melhorar a qualidade antes de os produtos e processos serem lançados usando o método IDOV (identificar, desenhar / projetar, otimizar e validar). Também pode ser empregado para redesenhar processos e produtos atuais. Esta abordagem pode ser utilizada para melhorar a eficácia do processo e do produto e evitar futuros problemas nas fases de fabricação e de serviço.

LSS e DFSS utilizam diferentes métodos. *Lean Six Sigma* utiliza o método DMAIC, que segue as fases definir, medir, analisar, melhorar (*improve*) e controlar. O DFSS emprega principalmente o método DMADV, que segue as fases definir, medir, analisar, projetar / desenhar e verificar (SHARIN, 2008).

3.3.2. O método DFSS

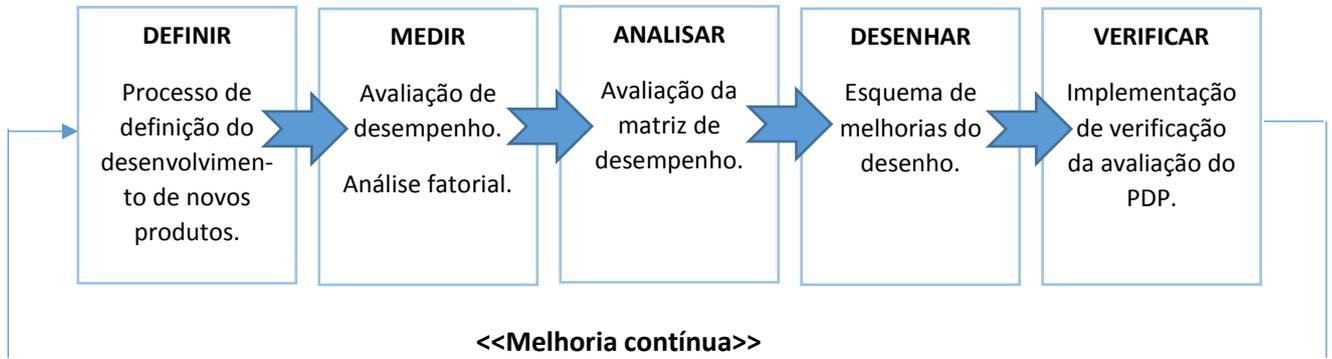
O desenvolvimento de novos produtos é um processo importante para a maioria das empresas, pois mantém os clientes satisfeitos com o portfólio de produtos cada vez mais competitivos (KOCH et al., 2004). Incluindo não só o portfólio de produtos atual, mas também a capacidade de apresentar regularmente novos produtos ao mercado. E isso implica na necessidade de inovações no processo de desenvolvimento e conhecimento sobre os potenciais clientes (WANG et al., 2016).

Ao longo dos anos, várias ferramentas e técnicas têm sido desenvolvidas em vários aspectos da gestão de projetos desde o início até sua conclusão. Durante as últimas décadas surgiram formas estruturadas de realização de PDP com foco na qualidade, como o DFSS (WANG et al., 2016). Este conceito tem como objetivo melhorar o PDP desde a concepção do produto para evitar assim, possíveis problemas e falhas, tornando ao mesmo tempo o PDP mais eficaz e focado no cliente (MADER, 2002; WANG et al., 2016).

A ideia central do DFSS é desenvolver produtos robustos e inovadores baseado nas necessidades dos clientes, e que a organização seja capaz de produzir (WANG et al., 2016). A orientação para o cliente é um dos principais focos do DFSS, entendendo o que o cliente necessita. Em seguida, o conceito defende a aplicação de métodos durante o PDP para atender a essas necessidades dos clientes através da realização de atividades, de ferramentas e técnicas estruturadas (ERICSSON; LILLIESKÖLD, 2012).

Jou et al. (2011) propuseram um modelo do DFSS no PDP conforme apresentado na Figura 9.

Figura 9 – Modelo do DFSS no PDP



Fonte. Modificado a partir de Jou et al. (2011, p.5575).

Nos modelos propostos por Jou et al. (2011); Lee e Chang (2010); Mandahawi et al. (2010) e Wang et al., (2016) o DFSS deve apresentar as seguintes fases e em cada fase é recomendado o uso de métodos e ferramentas como apresentado no Quadro 4.

Quadro 4 – Fases, métodos e ferramentas do DFSS

FASES DO DFSS	MÉTODOS E FERRAMENTAS DO DFSS	AUTOR
(1) Fase de definição: definir e mapear a lista de trabalhos de desenvolvimento de produtos, as métricas do projeto devem estar claramente definidas e serem consistentes com as demandas de seus clientes e os objetivos da empresa, e os benefícios do projeto devem ser antecipados.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Project Charter</i> (estrutura do projeto – metas e responsabilidades de cada membro e os objetivos do projeto); - Identificação dos CTQs (Críticos para a qualidade); - VOC (<i>Voice of the Customer</i>) - Voz do cliente, definição dos requisitos dos clientes e transformá-los em especificações de engenharia); análise financeira e de riscos. 	Lee; Chang (2010); Wang et al. (2016)
(2) Fase de medição: realizar medições internas para adquirir o status de desempenho atual dos itens de trabalho do procedimento de desenvolvimento de produto. Nesta etapa, quatro coisas devem ser medidas. Eles incluem, CTQ's que representam críticas para qualidade, capacidade de processo de produção, avaliações de riscos e capacidade do produto.	<ul style="list-style-type: none"> - Identificação de parâmetros críticos do produto conforme os requisitos dos clientes; - Utilização do QFD (<i>Quality function deployment</i>) para traduzir os requisitos dos clientes em especificações do produto e/ou projeto, trabalho em equipe multidisciplinar. Identificação dos CTQs do produto e do processo. - Utilização do FMEA (<i>Failure Mode and effects analysis</i>) para identificação das possíveis falhas nos processos e seus efeitos. 	Jou et al. (2011); Lee; Chang (2010)
(3) Fase de análise: É importante usar o processo de análise de desempenho para desenvolver e projetar melhores alternativas que possam reduzir defeitos. Esses projetos devem ser avaliados por suas capacidades inerentes para determinar se o design é o melhor disponível ou se uma alternativa melhor pode ser criada.	<ul style="list-style-type: none"> - Análise criteriosa dos parâmetros de processo e de produto devem ser realizados para minimizar os defeitos do produto. - Identificação de recursos e impactos ambientais do processo são analisados. - Utilização do QFD para relacionar as especificações dos clientes com o desempenho e qualidade do produto final. 	Jou et al. (2011); Mandahawi et al. (2010); Wang et al. (2016)
(4) Fase de projeto / design: Elaborar uma lista de falhas durante o projeto e encontrar as possíveis causas dos erros para posterior correção. Nesta etapa deve ser realizado um plano de projeto para preparação para a próxima etapa, detalhes e revisões no projeto devem ser realizadas.	<ul style="list-style-type: none"> - Tornar os dados qualitativos (CTQs e VOC) em dados quantitativos - QFD; - DOE (<i>design of experiments</i>) é um método para condução e análise de testes do produto, envolvendo parâmetros e especificação do produto e processo. - TRIZ (<i>Theory for inventive problem solving</i>) 	Jou et al. (2011); Lee; Chang (2010)
(5) Fase de verificação: implementar o esquema proposto e verificar a eficácia do processo para garantir o cumprimento dos critérios estabelecidos. A verificação geralmente ocorre através de testes piloto.	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar a efetividades da fase de design, dos testes realizados. - Implementação do produto e realização de testes piloto. 	Jou et al. (2011); Lee; Chang (2010); Wang et al. (2016)

Fonte: Modificado a partir de Jou et al., (2011, p.5575); Lee; Chang, (2010, p. 415); Mandahawi et al., (2010, p. 97) e Wang et al., (2016, p.524).

Enquanto no método Seis Sigma utiliza-se o DMAIC (definir, medir, analisar, implementar e controlar) para a solução de problemas em processos já existentes, no DFSS não há um padrão universal a ser seguido. Há uma grande quantidade de modelos de processos de DFSS adotados pelas organizações, como mostrado na Figura 10 (ERICSSON; LILLIESKÖLD, 2012; SODERBORG, 2004; WATSON; DEYONG, 2010).

Figura 10 - Seleção de modelos de processo existentes de DFSS

DCCDI - *Define, Customer, Concept, Design, Implement*
 DCOV - *Define, Characterize, Optimize, Verify*
 DDOV - *Define, Design, Optimize, Validate*
 DMADIC - *Define, Measure, Analyse, Design, Implement, Control*
 DMADV - *Define, Measure, Analyse, Design, Validate*
 DMADOV - *Define, Measure, Analyse, Design, Optimize, Verify*
 DMEDI - *Define, Measure, Explore, Develop, Implement*
 ICOV - *Identify, Characterize, Optimize, Validate*
 IDDOV - *Identify, Define, Develop, Optimize, Verify and Validate*
 IIDOV - *Invention and Innovation, Develop, Optimize, Verify*
 PIDOV - *Plan, Identify, Design, Optimize, Validate*

Fonte: Modificado a partir de Ericsson e Lillieskold (2012, p. 3380); Soderborg (2004, p.16); Watson; Deyong (2010, p.77).

Apesar das inúmeras nomenclaturas, todas as versões do DFSS compartilham estratégias fundamentais e ferramentas com um objetivo comum: criar uma cultura de desenvolvimento do produto de forma eficiente com ganhos significativos (LEE; CHANG, 2010).

O modelo DMADV, empregado no DFSS é sinônimo do método DMAIC utilizada no Seis Sigma. O processo tradicional de Seis Sigma do DMAIC, é focado na melhoria contínua, ou no desenvolvimento de processos de serviços e geralmente ocorre após a conclusão do desenvolvimento inicial do processo ou do produto. O DFSS (ou DMADV) se esforça para gerar um novo processo, onde o processo existente é considerado insuficiente e necessita de substituição (LEE; CHANG, 2010).

Recomenda-se que o DFSS e o PDP tenham uma equipe dedicada, a longo prazo de forma funcional transversal que normalmente inclui negócios, marketing, tecnologia, engenharia, fabricação, vendas e muitas outras funções de suporte. Lee e Chang (2010)

apresentam em seu estudo os princípios de DFSS: foco em proatividade; design de novos produtos ou serviços e processos; foco em Marketing, Processo e desenvolvimento e design; envolve grande mudança cultural; trabalho em equipe é interfuncional; aumento da satisfação do cliente; aumento do lucro sobre o ciclo de vida do produto; redução dos defeitos e variabilidades no PDP; aumento de produtividade; redução no tempo e custo do desenvolvimento do produto.

Diante da revisão realizada no *Scopus e Web os Science* e apresentada no início desse capítulo, os Quadros 5 e 6 apresentam as barreiras e melhores práticas encontradas, respectivamente, com a implementação do DFSS.

Quadro 5 - Barreiras na implementação do DFSS

Num. Barreiras	Barreiras	Referências
1	Resistência à introdução de uma nova metodologia	Shahin A. (2008); Koziolk S. e Derlukiewicz D (2012).
2	Falta de capacitação do time multifuncional nas ferramentas estatísticas avançadas	Shahin A. (2008); Baril et al. (2011); Narayanan H. e Khoh S.B. (2010); Ericsson E. e Lilliesköld J. (2012); Lee, M.C. e Chang T. (2010); Ericsson et al. (2011).
3	Dificuldade na avaliação dos esforços durante a implementação do DFSS	Gremyr, I. e Fouquet, J.B. (2012).
4	Dificuldade na tomada de decisões de gestores, não há o envolvimento da liderança	Baril et al. (2011); Gremyr, I. e Fouquet, J.B. (2012); Narayanan H. e Khoh S.B. (2010); Ericsson E. e Lilliesköld J. (2012).
5	Muito esforço e alto investimento na utilização da metodologia DFSS	Baril et al. (2011); Narayanan H. e Khoh S.B. (2010).
6	O DFSS deve ser adaptado e personalizado para uma necessidade comercial particular	Watson e DeYong (2010).
7	Distinguir perfeitamente as necessidades e requisitos dos clientes	Shahin A. (2008); Watson e DeYong (2010).
8	A metodologia DFSS não é um planejamento estratégico da empresa	Shahin A. (2008); Watson e DeYong (2010).
9	Dificuldade em aplicar a metodologia DFSS para vários tipos de negócios da empresa	Watson e DeYong (2010).
10	Amadurecimento da metodologia	Watson e DeYong (2010); Lee, M.C. e Chang T. (2010).
11	Falta de reconhecimento e compartilhamento de resultados	Watson e DeYong (2010); Narayanan H. e Khoh S.B. (2010); Ericsson E. e Lilliesköld J. (2012).
12	Tempo disponível da equipe não é suficiente para aplicação adequada da metodologia	Watson e DeYong (2010); Narayanan H. e Khoh S.B. (2010); Lee, M.C. e Chang T. (2010).
13	A metodologia DFSS não contribui para o PDP	Ericsson E. e Lilliesköld J. (2012); Gremyr, I. e Fouquet, J.B. (2012).
14	A metodologia DFSS só é funcional para grandes organizações	Ericsson E. e Lilliesköld J. (2012); Koziolk S. e Derlukiewicz D. (2012).
15	Ferramentas muito complexas e nem todas são utilizadas	Watson e DeYong (2010); Ericsson E. (2013).

Fonte: Elaborado pela autora (2016).

Conforme o Quadro 5 apresenta, as principais barreiras encontradas durante a implementação do DFSS nas empresas são em grande parte envolvendo pessoas. Baril et al. (2011), Narayanan e Khoh (2010), Ericsson et al. (2011), Ericsson e Lilliesköld (2012), Lee e Chang (2010), Koziolok e Derlukiewicz (2012), e Shahin (2008), apresentam em seus estudos que há ainda muita resistência por parte da equipe à introdução de um novo método, e que a falta de capacitação do time multifuncional em ferramentas estatísticas é uma das barreiras mais importantes durante a aplicação do DFSS.

Como apresentado por Watson e DeYong (2010), Lee e Chang (2010) e Narayanan e Khoh (2010), a falta de amadurecimento do método, bem como o tempo que a equipe despende para sua aplicação não são suficientes para a implementação adequada do método. Na prática, essas barreiras podem inviabilizar a aplicação completa do método, podendo ainda não contribuir com o PDP, conforme apresentado por Ericsson e Lilliesköld (2012), Ericsson (2013), Gremyr e Fouquet (2012), Koziolok e Derlukiewicz (2012), Watson e DeYong (2010), que também sugerem que o DFSS só é funcional em grandes organizações, pois possui ferramentas muito complexas e nem todas são utilizadas.

O Quadro 6 apresenta as melhores práticas encontradas na implementação do DFSS.

Quadro 6 – Melhores práticas na implementação do DFSS

Num. Melhores práticas	Melhores práticas	Referências
1	Treinamento / formação de especialistas , Green Belt ou Black Belt para utilização das ferramentas estatística na aplicação da metodologia DFSS	Shahin A. (2008); Narayanan H. e Khoh S.B. (2010).
2	Tempo disponível para a equipe aplicar a metodologia	Shahin A. (2008).
3	Treinamento da metodologia DFSS para novos funcionários	Gremyr, I. e Fouquet, J.B. (2012)
4	Integração total do DFSS com o processo de desenvolvimento atual da organização	Gremyr, I. e Fouquet, J.B. (2012); Azis e Osada (2013); Narayanan H. e Khoh S.B. (2010).
5	Utilização do QFD em conjunto com o DFSS para entender os requisitos do cliente	Gremyr, I. e Fouquet, J.B. (2012); Lee, M.C. e Chang T. (2010).
6	A equipe de projeto pode escolher a melhor ferramenta para aplicar dentro da metodologia DFSS, para tanto, deverá ter conhecimento suficiente das ferramentas	Gremyr, I. e Fouquet, J.B. (2012); Chung e Hsu (2010).
7	O DFSS auxilia na identificação de características críticas do produto	Baril et al. (2011); Lee, M.C. e Chang T. (2010).
8	O DFSS auxilia na qualidade do produto final	Baril et al. (2011); Azis e Osada (2013); Chung e Hsu (2010); Lee, M.C. e Chang T. (2010).
9	O DFSS atende os requisitos dos clientes com produtos de qualidade	Koziolek S. e Derlukiewicz D. (2012); Azis e Osada (2013); Ericsson E. e Lilliesköld J. (2012); Nicolaescu et al. (2015).
10	A utilização da metodologia DFSS reduz as etapas de melhoria contínua nas etapas subsequentes	Koziolek S. e Derlukiewicz D. (2012); Azis e Osada (2013).
11	Aumenta o nível sigma dos processos	Koziolek S. e Derlukiewicz D. (2012).
12	O DFSS reconhece o planejamento estratégico e as unidades de negócio	Watson e DeYong (2010); Chung e Hsu (2010); Lee, M.C. e Chang T. (2010).
13	O DFSS fornece uma filosofia e metodologia para coordenar programas	Watson e DeYong (2010); Ericsson E. e Lilliesköld J. (2012); Ericsson E. (2013).
14	Aumenta a comunicação entre os membros da equipe	Ericsson E. e Lilliesköld J. (2012); Koziolek S. e Derlukiewicz D. (2012); Azis e Osada (2013).
15	Diminui o tempo de desenvolvimento do produto e aumenta o tempo de lançamento do produto no mercado	Azis e Osada (2013); Chung e Hsu (2010); Watson e DeYong (2010); Ericsson E. e Lilliesköld J. (2012); Lee, M.C. e Chang T. (2010).
16	Melhora a qualidade do produto final, o custo e a entrega	Azis e Osada (2013); Chung e Hsu (2010); Watson e DeYong (2010); Nicolaescu et al. (2015).

Fonte: Elaborado pela autora (2016).

Conforme apresentado no Quadro 06, as melhores práticas encontradas durante a implementação do DFSS estão baseadas em treinamentos e capacitações da equipe multifuncional envolvida com a ferramenta. Azis e Osada (2013); Gremyr e Fouquet (2012); Narayanan e Khoh (2010); e Shahin (2008) apresentam em seus estudos que como melhores práticas, é fundamental o treinamento e formação de especialistas para a utilização das ferramentas estatística na aplicação do DFSS, que a equipe envolvida deverá ter tempo disponível para a sua aplicação, e que para novos funcionários, há a necessidade do treinamento da ferramenta, bem como a integração total do DFSS com o processo de desenvolvimento da organização.

Azis e Osada (2013); Baril et al. (2011); Chung e Hsu (2010); Gremyr e Fouquet (2012); Lee e Chang (2010) apresentam em seus estudos que a utilização do QFD em conjunto com o DFSS auxilia no entendimento dos requisitos dos clientes, que a equipe pode escolher a melhor ferramenta para aplicar no processo e que o DFSS auxilia na identificação das características críticas do produto, bem como na qualidade do produto final.

Como melhores práticas encontradas durante a implementação do DFSS, os estudos de Azis e Osada (2013); Chung e Hsu (2010); Ericsson e Lilliesköld (2012); Ericsson (2013); Koziolk e Derlukiewicz (2012); Lee e Chang (2010); Watson e DeYong (2010) apresentam que a utilização do método DFSS reduz as etapas de melhoria contínua nas etapas subsequentes, aumenta o nível sigma dos processos, reconhece o planejamento estratégico e as unidades de negócio, fornece uma filosofia e método para coordenar programas, diminui o tempo de desenvolvimento do produto e aumenta o tempo de lançamento do produto no mercado.

No próximo capítulo é apresentado os resultados e discussão da dissertação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse capítulo serão apresentados os resultados e discussão do trabalho, na seção 4.1 será apresentado o passo a passo da elaboração do *framework* conceitual do DFSS, na seção 4.2 será apresentada a análise realizada do *framework* conceitual pela empresa alfa, bem como as principais práticas adotadas e barreiras encontradas pela empresa na implementação e aplicação do método DFSS no PDP, e na seção 4.3 os resultados da análise do framework serão analisados.

4.1 *Framework* conceitual para implementação e aplicação do DFSS no PDP

Nesta seção é apresentado um *framework* conceitual embasado em todo o conteúdo apresentado nas seções 3.3.1, 3.3.2 e o Quadro 4 dessa última seção, fazendo as devidas conexões.

Através da revisão de literatura realizada e apresentada no capítulo 3 dessa dissertação, foram apresentadas e sintetizadas todas as ferramentas e métodos utilizados nas fases do DFSS e apresentados no Quadro 4 desse trabalho.

O *framework* apresentado na Figura 11, foi baseado no quadro 4 dessa pesquisa, explicando o passo a passo para a implantação e aplicação do DFSS, bem como quais as ferramentas que devem ser utilizadas em cada fase do método, utilizando o modelo DMADV do método DFSS. O modelo DMADV do método DFSS é composto pelas seguintes etapas: definir, medir, analisar, design e verificar, que serão apresentadas a seguir.

Definir

Na figura 11 pode ser visualizado que a utilização do DFSS (DMADV) durante o PDP inicia na fase de concepção do produto, que deve estar diretamente ligada à estratégia da organização. Na fase definir os requisitos, desejos dos clientes devem estar claros para a equipe de projetos, para a criação e a concepção do novo produto (WATSON; DEYONG, 2010).

Nessa fase são identificados os requisitos, desejos e necessidades dos clientes através da ferramenta VOC, baseados nessas necessidades, há a determinação dos parâmetros e especificações do produto e processo (WATSON; DEYONG, 2010). Nessa fase também são definidas as metas e responsabilidades dos membros da equipe que devem estar ligadas à estratégia da organização (ERICSSON; LILLIESKÖLD, 2012; JOU et al. 2011; LEE; CHANG, 2010).

Medir

Na segunda fase do método, a fase medir, há a necessidade de medir os processos existentes, traduzir os requisitos dos clientes em especificações de engenharia, de produto e parâmetros de processo, utilizando ferramentas como QFD e FMEA, determinando assim os CTQs do produto (LEE; CHANG, 2010; MANDAHAWI et al., 2010).

A identificação dos CTQs do produto é importante para a determinação dos parâmetros e especificações do produto que devem atender às necessidades dos clientes. A medição e análise dos processos existentes é necessária para a adequação ou não de novas tecnologias ou processos para atender os parâmetros identificados através dos requisitos dos clientes (LEE; CHANG, 2010; MANDAHAWI et al., 2010).

Analisar

Após a fase de medição, deverá haver uma criteriosa análise do processo, para que ocorra o mínimo de defeitos no produto e processo. Há também nessa etapa a identificação de recursos necessários e a avaliação de impactos ambientais, utilizando como suporte a ferramenta QFD para relacionar as especificações dos clientes com o desempenho e qualidade do produto final (JOU et al. 2011; LEE; CHANG, 2010; MANDAHAWI et al., 2010 e WANG et al., 2016).

A análise de impactos ambientais é necessária para a análise de viabilidade econômica e técnica do novo produto, bem como para avaliação de possíveis gastos excessivos de água, energia e com tratamento de efluentes, podendo impactar diretamente no custo do produto final (JOU et al. 2011; LEE; CHANG, 2010; MANDAHAWI et al., 2010 e WANG et al., 2016).

Design

A próxima fase é a fase de design, onde os dados qualitativos (CTQs e VOC) devem ser transformados em dados quantitativos. Nessa fase é necessário a execução de testes piloto, utilizando o DOE (design of experiments) e TRIZ (Theory for inventive problem solving) para detecção de problemas e desvios de processo (ERICSSON; LILLIESKÖLD, 2012; JOU et al. 2011; LEE; CHANG, 2010 e WANG et al., 2016).

A utilização do método TRIZ para Kim et al. (2012), serve para auxiliar na criação de novas ideias a partir de ideias atuais. Kim et al. (2012) apresentam em seu trabalho o método TRIZ; o mesmo possibilita a criação de novos conceitos a partir de conceitos atuais.

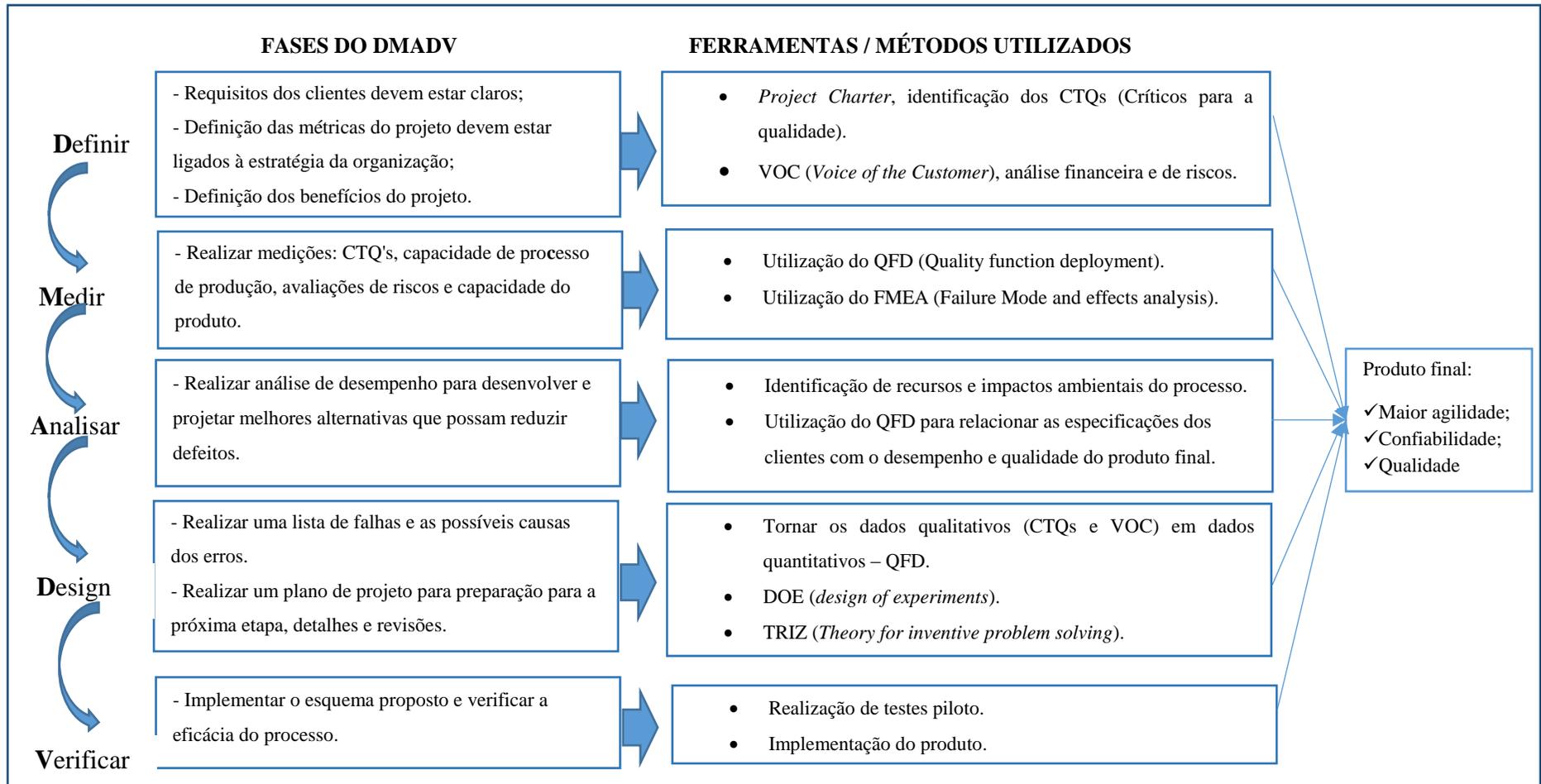
Verificar

A última fase do DFSS é de verificação onde há a implementação do produto, são realizados novos testes piloto para a comprovação dos parâmetros e especificações definidas previamente (ERICSSON; LILLIESKÖLD, 2012; JOU et al. 2011; LEE; CHANG, 2010; MANDAHAWI et al., 2010 e WANG et al., 2016).

O *framework* conceitual do método DFSS foi elaborado baseado nessa síntese de ferramentas e métodos apresentados no Quadro 4 dessa dissertação, e apresentado na Figura 11.

Na seção 4.2 é apresentada a análise do *framework* que foi apresentado para a empresa escolhida e descrito na seção 4.1 dessa dissertação.

Figura 11 – Framework conceitual do DFSS



Fonte: Elaborado pela autora com base no conteúdo do capítulo

4.2. Análise do *framework*

Pretende-se nessa seção, apresentar a narrativa transcrita do processo de análise do *framework* conceitual da implementação e aplicação do DFSS no PDP apresentado na indústria escolhida em abril de 2017.

Os funcionários entrevistados avaliaram o *framework* e relatam a utilização ou não das práticas sugeridas pela literatura, bem como se as ferramentas propostas pela literatura são aplicadas e implementadas na organização. Durante essa avaliação do *framework* o método foi apresentado, com a definição de todas as etapas do DMADV e as ferramentas que são aplicadas em cada fase do método. O Quadro 7 apresenta as observações realizadas pelos funcionários da empresa em relação à fase definir do DMADV.

Quadro 7: Observações realizadas da fase DEFINIR

Concepção do produto

“A empresa utiliza especificamente a ferramenta *Innovation Charter*, que inicia em Marketing com a ideia do produto e sua viabilização preliminar. Posteriormente a equipe de projeto realiza a análise de viabilidade técnica e econômica do produto a ser lançado. Os funcionários relatam que ainda há pouca maturidade na etapa de concepção do produto, de captura dos requisitos dos clientes, no desenvolvimento do conceito do produto”.

“A empresa realiza uma pesquisa de mercado, mas essa pesquisa não fica clara para os engenheiros de projeto, como por exemplo, quais estudos são realizados nessa fase, qual a parcela da população participa dessa pesquisa, se há representatividade suficiente para sustentar um produto novo no mercado frente a concorrência”.

Métricas do projeto

“As métricas do projeto, bem como seus benefícios são definidos no *Project Charter* e estão ligadas à estratégia da organização”.

Definição dos CTQs

“Os entrevistados declaram que quando há a ideia do lançamento de um novo produto a empresa, através do departamento de Marketing realiza pesquisas de consumidor e de mercado. Nessa fase são identificados os CTQs (críticos para a qualidade) do produto”.

Fonte: Elaborado pela autora

A organização separa a etapa de desenvolvimento do produto, de uma ideia. Primeiramente a empresa entende os requisitos dos clientes, identifica os CTQs e então determina as especificações do produto. O Quadro 8 apresenta as observações da fase medir do DMADV feitas pela empresa, fase onde os requisitos dos clientes devem ser transformados em parâmetros de produto.

Quadro 8: Observações realizadas da fase MEDIR

Transformação dos requisitos

“A empresa utiliza a ferramenta *Acceptance quality limit (AQL)* para entender os requisitos do cliente, identificar os CTQs e transformá-los em especificações ou atributos de produto. Os funcionários relatam que não utilizam a ferramenta QFD por entenderem que além dessa ferramenta ser complexa e extensa, o método AQL já os atende nessa fase”.

Análise de riscos

“A empresa utiliza a ferramenta FMEA para avaliação de riscos de todos os novos produtos, e também fazem análise da capacidade do processo e produto, cultura que já está implementada desde 2010 com a implementação do Lean Seis Sigma na organização”.

Fonte: Elaborado pela autora

Para a avaliação de capacidade do processo e do produto, foi relatado o uso do CEP (controle estatístico do processo) como ferramenta de medição. O Quadro 9 apresenta as observações da fase analisar do DMADV feitas pela empresa.

Quadro 9: Observações realizadas da fase ANALISAR

Análise de desempenho

“Na fase de análise de desempenho para a redução de defeitos, a empresa utiliza o FAT (*factory acceptance testing*), especialistas da organização identificam se o que foi solicitado pela empresa está realmente sendo feito pelo fornecedor. Verificam também se a falha identificada no FMEA está sendo testado no novo equipamento”.

Impactos ambientais

“A avaliação dos impactos ambientais é realizada pela empresa, mas ainda em fase embrionária, como verificação de aumento de consumo de energia, de água, aumento de geração de efluentes durante o desenvolvimento de um novo produto”.

Fonte: Elaborado pela autora

Na fase analisar, os entrevistados destacaram que são realizados diversos testes no fornecedor para garantir que as especificações do produto sejam atendidas, havendo assim uma redução de possíveis defeitos. Nessa etapa a empresa entende que é necessária a análise do desempenho do produto para a redução de defeitos ao longo do processo.

Houve um relato de que a organização realiza uma avaliação para que todos os impactos ambientais sejam mitigados, ou compensados, não utilizando uma ferramenta específica para essa análise. Os funcionários relatam que esse processo, ainda é muito discutido internamente, pois há gastos para a elaboração do projeto e também para a mitigação dos impactos ambientais. A empresa ainda não se sente madura nas questões de compensações dos impactos ambientais.

O Quadro 10 apresenta as observações da fase desenhar do DMADV feitas pela empresa, etapa onde é necessário realizar uma lista de falhas e possíveis causas dos erros para a preparação para a próxima fase.

Quadro 10: Observações realizadas da fase DESENHAR

Verificação de falhas do processo

“Realizam testes industriais para verificação de diversos atributos, especificações, avaliando os CTQs escolhidos para o produto e com ferramentas estatísticas de controle de processo, medem a capacidade do produto e do processo. Entendem se o equipamento é capaz de atender os pré-requisitos estabelecidos para o produto com a performance, custos e a qualidade esperada”.

Capabilidade do processo

“Se há um parâmetro do produto que é quantificado, como por exemplo peso, altura, espessura do produto como um CTQ, a empresa realiza a análise de capacidade do processo, ou por amostragem ou por análises contínuas, como o CEP (controle estatístico do processo) nas linhas de produção e verifica se o processo então é capaz em atender os requisitos estabelecidos”.

Fonte: Elaborado pela autora

Houve o relato de que a empresa realiza testes industriais para verificar se o processo atenderá as especificações do produto, mas sem utilizar as ferramentas DOE e TRIZ especificamente. O DOE foi utilizado no início da implementação em projetos LSS, mas

atualmente a empresa não utiliza mais a ferramenta por não achar necessário. E não há conhecimento técnico para a aplicação da ferramenta TRIZ na organização.

Os entrevistados relatam que o DFSS é utilizado para desenvolvimento de novos produtos e processos / projetos, com aplicação de algumas ferramentas do método para mitigação de possíveis falhas que possam impactar nas fases de projetos e processos e que possam ser crônicas para a organização.

O Quadro 11 apresenta as observações da fase verificar do DMADV feitas pela empresa, etapa onde o esquema proposto é implementado e verificado a eficácia do processo.

Quadro 11: Observações realizadas da fase VERIFICAR

<p>Testes piloto</p> <p>“A empresa realiza testes na escala industrial. Nessa fase todos os parâmetros de produto, de processo, atributos, especificações definidas na etapa inicial, precisam ser sustentados por 60 turnos para a validação do produto final”.</p> <p>Implementação do produto</p> <p>“Após os testes industriais há então a fase de implementação de produto, que a empresa relata ter falhas nessa etapa, não estar ainda madura na fase de acompanhamento do produto no mercado”.</p>
--

Fonte: Elaborado pela autora

Houve o destaque que para iniciar o processo de verificação demora-se um tempo longo. Isso ficou evidente no relato do gerente de desenvolvimento de novos produtos: “a empresa realiza testes industriais, esses testes são realizados por um período de 60 turnos, ou 12 semanas e foram definidos internamente, baseados em históricos de acompanhamento de processos desde a implementação do Lean Seis Sigma em 2010, com análises estatísticas, e representando diversos fatores como sazonalidade e diferenças entre turnos. O produto não deverá ter alterações de especificações durante essas 12 semanas, e os parâmetros de processos devem ser assegurados”.

Ressaltou-se ainda que a empresa faz em pequena escala o teste piloto de alguns produtos em relação ao mercado, analisando o consumo do produto em regiões específicas por algum tempo, de forma promocional, verificando então a viabilidade do produto no mercado.

Os entrevistados relatam ainda que há uma entrega do produto que foi solicitado por Marketing no início do projeto e que essa é a meta da equipe de projetos, responsáveis pelo PDP da organização.

Durante o processo de análise do *framework* foi questionado aos entrevistados quais as práticas adotadas durante a aplicação do DFSS no PDP, e também quais são as principais barreiras encontradas. No Quadro 12 encontram-se as observações colocadas pelos entrevistados.

Quadro 12: Observações das principais barreiras e das práticas adotadas na aplicação do DFSS no PDP.

Principais barreiras	Melhores práticas
<ul style="list-style-type: none"> - Justificar para os diretores que o tempo investido na utilização do método, terá um retorno financeiro quando o produto for lançado no mercado; - Falta capacitação técnica na equipe do projeto para aplicação das ferramentas; - Falta disciplina do time para aplicação correta das ferramentas; - A utilização das ferramentas do método DFSS são impostas para o time e isso traz dificuldades para sua correta aplicação; - Falta tempo disponível para o time multidisciplinar trabalhar corretamente com as ferramentas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aproximação de pessoas e áreas da organização com os mesmos propósitos, aumentando a comunicação entre os membros da equipe; - A identificação dos CTQs do produto facilita o desenvolvimento do produto conforme os requisitos dos clientes; - A utilização de algumas ferramentas do DFSS auxiliam na redução de defeitos ao longo das etapas do PDP.

Fonte: Elaborado pela autora

Os funcionários relatam que há muita dificuldade para mensurar os ganhos que a organização terá utilizando um método para desenvolvimento de novos produtos, ou se a empresa não utilizasse o método qual seria o investimento e o retorno.

4.3. Análise dos resultados

Conforme Watson e Deyong (2010), na fase definir são identificados os requisitos, desejos e necessidades dos clientes, então baseados nessas necessidades, determina-se os

parâmetros e especificações do produto e processo. Mas para a empresa, há um período de amadurecimento da ideia do produto, entre a concepção do produto e o desenvolvimento do projeto. Nesse período são realizadas as viabilidades técnicas de processos e econômicas com o mercado.

Para Lee e Chang (2010), na fase medir do DMADV devem ser realizadas medições dos processos existentes para verificar a capacidade do processo, ou seja, se o processo consegue atender os requisitos desejados. A empresa realiza análises de capacidade através do CEP por já utilizarem essa ferramenta há mais de 7 anos, não utilizam o QFD por acharem que é uma ferramenta de alta complexidade, que demanda tempo para sua aplicação podendo, portanto, atrasar o tempo de lançamento do produto.

Para Jou et.al., (2011) e Wang et al., (2016), após a fase de medição, deverá haver uma criteriosa análise do processo, para a minimização dos defeitos no produto e ao longo do processo. Nessa etapa deverá haver também, a avaliação de impactos ambientais, o que para a empresa ainda é um processo a ser trabalhado internamente. Há dificuldades de identificação dos processos compensatórios dos impactos ambientais e como isso pode ser demonstrado para os *stakeholders*.

Para Jou et al., (2011), Lee e Chang (2010) e Wang et al. (2016) na fase desenhar os dados qualitativos devem ser transformados em dados quantitativos.

Ericsson e Lilliesköld (2012), Jou et al., (2011) e Wang et al., (2016) relatam que a última fase do DFSS é de verificação, comprovação dos parâmetros e especificações através de testes piloto. Os relatos dos entrevistados demonstram que essa é uma fase que demanda tempo, pois a organização definiu que os testes industriais, antes do produto ser lançado no mercado devem ser realizados em 12 semanas sem alterações das especificações do produto e sem impactos no processo.

Baril et al. (2011), Narayanan e Khoh (2010), Ericsson et al. (2011), Ericsson e Lilliesköld (2012), Lee e Chang (2010), Koziolk e Derlukiewicz (2012), e Shahin (2008), apresentam em seus estudos que a falta de capacitação do time multifuncional em ferramentas estatísticas é uma das principais barreiras durante a aplicação do DFSS. A empresa durante a análise do *framework*, declara que a equipe de PDP é multidisciplinar, não há por exemplo, especialistas nas ferramentas estatísticas para a aplicação correta do método. Os entrevistados

declaram que a utilização das ferramentas específicas do método DFSS é uma das mais impactantes barreiras para aplicação do método na organização.

Como apresentado por Watson e DeYong (2010), Lee e Chang (2010) e Narayanan e Khoh (2010), a falta de amadurecimento do método, bem como o tempo que a equipe despende para sua aplicação não são suficientes para a implementação adequada do método. Os funcionários relatam que a empresa ainda é imatura em relação ao método e que nem todos os membros da equipe de projeto tem tempo disponível para a aplicação das ferramentas.

Há o relato também da não utilização de algumas ferramentas por serem muito complexas, o que confirma em seus trabalhos Ericsson (2013), Gremyr e Fouquet (2012), Koziolk e Derlukiewicz (2012) e Watson e DeYong (2010), impedindo assim a correta aplicação do método, até mesmo inviabilizando sua implementação.

Os entrevistados observam que como qualquer método de melhoria contínua há uma exigência de disciplina, porque para o método funcionar corretamente, deverá haver disciplina na empresa, e para isso deverá haver um time expert nas ferramentas, que entendam e acreditem nos benefícios proporcionados pelo método. Os trabalhos de Watson e DeYong (2010), Narayanan e Khoh (2010), Lee e Chang (2010) confirmam que o tempo disponível para a equipe utilizar as ferramentas do método é importante para a sua aplicação e funcionalidade, exigindo assim disciplina.

A empresa observa que a forma como a ferramenta, é aplicada, às vezes por imposição, é confundida como não flexível. Os experts que desdobram as ferramentas de uma maneira “cega” perdem a razão. Alguns, portanto, acabam menosprezando os benefícios que o método traz, tornando assim um método não muito eficaz para a organização e gerando resistência na sua aplicação. Isso se confirma nos trabalhos de Shahin A. (2008), Koziolk e Derlukiewicz (2012), onde demonstram em seus estudos que há resistência na introdução de um método novo na organização, trazendo a incredibilidade do mesmo.

Baril et al. (2011); Gremyr e Fouquet (2012); Narayanan e Khoh (2010); Ericsson e Lilliesköld (2012) apontam que há muita dificuldade na tomada de decisões de gestores, não há o envolvimento da liderança na aplicação do método. Isso realmente foi observado na empresa, os entrevistados declaram que a forma como utilizam o método não é ainda a ideal, na visão dos coordenadores de projetos, pois para os stakeholders os benefícios do mesmo precisam estar claros e a forma como a equipe atingiu os objetivos também.

Shahin A. (2008), Baril et al. (2011), Narayanan e Khoh (2010), Ericsson e Lilliesköld (2012), Lee e Chang (2010), Ericsson et al. (2011) apresentam em seus estudos que a falta de capacitação do time multifuncional nas ferramentas estatísticas avançadas é uma das principais barreiras para aplicação do método. Esse resultado é alinhado com o que se observou na empresa. Os funcionários declaram que há a necessidade de capacitação de pessoas, treinamentos intensos para toda a organização, e tempo disponibilizado pelo time para aplicação correta das ferramentas.

Os entrevistados relatam que há uma parte do time envolvido com 90% do seu tempo dedicado para o PDP, e quando chega na fase de implementação do produto com por exemplo testes industriais para verificação dos requisitos e especificações, há outra parte do time, como por exemplo os operadores de linha ou a equipe de manutenção, que tem apenas 5% do seu tempo de trabalho dedicado para o PDP. A estrutura é não matricial e as prioridades são diferentes para o time. Por exemplo, há pouco tempo atrás parte desse time não era nem cobrado por resultados de um lançamento de produto.

Um dos pontos apontados pelos funcionários como importante no PDP e aplicação das ferramentas do método é a aproximação das pessoas e de diversas áreas durante o processo. Isso é observado nos trabalhos de Ericsson e Lilliesköld (2012), Koziolk e Derlukiewicz (2012) e Azis e Osada (2013), no qual apresentam que o processo de implementação e aplicação do método aumenta a comunicação entre os membros da equipe.

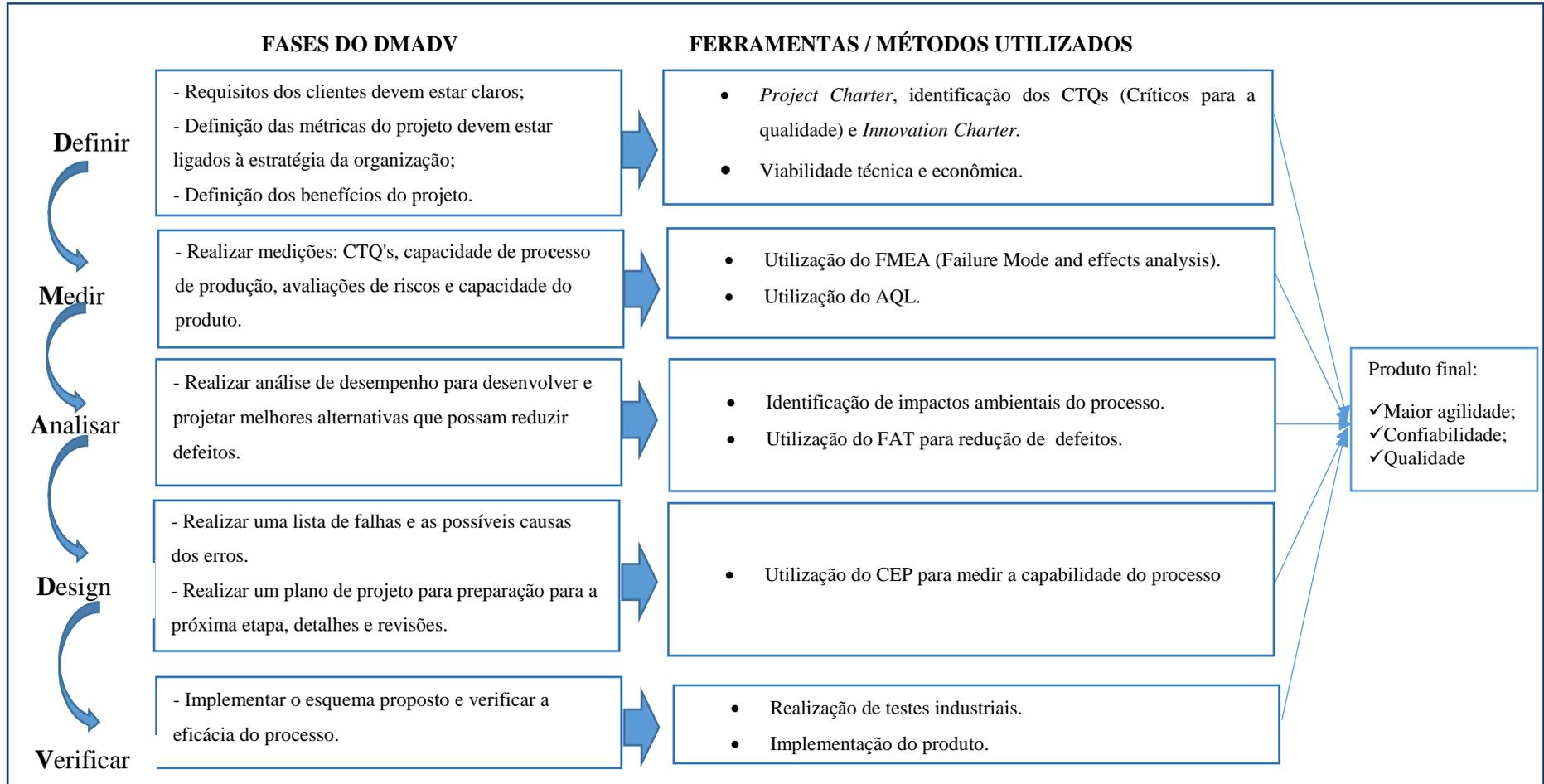
Para os entrevistados, trazer as pessoas e áreas menos envolvidas no projeto para o processo inteiro de desenvolvimento do produto, como a área de manutenção, operação e segurança, traz uma relação de cumplicidade no projeto, maior engajamento do time, melhores resultados e redução de defeitos ao longo do processo.

Na próxima seção é apresentado o *framework* do DFSS no PDP analisado pelos funcionários da empresa.

4.4. *Framework* do DFSS no PDP após análise realizada pela organização

A Figura 12 apresenta o *framework* com as avaliações realizadas pela empresa e inseridas pela pesquisadora após o processo de avaliação do método.

Figura 12 – Framework do DFSS utilizado pela empresa após processo de análise



Fonte: Elaborado pela autora

A Figura 12 mostra que a organização utiliza ferramentas diferentes das encontradas na revisão de literatura dessa dissertação, os funcionários observam que as ferramentas utilizadas atualmente são mais simples para aplicação do método DFSS no PDP do que as apresentadas no *framework* durante o processo de avaliação do método.

O quadro 13 apresenta as principais mudanças do *framework* do DFSS no PDP apresentado para avaliação, observa-se as principais ferramentas do *framework* conceitual e as principais ferramentas utilizadas pela empresa relatadas para a pesquisadora após o processo de avaliação do *framework*.

Quadro 13: Diferenças entre o framework conceitual e métodos e ferramentas utilizadas na empresa

<i>Framework</i> conceitual (Figura 11)	<i>Framework</i> após avaliação (Figura 12)
<ul style="list-style-type: none"> - Project Charter, VOC, identificação de CTQs; - QFD e FMEA; - Impactos Ambientais e QFD; - DOE, TRIZ e QFD; - Teste piloto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Innovation Charter, viabilidade técnica e econômica; -FMEA e AQL; - Impactos ambientais e FAT; - CEP; - Testes industriais de 12 semanas.

Fonte: Elaborado pela autora

A empresa na fase definir, utiliza o *Project Charter* para a definição das métricas do projeto bem como para a identificação dos benefícios do projeto. Para a identificação dos CTQs a organização utiliza a ferramenta AQL e não o VOC, por já terem conhecimento técnico da ferramenta AQL. Os entrevistados relatam que utilizam também o *Innovation Charter* para a identificação dos CTQs do produto.

Tanto na fase do medir como na analisar, a empresa relata que não utiliza o QFD por entender que a ferramenta é muito complexa. Os entrevistados relatam que não entendem os reais benefícios da utilização do QFD, pois acham a ferramenta muito complexa para aplicação. Nas fases de medir e analisar a empresa utiliza o FMEA para a identificação das possíveis falhas do processo e do produto. Os entrevistados também declaram que a ferramenta FMEA é aplicada para todos os lançamentos de novos produtos.

Houve o relato de que a empresa não utiliza nenhuma ferramenta específica para a avaliação dos impactos ambientais, nem mesmo para a identificação de falhas no processo. Os entrevistados ressaltam que na fase de avaliação de desempenho, verificação de parâmetros de processo e produto, eles aplicam o FAT, que já é utilizado na empresa há alguns anos. Declaram ser um método bem robusto e que têm reduzido os defeitos nos processos subsequentes, gerando assim um produto mais confiável e com qualidade.

Na fase do design a empresa declara que utiliza o CEP para medir a capacidade dos processos e verificar se o processo atende ou não aos requisitos pré-estabelecidos. O CEP é uma ferramenta que os funcionários relatam utilizar desde 2010 com a implementação do LSS na organização, e por isso há a facilidade de sua aplicação nos processos existentes. Ainda há o relato que a empresa realiza testes industriais para a implementação do produto com a máxima qualidade e segurança possível. Os testes industriais são acompanhados pela equipe multidisciplinar do projeto durante 12 semanas, tanto o produto quanto o processo devem atender os requisitos pré-estabelecidos.

Na seção 5 serão apresentadas as considerações finais dessa dissertação, bem como as limitações de pesquisa e sugestões para pesquisas futuras.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa pesquisa foi desenvolvida a partir das seguintes questões de pesquisa: “Como agrupar as melhores práticas de DFSS em um *framework*?” e “Como aplicar o método DFSS durante o PDP em uma organização?”. Essas questões auxiliaram na definição do objetivo geral e dos objetivos específicos dessa pesquisa, assim como o método que seria adotado, permitindo então definir os resultados esperados. O método de pesquisa foi aplicado e os resultados esperados foram alcançados, apresentados e discutidos no capítulo 4 dessa dissertação.

Todos os objetivos específicos estabelecidos nesse trabalho foram atingidos, assim como pode ser visualizado no Quadro 6, que apresenta as principais práticas adotadas na implementação e aplicação do DFSS. Na Figura 11 desse trabalho é apresentado o *framework* conceitual do DFSS no PDP elaborado através da revisão bibliográfica sistemática dessa pesquisa respondendo um dos objetivos específicos. Na Figura 12 é apresentado o *framework* do método DFSS realizado após a análise feita por uma empresa de grande porte, que também responde ao objetivo específico dessa pesquisa. O Quadro 13 da seção 4.3 dessa pesquisa aponta uma síntese das principais diferenças entre o *framework* conceitual e o *framework* após análise da empresa, com isso a questão de pesquisa pôde ser respondida.

Ao propor e avaliar um *framework* para aplicação do DFSS esta pesquisa contribui com a literatura de áreas da Engenharia de Produção, como desenvolvimento de novos produtos, gestão de projetos e gestão da qualidade. Afinal trata-se de um *framework* original e aborda tema recente em uma área que as empresas ainda apresentam dificuldades de aplicação e implementação. Além disso, a proposição deste *framework* pode servir de inspiração para que futuras pesquisas tentem aprimorá-lo sobre o ponto de vista teórico, como por exemplo, com propostas de ferramentas inovadoras, e prático abordando métodos aplicáveis em diferentes setores industriais. Como contribuição o trabalho também utiliza

Dentre as implicações gerenciais, o *framework* proposto pode auxiliar praticantes envolvidos com o PDP e com o DFSS, pois apresenta uma série de práticas, métodos e ferramentas que focam nessas áreas. Assim os resultados desta pesquisa podem servir de orientação para as empresas e praticantes que aplicam o método DFSS em seus processos de desenvolvimento de novos produtos.

Nesse escopo, a pesquisa também contribui para o entendimento da importância do trabalho de um time multidisciplinar na aplicação do método no PDP e com a devida capacitação profissional para a aplicação de ferramentas específicas, tais como a utilização do VOC para a identificação dos requisitos dos clientes, a aplicação do QFD para identificação

dos CTQs, aplicação do FMEA como uma importante ferramenta de identificação de possíveis falhas durante o desenvolvimento de novos produtos e também a utilização de ferramentas como o CEP para verificação da capacidade dos processos e produtos.

Outra contribuição, é que foi identificada na pesquisa a importância da avaliação de impactos ambientais no processo de desenvolvimento de novos produtos que podem influenciar inclusive, na tomada de decisões estratégicas para o lançamento de novos produtos, pois, por exemplo, se os gastos energéticos ou com consumo de água para a fabricação de um novo produto for muito impactante em termos de custos, o processo torna-se inviável, portanto uma avaliação de impactos ambientais torna-se fundamental para a tomada de decisões.

No entanto, apesar dos resultados e contribuições obtidas, assim como todos os trabalhos de pesquisa, esta também apresenta limitações. Por exemplo, o *framework* foi desenvolvido utilizando apenas informações de artigos publicados em periódicos, e não foram consultadas bibliografias de livros, capítulos de livros e trabalhos de congressos. Mesmo considerando que os artigos em periódicos são os documentos que passam por crivos mais rigorosos de avaliação, pode-se entender este aspecto como uma limitação. Além disso, o *framework* teórico desenvolvido foi avaliado apenas em uma única empresa. Mesmo sendo essa empresa como uma usuária do DFSS, os resultados obtidos nesta avaliação não podem ser generalizados.

Por fim, com base nos resultados e nas limitações desta pesquisa, emergem algumas propostas de pesquisas futuras. Por exemplo, sugere-se como trabalho futuro a realização de uma pesquisa-ção que implemente o *framework* aqui proposto em uma ou várias empresas que atuem em diferentes setores industriais e que desenvolvem novos produtos. Também seriam bem-vindos trabalhos que aprimorassem esse *framework* por meio de contínua revisão teórica e estudo de casos. Por fim, entende-se que trabalhos quantitativos poderiam verificar relações de influência entre as principais variáveis do DFSS com medidas de desempenho, tais como inovador, operacional e de desenvolvimento de produtos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIA. Associação Brasileira das Indústrias de Alimentos. Faturamento 2015. Disponível em: <<http://www.abia.org.br/vsn/anexos/faturamento2015.pdf>>. Acesso em: 10 nov 2016.
- Ahari, H., Smith, M., Zammit, M., Walker, B. (2016). Adapting Design for Six Sigma (DFSS) Methodology for Diesel Lean NOx Trap (LNT) Catalyst Screening. **SAE Technical Papers**, v. 01-0953.
- Al-Agha, O.; Alzubaidi, A.J.; Al-Agha, M.I. (2015). Implementing Six Sigma Methodology in Industrial Control Systems. International. **Journal Computer Technology & Applications**, v. 6 (5), 642-648.
- Ali, A.J.; Islam, M.A.; Howe, L.P. (2013). A study of sustainability of continuous improvement in the manufacturing industries in Malaysia: Organizational self-assessment as a mediator. **Management of Environmental Quality: An International Journal**, v. 24 (3), 408-426.
- Amer, Y., Ashraf, M.A., Luong, L., Lee, S.H., Wang, W.Y.C. (2007). A systems approach to order fulfilment using design for six sigma methodology. **International Journal of Business and Systems Research**, v. 01 (3), 302-310.
- Antony, J. (2002). Design for six sigma: A breakthrough business improvement strategy for achieving competitive advantage. **Work Study**, v. 51(1), 6–8.
- Antony, J. (2008). Reflective practice: can Six Sigma be effectively implemented in SMEs? **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 57(5), 420-423.
- Antony, J. e Coronado, R.B. (2002). Design for six sigma. **Manufacturing Engineer**, v. 81, 24-26.
- AGÊNCIA BRASILEIRA DE PROMOÇÃO DE EXPORTAÇÕES E INVESTIMENTOS – APEX – BRASIL, 2016. Disponível em: <<http://www.apexbrasil.com.br/alimentos-bebidas-e-agronegocio>>. Acesso em: Novembro de 2016.
- Azis, Y., Osada, H. (2011). An empirical study of new value creation in financial service companies using design for Six Sigma approach. **International Journal of Productivity and Quality Management**, v. 07(1), 104-124.
- Azis, Y.; Osada, H. (2013). Managing innovation using design for six sigma (DFSS) approach in healthcare service organizations. **International Journal of Innovation and Technology Management**, v.10 (3).
- Bañuelas, R.; Antony, F. (2003). Going from Six Sigma to design for Six Sigma: an exploratory study using analytic hierarchy process. **The TQM Magazine**, v. 15 (5), 334–344.
- Bañuelas, R., Antony, J. (2004). Six sigma or design for six sigma? **The TQM Magazine**, v. 16 (4), 250-263.
- Baril, C.; Yacout, S e Clement, B. (2011). Design for Six Sigma through collaborative multiobjective optimization. **Computers & Industrial Engineering**, v. 60, 43-55.
- Bhuiyan, N., Baghel, A. e Wilson, J. (2006). A sustainable continuous improvement methodology at an aerospace company. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 55 (8), 671-687.
- Buss, P. e Ivey, N. (2001). Dow chemical design for Six Sigma rail delivery project. **Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference**, 1248–1251.
- Chakravorty, S.S. and Shah, A.D. (2012). Lean Six Sigma (LSS): an implementation experience. **European Journal of Industrial Engineering**, v. 6 (1), 118-137.

- CNI – Nacional Confederation of Industry Brazil. Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/cni/iniciativas/programas/brazil-4-business/2014/09/1,60192/alimentos-e-bebidas.html>> Acesso em: Novembro de 2016.
- Cooper, R. G. (1993). *Winning at new products: accelerating the process from idea to launch*. Reading, MA, Perseus Books.
- Corbett, L.M. (2011). Lean Six Sigma: the contribution to business excellence. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 2 (2), 118-131.
- Chung, Y.C., Hsu, Y.W., Tsai, C.H. (2008). An empirical study on the correlation between Critical DFSS success factors, DFSS implementation activity levels and business competitive advantages in Taiwan's high-tech manufacturers. **Total Quality Management and Business Excellence**, v. 19 (6), 595-607.
- Chung, Y. C. e Hsu, Y. W. (2010). Research on the correlation between design for Six Sigma implementation activity levels, new product development strategies and new product development performance in Taiwan's high-tech manufacturers. **Total Quality Management & Business Excellence**, v. 21 (6), 603-616.
- De Feo, J. e Bar-El, Z. (2002). Creating strategic change more efficiently with a new design for Six Sigma process. **Journal of Change Management**, v. 3 (1), 60–80.
- Drohomeretski, E., Gouvea da Costa, S., Pinheiro de Lima, E. e Andrea da Rosa, P. (2013). Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: an analysis based on operations strategy. **International Journal of Production Research**, v. 52 (3), 804-824.
- El-Sharkawy, A.; Salahuddin, A.; Komarisky, B. (2014). Design for Six Sigma (DFSS) for optimization of automotive heat exchanger and underhood air temperature. **SAE International Journal of Materials and Manufacturing**, v. 7(2), 256-261.
- Ericsson, E.; Von Würtemberg, L.M.; Lilliesköld, J. (2011). Who is the DFSS Black Belt?: An Investigation of the Competence Profile of the Role in Theory and Practice. **Proceedings of PICMET '11: Technology Management in the Energy Smart World (PICMET)**.
- Ericsson, E.; Lilliesköld, J. (2012). Identifying weaknesses in the design for six sigma concept through a pedagogical structure. **Proceedings of Portland International Center for Management of Engineering and Technology: Technology Management for Emerging Technologies (PICMET'12)**.
- Ericsson, E. (2013). Is there a need for a new process model in product development when implementing DFSS? **Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET)**.
- Frank, A. G.; Pedrini, D. C.; Echeveste, M. E.; Ribeiro, J. L. D. Integração do QFD e da FMEA por meio de uma sistemática para tomada de decisões no processo de desenvolvimento de produtos. *Produção*, 24 mar. 2013. Disponível em: <<http://www.prod.org.br/doi/10.1590/S0103-65132013005000036>>. Acesso em: 10 jul. 2016.
- Gil, A. C. (2008). *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas.
- Gremyr, I. (2005). Exploring Design for Six Sigma from the viewpoint of Robust Design Methodology. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 01(3).
- Gremyr, I., Fouquet, J.B., (2012). Design for Six Sigma and lean product development. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 3 (1), 45–58.
- Hasenkamp, T. & Olme, A. (2008). Introducing design for six sigma at SKF. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 04 (2), 172-189.

- Hasenkamp, T. (2010). Engineering design for Six sigma - A systematic approach. **Quality and Reliability Engineering International**, v. 26, 317-324.
- Johnson, J.A., Gitlow, H., Widener, S., Popovich, E. (2006). Designing new housing at the University of Miami: A "Six Sigma"© DMADV/DFSS case study. **Quality Engineering**, v. 18 (3), 299-323.
- Jou, Y.T., Chen, C.H., Hwang, C.H., Lin, W.T., Huang, S.J. (2011). A study on the improvements of new product development procedure performance-an application of design for Six Sigma in a semi-conductor equipment manufacturer. **International Journal of Production Research**, v. 48, 5573-5591.
- Jugend, Daniel; Silva, Sérgio Luis Da. **Inovação e Desenvolvimento de Produtos: Práticas de gestão e casos brasileiros**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
- Kim, J., Kim, I., Lee, H. e Park, B. (2012). A Study on the Role of TRIZ in DFSS, **SAE Int. J. Passeng**, v. 5(1), 01-068.
- Koch, P.N.; Yang, R.-J. & Gu, L. (2004). Design for six sigma through robust optimization. **Journal of Structural and Multidisciplinary Optimization**, v. 26, 235-248.
- Kovach, J. , Cho, B.R. (2006). A D-optimal design approach to robust design under constraints: A new Design for Six Sigma tool. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 02, 389-403.
- Kovach, J., Stringfellow, P., Turner, J., Cho, B.R. (2005). The house of competitiveness: The marriage of agile manufacturing, design for six sigma, and lean manufacturing with quality considerations. **Journal of Industrial Technology**, v. 21 (3).
- Koziolek S. e Derlukiewicz D. (2012). Method of assessing the quality of the design processo of construction equipment with the use of DFSS (design for Six Sigma). **Automation in Construction**, v.22, 223-232.
- Kumar, M., Antony, J., Singh, R.K., Tiwari, M.K. and Perry, D. (2006). Implementing the Lean Six Sigma framework in an Indian SME: a case study. **Production Planning &Control**, v. 17 (4), 407-423.
- Laureani, A. e Antony, J. (2012). Standards for Lean Six Sigma certification. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 61 (1), 110-120.
- Lee, L.; Wei, C. (2009). Reducing mold changing time by implementing Lean Six Sigma. **Quality and Reliability Engineering International**, v. 26 (4), 387-395.
- Lee, M.C., Chang T., (2010). Developing a lean design for Six Sigma through supply chain methodology. **International Journal of Productivity and Quality Management**, v. 6, 407-434.
- Liu, X., Wang, S., Qiu, J., Guo, Y., Lin, Z.W. (2008). Robust optimization in HTS cable based on design for six sigma. **IEEE Transactions on Magnetics**, v.44, 978-981.
- Mader, D.M. (2002). Design for Six Sigma. **Quality Progress**, v. 35, 82–86.
- Mader, D.P. (2003). DFSS and your current design process. **Quality Progress**, v. 36 (7), 88-89.
- Maleszka, A. Linke, M. (2016). Improvement of management process by using lean six sigma tools in some big organization of food industry. **Polish Journal of Natural Sciences**. v. 31 (1), 101-112.

- Mandahawi, N., Al-Shihabi, S., Abdallah, A.A., Alfarah, Y.M. (2010). Reducing waiting time at an emergency department using design for Six Sigma and discrete event simulation. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 06, 91-104.
- Mishra P.; Sharma R. K. (2014). A hybrid framework based on SIPOC and Six Sigma DMAIC for improving process dimensions in supply chain network. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v.31 (5), 522-546.
- Narayanan H., Khoh S.B. (2010). Managing Change Towards Design for six sigma. **IEEE, Management of Innovation and Technology (ICMIT)**.
- Näslund, D. (2008). Lean six sigma and lean sigma: fad or real process improvement methods? **Business Process Management Journal**, v. 14 (3), 269-287.
- Nicolaescu, S., Kifor, C.V., Lobonț, L. (2015). Design for six sigma applied on software development projects from automotive industry. **Academic Journal of Manufacturing Engineering**, v. 12 (4), 76-83.
- Pepper, M.P.J. e Spedding, T.A. (2010). The evolution of Lean Six Sigma. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 27 (2), 138-155.
- Rivera, E.A., Mastro, N., Zizelman, J., Kirwan, J., Ooyama, R. (2010). Development of injector for the direct injection homogeneous market using design for six sigma. **SAE Technical Papers**, v.01, 0594.
- Rozenfeld, H. et al. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.
- Salah, S., Rahim, A. e Carretero, J. (2010). The integration of Six Sigma and Lean management. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 1 (3), 249-274.
- Shah, R., Chandrasekaran, A. e Linderman, K. (2008). In pursuit of implementation patterns: the context of Lean and Six Sigma. **International Journal of Production Research**, v. 46 (23), 6679-6699.
- Shahin, A. (2008). Design for Six Sigma (DFSS): lessons learned from world-class companies. **Int. J. Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 4 (1), 48-59.
- Shokri, A.; Oglethorpe, D.; Nabhani, F. (2014). Evaluating Six Sigma methodology to improve logistical measures of food distribution SMEs. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 25 (7), 998-1027.
- Snee, R.D. (2010). Lean Six Sigma – getting better all the time. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 1 (1), 9-29.
- Soderborg, N.R. (2004). Design for Six Sigma at Ford. **Six Sigma Forum Magazine**, v. 4 (1), 15-22.
- Thomas, M., Singh, N. (2006). Complexity reduction in product design and development using Design for Six Sigma. **International Journal of Product Development**, v. 3.
- Thomas, A., Barton, R.; Okafor, C. (2009). Applying lean six sigma in a small engineering company – a model for change. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 20 (1), 113-129.
- Timans, W., Antony, J., Ahaus, K. and Solingen, R. (2012), Implementation of Lean Six Sigma in small and medium-sized manufacturing enterprises in the Netherlands. **Journal of Operational Research Society**, v. 63 (3), 339-353.
- Treichler, D., Carmichael, R., Kusmanoff, A., Lewis, J. e Berthiez, G. (2002). Design for Six Sigma: 15 lessons learned. **Quality Progress**, v. 35 (1), 33-42.

- Vinodh, S., Gautham, S.G. e Ramiya, A. (2011). Implementing lean sigma framework in an Indian automotive valves manufacturing organisation: a case study. **Production Planning & Control**, v.22 (7), 708-722.
- Vinodh, S., Kumar, S.V. e Vimal, K.E.K. (2012). Implementing Lean Sigma in an Indian rotary switches manufacturing organization. **Production Planning & Control**, v. 25 (4), 1-15.
- Wang, F.K., Yeh, C.T., Chu, T.P. (2016). Using the design for Six Sigma approach with TRIZ for new product development. **Computers and Industrial Engineering**, v.98, 522-530.
- Watson G.H. e DeYong C.F. (2010). Design for Six Sigma: caveat emptor. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 1 (1), 66– 84.
- Yang, K. e Cai, X. (2009). The integration of DFSS, lean product development and lean knowledge management. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 05 (1), 75-99.
- Yin, R.K.(2005). **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3^a ed. Porto Alegre, Bookman.
- Yun, E.K., Chun, K.M. (2008). Critical to quality in telemedicine service management: Application of DFSS (Design for Six Sigma) and SERVQUAL. **Nursing Economics**, v. 26, 384-388.

APÊNDICE A – TRANSCRIÇÃO DA ANÁLISE DO *FRAMEWORK* CONCEITUAL DO DFSS NO PDP

Durante a análise do *framework* conceitual o método foi apresentado, com a definição de todas as etapas do DMADV e as ferramentas que são aplicadas em casa fase do método. A avaliação do método foi gravada e transcrita conforme segue abaixo.

A pesquisadora apresentou a fase Definir: Na fase definir os requisitos dos clientes devem estar claros; definição das métricas do projeto devem estar ligados à estratégia da organização e definição dos benefícios do projeto. As ferramentas e/ou métodos utilizados são: Project Charter, identificação dos CTQs (críticos para a qualidade); VOC (Voice of the customer); análise financeira e de riscos.

Entrevistados:

“Para a concepção do produto a empresa utiliza especificamente a ferramenta Innovation Charter, que inicia em Marketing com a ideia do produto e sua viabilização preliminar, e posteriormente a equipe de projeto realiza a análise de viabilidade técnica e econômica do produto a ser lançado. Os funcionários relatam que ainda há pouca maturidade na etapa de concepção do produto, de captura dos requisitos dos clientes, há falhas na captura da voz do cliente, no desenvolvimento do conceito do produto”.

“A empresa realiza uma pesquisa de mercado, mas essa pesquisa não fica clara para os engenheiros de projeto, como por exemplo, quais estudos são realizados nessa fase, qual a parcela da população participa dessa pesquisa, se há representatividade suficiente para sustentar um produto novo no mercado frente a concorrência”.

“As métricas do projeto, bem como seus benefícios são definidos no *Project Charter* e estão ligadas à estratégia da organização”.

“Os entrevistados declaram que quando há a ideia do lançamento de um novo produto a empresa, através do departamento de Marketing realiza pesquisas de consumidor e de mercado, e dependendo do tamanho do produto, há requisitos do consumidor em relação às especificações de atributo do produto como cor, forma, aroma, identificando assim os CTQs (críticos para a qualidade)”.

“A organização separa o desenvolvimento do produto, de uma ideia. Entender os requisitos dos clientes e determinar as especificações do produto. O planejamento do projeto realiza a análise

financeira e de risco delimitando o escopo do projeto, e por fim a execução do projeto é realizada com a aplicação das ferramentas e de métodos do DFSS”.

“Há um período de amadurecimento da ideia, entre a concepção do produto e o desenvolvimento, execução do projeto. Nesse período são realizadas as viabilidades técnicas de processos e econômicas com o mercado”.

A pesquisadora apresentou a fase Medir: Na fase medir são realizadas medições dos processos existentes / atuais para identificação dos CTQ's, capacidade de processo de produção, avaliações de riscos e capacidade do produto. As ferramentas e/ou métodos utilizados nessa fase são: utilização do QFD (Quality function deployment) e utilização do FMEA (Failure Mode and effects analysis).

Entrevistados:

“A empresa utiliza o AQL (*acceptance quality limit*) para entender os requisitos do cliente, identificar os CTQs e transformá-los em especificações ou atributos de produto, não utilizam o QFD por entenderem que além dessa ferramenta ser complexa e extensa, o método NQA já os atende”.

“Utilizam o FMEA para avaliação de riscos de todos os novos produtos, e realizam análise constante da capacidade do processo e produto, cultura que já está implementada desde 2010 com o Lean Seis Sigma”.

“A empresa utiliza o CEP (controle estatístico do processo) para analisar a capacidade do processo”.

A pesquisadora apresentou a fase Medir: Na fase medir é realizado a análise de desempenho para desenvolver e projetar melhores alternativas que possa reduzir defeitos ao longo do processo de desenvolvimento de novos produtos. As ferramentas e/ou métodos utilizados nessa fase são: Identificação de recursos e impactos ambientais do processo; utilização do QFD para relacionar as especificações dos clientes com o desempenho e qualidade do produto final.

Entrevistados:

“Na fase de análise de desempenho para a redução de defeitos, a empresa utiliza o FAT (*factory acceptance testing*), especialistas da organização identificam se o que foi solicitado pela

empresa está realmente sendo feito pelo fornecedor, se o que foi identificado no FMEA no início do projeto está sendo executado na compra de um novo equipamento para o desenvolvimento de um produto. São realizados diversos testes no fornecedor para garantir que as especificações do produto sejam atendidas e havendo, portanto, uma redução de defeitos”.

“A avaliação dos impactos ambientais é realizada pela empresa, mas ainda em fase embrionária, como verificação de aumento de consumo de energia, de água, aumento de geração de efluentes. A organização realiza uma avaliação para que todos os impactos ambientais sejam mitigados, ou compensados, não utilizando uma ferramenta específica. Os funcionários relatam que isso ainda é muito discutida internamente, pois há gastos para a elaboração do projeto e também para a mitigação dos impactos ambientais. A empresa ainda não se sente madura nas questões de compensações dos impactos ambientais”.

A pesquisadora apresentou a fase Desenhar: Na fase desenhar é necessário realizar uma lista de falhas e as possíveis causas de erros; realizar um plano de projeto para preparação para a próxima etapa, detalhes e revisões. São utilizadas as seguintes ferramentas e/ou métodos: Tornar os dados qualitativos (CTQ e VOC) em dados quantitativos – QFD; DOE (Design of experiments); TRIZ (Theory for inventive problem solving).

Entrevistados:

“Realizam testes industriais para verificação de diversos atributos, especificações, avaliando os CTQs escolhidos para o produto e com ferramentas estatísticas de controle de processo, medem a capacidade do produto e do processo. Entendem se o equipamento é capaz de atender os pré-requisitos estabelecidos para o produto com a performance, custos e a qualidade esperada.

“Se há um parâmetro do produto que é quantificado, como por exemplo peso, altura, espessura como um CTQ, a empresa realiza a análise de capacidade do processo, ou por amostragem ou por análises contínuas, como o CEP (controle estatístico do processo) nas linhas de produção e verifica se o processo então é capaz em atender os requisitos estabelecidos”.

“A empresa não utiliza nessa fase nenhuma ferramenta específica como DOE e TRIZ”.

A pesquisadora apresentou a fase Verificar: Na fase verificar e empresa implementa o esquema proposto e verifica a eficácia do processo. As ferramentas e/ou métodos utilizados nessa fase são: Realização de teste piloto; implementação do produto.

Entrevistados:

“A empresa realiza testes na escala industrial, nessa fase todos os parâmetros de produto, de processo, atributos, especificações definidas na etapa inicial, precisam ser sustentados por 60 turnos para a validação do produto final. Os 60 turnos, ou 12 semanas foram definidos internamente, baseados em históricos de acompanhamento de processos desde a implementação do Lean Seis Sigma em 2010, com análises estatísticas, e representando diversos fatores como sazonalidade e diferenças entre turnos”.

“Para que o projeto tenha um start-up de sucesso, o produto deverá se manter durante 12 semanas estável, sem alterações de atributos ou especificações, e os parâmetros de processos devem ser assegurados”.

“Após os testes industriais há então a fase de implementação de produto, que a empresa relata ter falhas nessa etapa, não estar ainda madura na fase de acompanhamento do produto no mercado. Os funcionários relatam que há uma entrega do produto que foi solicitado por Marketing no início do projeto”.

“A empresa ressalta que faz em pequena escala o teste piloto de alguns produtos em relação à mercado, analisando o consumo do produto em regiões específicas por algum tempo, de forma promocional, verificando então a viabilidade do produto no mercado”.

“Como principal barreira os funcionários relatam que é difícil justificar para a empresa que o tempo investido no planejamento do produto terá um retorno financeiro quando o produto for lançado no mercado. Há muita dificuldade para mensurar os ganhos que a organização terá utilizando um método para desenvolvimento de novos produtos, ou se a empresa não utilizasse o método qual seria o investimento e o retorno”.

“Outra barreira identificada pelos funcionários é a questão cultural na forma de liderar os projetos de desenvolvimento de novos produtos”.

“A equipe de desenvolvimento de novos produtos é multidisciplinar, não há por exemplo, especialistas nas ferramentas estatísticas para a aplicação correta do método e utilização das ferramentas específicas”.

“As questões de qualidade do produto são mais uma preocupação interna, do que propriamente do consumidor há uma dúvida do que é valor para o cliente?”.

“Como qualquer método de melhoria contínua há uma exigência de disciplina, porque para o método funcionar corretamente, deverá haver disciplina na empresa, e para isso deverá haver um time expert nas ferramentas, e que entendam e acreditem nos benefícios proporcionados pelo método”.

“A forma como a ferramenta, é aplicada, às vezes por imposição, e é confundida como não flexível, e os experts que desdobram as ferramentas de uma maneira “cega” perdem a razão e os outros funcionários acabam menosprezando os benefícios que o método traz”.

“A forma como a empresa utiliza o método não é ainda a ideal na visão dos coordenadores de projetos para que os benefícios sejam alcançados e estejam claro para os stakeholders”.

“Há a necessidade de capacitação de pessoas, treinamentos intensos para toda a organização, e tempo disponibilizado pelo time para aplicação correta das ferramentas”.

“Há uma parte do time envolvido com 90% do seu tempo dedicado para o desenvolvimento de novos produtos, e quando chega na fase de implementação do produto com por exemplo testes industriais para verificação dos requisitos e especificações, há um time que tem apenas 5% do seu tempo de trabalho tendo dedicação para o PDP. Estrutura não matricial e prioridades diferentes para o time, e há um tempo atrás parte desse time não era nem cobrado por resultados de um lançamento de produto.

“Como melhores práticas adotadas os funcionários declaram que é fundamental trazer as pessoas e áreas menos envolvidas no projeto para o processo inteiro de desenvolvimento do produto, pessoas especialistas nos equipamentos para antecipação dos problemas, como a área de manutenção e segurança, e que isso traz uma relação de cumplicidade no projeto”.

“Outra fortaleza do método identificada pelos funcionários é a identificação dos CTQs do produto”.