

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**Uma abordagem para *Design for Six Sigma*  
(DFSS) baseada no modelo de quatro fases do  
Desdobramento da Função Qualidade**

**Gabriela da Fonseca de Amorim**

Itajubá, março de 2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**Gabriela da Fonseca de Amorim**

**Uma abordagem para *Design for Six Sigma*  
(DFSS) baseada no modelo de quatro fases do  
Desdobramento da Função Qualidade**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como parte dos requisitos para obtenção do título de **Doutora em Ciências em Engenharia de Produção** pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

**Área de Concentração:** Modelagem, Otimização e Controle

**Orientador:** Prof. Dr. Pedro Paulo Balestrassi

Itajubá, março de 2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**Gabriela da Fonseca de Amorim**

**Uma abordagem para *Design for Six Sigma*  
(DFSS) baseada no modelo de quatro fases do  
Desdobramento da Função Qualidade**

Trabalho qualificado para tese segundo aprovação por banca examinadora em 1º de dezembro de 2016, como parte dos requisitos para obtenção do título de **Doutora em Ciências em Engenharia de Produção**.

**Banca examinadora:**

Prof. Dr. Pedro Paulo Balestrassi (Orientador)  
Prof. Dr. Ronã Rinston Amaury Mendes (IFSULDEMINAS)  
Prof. Dr. Alexandre Ferreira de Pinho (UNIFEI)  
Prof. Dr. Carlos Henrique Pereira Mello (UNIFEI)  
Prof. Dr. José Henrique de Freitas Gomes (UNIFEI)

Itajubá, março de 2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**Gabriela da Fonseca de Amorim**

**Uma abordagem para *Design for Six Sigma*  
(DFSS) baseada no modelo de quatro fases do  
Desdobramento da Função Qualidade**

Tese aprovada por banca examinadora em 9 de março de 2018,  
conferindo à autora o título de **Doutora em Ciências em  
Engenharia de Produção**.

**Banca examinadora:**

Prof. Dr. Pedro Paulo Balestrassi (Orientador)

Prof. Dr. Rogério Santana Peruchi (UFPB)

Prof. Dr. Ronã Rinston Amaury Mendes (IFSULDEMINAS)

Prof. Dr. Alexandre Ferreira de Pinho (UNIFEI)

Prof. Dr. Carlos Henrique Pereira Mello (UNIFEI)

Prof. Dr. José Henrique de Freitas Gomes (UNIFEI)

Itajubá, março de 2018

---

## DEDICATÓRIA

*Nara, Lair e Bia.*

---

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Lair e Nara, pelo cuidado, incentivo, investimento e apoio incondicional e à minha amiga e irmã, Beatriz, pelo carinho de sempre e pelo bom humor contagiante.

À minha família tão querida que me impulsiona tanto.

Ao Diogo, meu eterno melhor amigo, pela dedicação, pelo apoio e pela paciência principalmente nos momentos de cansaço, dúvida e insegurança.

Aos meus amigos que contribuem todos os dias direta e indiretamente, mesmo sem perceber.

Aos professores que guiaram meu aprendizado até aqui, aos membros da banca avaliadora que aceitaram o convite e dedicaram um tempo para este trabalho e, em especial, ao professor Pedro Paulo Balestrassi pela confiança e, principalmente, pelas ideias mirabolantes.

À CAPES e à UNIFEI pelo apoio financeiro e estrutural à pesquisa brasileira que através do programa “Demanda Social” viabilizaram a realização deste trabalho.

Ao CNPq e à UTK que através do programa “Ciência sem Fronteiras” me permitiram ampliar os horizontes e participar de uma nova realidade da pesquisa acadêmica: a globalização.

*Não é preciso saber tudo,  
mas é fundamental estar cercado por pessoas que sabem.*

Carmen Miranda

---

## RESUMO

No início deste trabalho foi realizada uma detalhada revisão da literatura na qual ficou evidenciado um aspecto frequentemente apontado por praticantes do *Design for Six Sigma* (DFSS): a necessidade de um roteiro padrão mais prático e intuitivo que possa ser usado na condução de diferentes projetos para o desenvolvimento de novos produtos ou serviços no meio industrial. O trabalho visa, portanto, preencher esta lacuna na literatura ao trazer uma abordagem diferenciada para projetos DFSS. Na abordagem proposta, as principais ferramentas necessárias para o desenvolvimento de um projeto DFSS completo são: o desdobramento da função qualidade (do inglês, *Quality Function Deployment* – QFD), cujo modelo das quatro fases foi adaptado às necessidades do trabalho, o Delineamento de Experimentos (do inglês, *Design of Experiments* – DOE) para priorização de fatores e a Simulação de Monte Carlo (SMC neste trabalho) para o estudo dos limites de operação. Cabe ressaltar que a quantidade de ferramentas da qualidade a serem estudadas em um treinamento voltado para projetos DFSS foi reduzida de dezenas a apenas três principais, que podem também ser auxiliadas por outras ferramentas, dependendo das particularidades de cada projeto e caso haja necessidade. Desta forma simplificou-se a implementação do DFSS, dando condições para que o treinamento em DFSS seja mais focado e avançado sem deixar de ser abrangente em termos de área de aplicação. Sendo uma junção do QFD, do DOE e da SMC, a abordagem proposta recebeu o nome de DFSS-QDMC e foi desenvolvida a partir dos roteiros de implementação do DFSS mais citados na revisão da literatura. Neste trabalho de tese, a abordagem DFSS-QDMC é detalhada e sua funcionalidade é ilustrada, descrita matematicamente e comprovada a partir de um teste piloto e de aplicações reais. O teste piloto foi desenvolvido em uma disciplina eletiva oferecida para alunos da graduação na Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) e as aplicações reais foram desenvolvidas ao longo dos últimos anos em parceria com empresas brasileiras de grande porte, durante a condução de treinamentos *Green Belt*. Os métodos de pesquisa usados na condução deste trabalho foram Modelagem e Simulação no desenvolvimento da abordagem proposta e Pesquisa-ação na implementação desta em casos reais.

**Palavras-Chave:** *Design for Six Sigma*, DFSS, desdobramento da função qualidade, QFD, delineamento de experimentos, DOE, simulação de Monte Carlo, DFSS-QDMC.

---

## ABSTRACT

At the beginning of this work, a detailed literature review was carried out and a frequent aspect was observed in practitioners of Design for Six Sigma (DFSS): the need for a more practical and intuitive approach that can be used in different projects for new product or service development in the industrial environment. This work aims to fill this gap in the literature, bringing a differentiated approach to DFSS projects. In this proposed approach, the main tools required to develop a complete DFSS project are: Quality Function Deployment (QFD), whose four-phase model was adapted to the needs of the work, Design of Experiments (DOE) for factor prioritization, and Monte Carlo simulations for setting the operation limits. It should be noted that the number of quality tools to be studied in a training oriented to DFSS projects has been reduced from dozens to only three main ones, which can or cannot be supported by other tools if each project requires it. In this way, the implementation of the DFSS was simplified giving conditions for the training to be more focused and advanced while still being broad in terms of application area. Being a junction of QFD, DOE and SMC, the proposed approach was named DFSS-QDMC and was developed from the most cited DFSS roadmaps found in the literature review. In this thesis, the DFSS-QDMC approach is detailed and its functionality is illustrated, mathematically described and proven by a pilot test and real applications. The pilot test was developed in an elective offered to undergraduate students at Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) and the real cases have been developed over the last years in partnership with Brazilian large companies while conducting Green Belt training. The research methods that guided the conduction of this work were Modeling and Simulation to develop the proposed approach and Action Research to implement it in real cases.

**Keywords:** Design for Six Sigma, DFSS, Quality Function Deployment, QFD, Design of Experiments, DOE, Monte Carlo simulation, DFSS-QDMC.

---

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 2.1 - Visão Geral de um modelo de referência para o PDP .....                                                                                         | 26  |
| Figura 2.2 - Número de artigos publicados em revistas ou congressos em cada ano .....                                                                        | 36  |
| Figura 2.3 - Número de artigos publicados por autor com mais de uma publicação .....                                                                         | 40  |
| Figura 2.4 - Artigos classificados quanto à abordagem da pesquisa.....                                                                                       | 40  |
| Figura 2.5 - Áreas de implementação do DFSS descritas na literatura acessada.....                                                                            | 41  |
| Figura 2.6 - Setor de implementação do DFSS citado nos artigos.....                                                                                          | 41  |
| Figura 2.7 - Classificação do tipo do projeto DFSS: melhoria da qualidade (QuI), economia de custos (CoS), aumento do lucro (ReE) ou não foi citado (n)..... | 42  |
| Figura 2.8 - Roteiros citados ou implementados nos artigos resultantes da busca nas bases de dados .....                                                     | 46  |
| Figura 2.9 - Modelo das quatro fases para o QFD .....                                                                                                        | 60  |
| Figura 2.10 - QFD completo para uma porta de carro .....                                                                                                     | 61  |
| Figura 2.11 - Modelo geral do processo ou sistema a ser analisado .....                                                                                      | 63  |
| Figura 3.1 - Classificação desta pesquisa científica .....                                                                                                   | 67  |
| Figura 3.2 - Estrutura para condução da Modelagem e Simulação.....                                                                                           | 68  |
| Figura 3.3 - Classificação da pesquisa científica quantitativa e consequentes etapas do método modelagem e simulação a serem realizadas.....                 | 69  |
| Figura 3.4 - Planejamento e definição das etapas do método DFSS-QDMC .....                                                                                   | 72  |
| Figura 3.5 - Ilustração das matrizes em cada etapa do modelo genérico para a abordagem....                                                                   | 74  |
| Figura 3.6 - Ilustração dos vetores e matrizes na Casa da Qualidade (primeira etapa).....                                                                    | 76  |
| Figura 3.7 - Ilustração das matrizes no Planejamento dos Componentes (segunda etapa) .....                                                                   | 77  |
| Figura 3.8 - Ilustração das matrizes no Planejamento dos Processos (terceira etapa) .....                                                                    | 78  |
| Figura 3.9 - Ilustração das matrizes no Controle dos Processos (quarta etapa).....                                                                           | 78  |
| Figura 3.10 - DFSS-QDMC, a abordagem proposta para implementar o DFSS .....                                                                                  | 80  |
| Figura 3.11 - Estrutura para condução da Pesquisa-ação .....                                                                                                 | 82  |
| Figura 4.1 - Análise do custo e do desempenho de dois produtos montados pela Empresa 1 em sua forma original ou com um novo tipo de compressor .....         | 95  |
| Figura 4.2 - Gráficos de Pareto para as sete respostas consideradas no DOE .....                                                                             | 99  |
| Figura D.1 - Amostra dos experimentos delineados para definição dos fatores influentes....                                                                   | 254 |

---

## LISTA DE QUADROS

|                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Quadro 2.1 - Classificação dos 419 artigos resultantes da busca.....                              | 28  |
| Quadro 2.2 - Classificação dos 120 artigos publicados em <i>journal</i> .....                     | 29  |
| Quadro 2.3 - Classificação dos 441 livros citados nos 120 artigos acessados.....                  | 30  |
| Quadro 2.4 - Livros sobre DFSS citados nos 120 artigos acessados .....                            | 31  |
| Quadro 2.5 - Vantagens e desvantagem citadas com relação ao foco do DFSS.....                     | 52  |
| Quadro 2.6 - Vantagem e desvantagens citadas com relação ao <i>background</i> para o DFSS.....    | 52  |
| Quadro 2.7 - Vantagens e desvantagem citadas com relação à equipe do DFSS .....                   | 52  |
| Quadro 2.8 - Vantagem citada com relação à linguagem do DFSS.....                                 | 52  |
| Quadro 2.9 - Vantagens e desvantagens citadas com relação à metodologia do DFSS.....              | 53  |
| Quadro 2.10 - Vantagens e desvantagens citadas com relação às ferramentas usadas no projeto ..... | 54  |
| Quadro 2.11 - Vantagens e desvantagem citadas com relação aos resultados do projeto DFSS .....    | 54  |
| Quadro 4.1 - Os 18 requisitos listados pela equipe, separados em cinco grandes grupos.....        | 96  |
| Quadro 4.2 - Escala de notas para as respostas analisadas nos diferentes cenários do DOE ...      | 98  |
| Quadro 4.3 - Cenário ideal para os fatores considerados no DOE.....                               | 101 |

---

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 2.1 - Lista das cinco revistas que mais publicaram artigos sobre DFSS.....                                  | 36  |
| Tabela 2.2 - Lista dos cinco artigos sobre DFSS que mais foram citados na base WOS.....                            | 37  |
| Tabela 2.3 - Lista dos cinco artigos sobre DFSS que mais foram citados na base Scopus .....                        | 38  |
| Tabela 2.4 - Lista dos seis artigos classificados como A (A1 ou A2) no Qualis CAPES para Engenharias III .....     | 39  |
| Tabela 3.1 - Roteiros para DFSS implementados na literatura.....                                                   | 71  |
| Tabela 4.1 - Casa da Qualidade (fase 1) para a implementação do DFSS em uma empresa de manufatura .....            | 91  |
| Tabela 4.2 - Planejamento dos Componentes (fase 2) para a implementação do DFSS em uma empresa de manufatura ..... | 92  |
| Tabela 4.3 - Planejamento dos Processos (fase 3) para a implementação do DFSS em uma empresa de manufatura .....   | 93  |
| Tabela 4.4 - Controle dos Processos (fase 4) para a implementação do DFSS em uma empresa de manufatura.....        | 94  |
| Tabela 4.5 - Casa da Qualidade (fase 1) para a implementação do DFSS em uma empresa de serviços .....              | 97  |
| Tabela 4.6 - Planejamento dos Componentes (fase 2) para a implementação do DFSS em uma empresa de serviços.....    | 99  |
| Tabela 4.7 - Planejamento dos Processos (fase 3) para a implementação do DFSS em uma empresa de serviços.....      | 102 |
| Tabela 4.8 - Controle dos Processos (fase 4) para a implementação do DFSS em uma empresa de serviços.....          | 103 |
| Tabela A.1 - Artigos resultantes da busca " <i>Design for Six Sigma</i> " nas bases de dados WOS e Scopus.....     | 120 |
| Tabela B.1 - Primeira parte (de duas) dos dados extraídos dos 120 artigos acessados.....                           | 151 |
| Tabela B.2 - Segunda parte (de duas) dos dados extraídos dos 120 artigos acessados.....                            | 164 |
| Tabela C.1 - Listagem de livros citados em cada um dos 120 artigos acessados na íntegra..                          | 182 |
| Tabela D.1 - Casa da qualidade (fase 1) para o desenvolvimento de um pêndulo de Newton .....                       | 253 |
| Tabela D.2 - Planejamento dos componentes (fase 2) para o desenvolvimento de um pêndulo de Newton .....            | 255 |

|                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela D.3 - Planejamento dos processos (fase 3) para o desenvolvimento de um pêndulo de Newton..... | 256 |
| Tabela D.4 - Controle dos processos (fase 4) para o desenvolvimento de um pêndulo de Newton.....     | 257 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|                    |                                                                                                     |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AHP                | do inglês, <i>Analytic Hierarchy Process</i>                                                        |
| APQP               | Planejamento Avançado da Qualidade do Produto (do inglês, <i>Advance Product Quality Planning</i> ) |
| ANOVA              | Análise de Variância (do inglês, <i>Analysis Of Variance</i> )                                      |
| ASI                | do inglês, <i>American Supplier Institute</i>                                                       |
| CAPES              | Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior                                         |
| CDOV               | do inglês, <i>Concept, Design, Optimise, Verify</i>                                                 |
| CEO                | Diretor Executivo (do inglês, <i>Chief Executive Officer</i> )                                      |
| CNPq               | Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico                                       |
| CTQ                | Crítico para a Qualidade (do inglês, <i>Critical To Quality</i> )                                   |
| DCCDI              | do inglês, <i>Define, Customer, Concept, Design, Implement</i>                                      |
| DCOV               | do inglês, <i>Define, Characterise, Optimise, Verify</i>                                            |
| DFACE              | do inglês, <i>Define, Focus, Analyse, Create, Evaluate</i>                                          |
| DFSS               | <i>Design for Six Sigma</i>                                                                         |
| DFX                | <i>Design for Excellence</i>                                                                        |
| DIDES              | do inglês, <i>Define, Initiate, Design, Execute, Sustain</i>                                        |
| DIDOV              | do inglês, <i>Define, Identify, Design, Optimize, Verify</i>                                        |
| DMADOV             | do inglês, <i>Define, Measure, Analyse, Design, Optimize, Verify</i>                                |
| DMADV              | do inglês, <i>Define, Measure, Analyse, Design, Verify</i>                                          |
| DMAIC              | do inglês, <i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i>                                        |
| DMEDI              | do inglês, <i>Define, Measure, Explore, Develop, Implement</i>                                      |
| DOE                | Delineamento de Experimento (do inglês, <i>Design of Experiments</i> )                              |
| DPMO               | Defeitos Por Milhão de Oportunidades                                                                |
| FMEA               | análise do Tipo e Efeito de Falha (do inglês, <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> )             |
| HOQ                | Casa da Qualidade (do inglês, <i>House of Quality</i> )                                             |
| I <sup>2</sup> DOV | do inglês, <i>Invention, Innovation, Develop, Optimise, Verify</i>                                  |
| IADDME             | do inglês, <i>Identify, Analyze, Develop, Develop, Modify, Establish</i>                            |
| ICOV               | do inglês, <i>Identify, Characterize, Optimize, Verify</i>                                          |
| IDDOV              | do inglês, <i>Identify, Define, Develop, Optimise, Verify</i>                                       |
| IDEAS              | do inglês, <i>Identify, Design, Evaluate, Assure, Scale-up</i>                                      |
| IDOV               | do inglês, <i>Identify, Design, Optimise, Validate</i>                                              |
| IEBD               | do inglês, <i>Identify, Evaluate/select, Build, Deliver</i>                                         |
| IIDOV              | do inglês, <i>Invent, Innovate, Develop, Optimise, Verify</i>                                       |
| JCR                | do inglês, <i>Journal Citation Reports</i>                                                          |
| LSL                | limites inferiores de especificação (do inglês, <i>Lower Specification Limit</i> )                  |
| PBL                | Aprendizado Baseado em Problemas (do inglês, <i>Problem-Based Learning</i> )                        |
| PDP                | Processo de Desenvolvimento de Produtos e serviços                                                  |

|        |                                                                                                           |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PIDOV  | do inglês, <i>Plan, Identify, Design, Optimise and Validate</i>                                           |
| QFD    | Desdobramento da Função Qualidade (do inglês, <i>Quality Function Deployment</i> )                        |
| RADIOV | do inglês, <i>Requirements, Architecture, Design, Integration, Optimization, Verification</i>             |
| SAC    | Serviço de Atendimento ao Consumidor                                                                      |
| SJR    | do inglês, <i>Scientific Journal Rankings</i>                                                             |
| SMC    | Simulação de Monte Carlo                                                                                  |
| SOP    | Procedimento Padrão de Operação (do inglês, <i>Standard Operating Procedure</i> )                         |
| SS     | Seis Sigma                                                                                                |
| TQM    | Gerenciamento Total da Qualidade (do inglês, <i>Total Quality Management</i> )                            |
| TRIZ   | Teoria da resolução inventiva de problemas (do russo, <i>Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch</i> ) |
| UN     | Unidade de Negócio                                                                                        |
| UNIFEI | Universidade Federal de Itajubá                                                                           |
| USL    | Limites superiores de especificação (do inglês, <i>Upper Specification Limit</i> )                        |
| UTK    | University of Tennessee, Knoxville                                                                        |
| VOC    | Voz do Cliente (do inglês, <i>Voice of Customer</i> )                                                     |
| WOS    | <i>ISI Web of Science</i>                                                                                 |

---

# SUMÁRIO

|                                                                               |           |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                                                    | <b>18</b> |
| 1.1 Contexto, relevância e contribuições da pesquisa.....                     | 18        |
| 1.2 Objetivos.....                                                            | 22        |
| 1.2.1 Objetivo geral.....                                                     | 22        |
| 1.2.2 Objetivos específicos.....                                              | 22        |
| 1.3 Delimitações da pesquisa.....                                             | 23        |
| 1.4 Estrutura do trabalho .....                                               | 23        |
| <b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>                                         | <b>25</b> |
| 2.1 Processo de Desenvolvimento de Produtos e serviços.....                   | 25        |
| 2.2 <i>Design for Six Sigma</i> : uma revisão estruturada da literatura ..... | 27        |
| 2.2.1 A busca nas bases de dados .....                                        | 27        |
| 2.2.2 Os livros citados nos artigos acessados .....                           | 30        |
| 2.2.3 Análises quantitativas dos artigos e o Estado da Arte do DFSS.....      | 32        |
| 2.2.4 Pontos críticos, vantagens e desvantagens do DFSS.....                  | 47        |
| 2.2.5 Desafios da implementação do DFSS .....                                 | 57        |
| 2.3 Desdobramento da Função Qualidade.....                                    | 59        |
| 2.4 Delineamento de Experimentos .....                                        | 62        |
| 2.5 Simulação de Monte Carlo .....                                            | 64        |
| <b>3. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA .....</b>                                   | <b>66</b> |
| 3.1 Classificação da pesquisa científica .....                                | 66        |
| 3.2 O método modelagem e simulação .....                                      | 68        |
| 3.2.1 Conceptualização .....                                                  | 70        |
| 3.2.2 Modelagem .....                                                         | 73        |
| 3.2.3 Solução do modelo.....                                                  | 79        |
| 3.2.4 Implementação .....                                                     | 80        |
| 3.3 O método pesquisa-ação .....                                              | 80        |
| 3.3.1 Planejamento.....                                                       | 83        |
| 3.3.1.1 Início.....                                                           | 83        |
| 3.3.1.2 Contexto e propósito .....                                            | 83        |
| 3.3.1.3 Estrutura conceitual-teórica .....                                    | 84        |
| 3.3.1.4 Unidade de análise e técnicas de coleta de dados .....                | 84        |

|           |                                                                                          |            |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.3.2     | Coleta de dados .....                                                                    | 84         |
| 3.3.3     | Análise dos dados e planejamento das ações.....                                          | 85         |
| 3.3.4     | Implementação do plano de ações.....                                                     | 85         |
| 3.3.5     | Avaliação dos resultados e confecção de relatórios.....                                  | 85         |
| <b>4.</b> | <b>O MÉTODO DFSS-QDMC: APLICAÇÕES REAIS.....</b>                                         | <b>87</b>  |
| 4.1       | O método DFSS-QDMC.....                                                                  | 87         |
| 4.2       | Empresa 1 .....                                                                          | 90         |
| 4.3       | Empresa 2 .....                                                                          | 95         |
| <b>5.</b> | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                                                         | <b>105</b> |
| 5.1       | Análise dos Resultados.....                                                              | 105        |
| 5.2       | Trabalhos futuros.....                                                                   | 106        |
|           | <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>                                                   | <b>108</b> |
|           | <b>APÊNDICE A – Resultados da busca nas bases de dados .....</b>                         | <b>120</b> |
|           | <b>APÊNDICE B – Lista de artigos publicados em periódicos acessados na íntegra .....</b> | <b>151</b> |
|           | <b>APÊNDICE C – Lista de livros citados pelos periódicos acessados.....</b>              | <b>182</b> |
|           | <b>APÊNDICE D – Teste piloto do DFSS-QDMC: o pêndulo de Newton .....</b>                 | <b>252</b> |

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Contexto, relevância e contribuições da pesquisa

A Motorola desenvolveu o programa Seis Sigma (SS) no fim dos anos 1980 como uma resposta à demanda de qualidade em seus produtos (MONTGOMERY, 2010). O SS é abordado na literatura como um método, um programa, um *benchmark*, uma meta, uma medida, uma filosofia, uma estatística, uma estratégia, uma visão, uma metodologia, uma abordagem, uma cultura, entre outros títulos que foram atribuídos ao longo do tempo.

Implantar o SS é um processo caro que exige um alto grau de comprometimento e envolvimento de toda a organização. Por esse motivo, as razões para fazê-lo poderiam ser questionadas. No entanto, segundo Pande *et al.* (2000), a quantidade de empresas que aderiam ao SS desde o início era tão significativa que seria possível considerar um modismo não fosse a relevância dos resultados. Baseado nas publicações em jornais e conferências e na quantidade de treinamentos acontecendo no início dos anos 2000, Hoerl (2004) observou que o SS ainda não dava sinais de declínio.

Breyfogle III *et al.* (2001) afirmaram ainda que uma série de empresas embarcaram silenciosamente nos esforços SS motivadas por uma mentalidade anti-modismo. Por outro lado, outras empresas passaram a mostrar abertamente os resultados expressivos alcançados com a aplicação do SS como uma forma de ratificar a qualidade de seus produtos e processos, dentre elas: Motorola, General Electric (GE), Black & Decker, Dupont, Johnson e Johnson, Kodak, Polaroid, Sony, Samsung, Toshiba, etc.

Mais tarde, Goh (2010) confirmou que SS foi o método de melhoria da qualidade mais comentado nas últimas duas décadas, superando o método Taguchi, e ressaltou ainda que não existiam limites para as transformações nos anos que estavam por vir. Jesus *et al.* (2016), por exemplo, destacam que muitas empresas vêm transformando o SS em um sistema estratégico de gerenciamento. Além disso, aplicações no setor de serviços crescem consideravelmente.

Na última década, de fato, as iniciativas relacionadas à melhoria contínua estavam constantemente relacionadas ao SS. No entanto, essas melhorias em sistemas convencionais eram muitas vezes limitadas por decisões tomadas no planejamento inicial e, por isso, originaram um sistema proativo e esquemático para o desenvolvimento de produtos, o *Design for Six Sigma* (DFSS). Qureshi e Ashraf (2011) descrevem que o DFSS foca na maximização do lucro através da tradução efetiva da voz do cliente (do inglês, *Voice of Customer* – VOC) em um *design* de qualidade desde o início, ao invés de melhorias propostas mais tarde.

É bem disseminado na literatura que, enquanto esforços SS são focados na melhoria de processos existentes, esforços DFSS, uma evolução do SS, focam no desenvolvimento de novos produtos e serviços ou no *re-design* daqueles que já existem (HASSAN *et al.*, 2016; GOH, 2011; MONTGOMERY, 2010; KOVACH *et al.*, 2005, TREICHLER *et al.*, 2002).

A General Electric (GE) afirma ter sido a primeira empresa a desenvolver e aplicar os conceitos de DFSS no fim dos anos 90 e, em seguida, disseminou em todas as suas unidades de negócio (ANTONY e CORONADO, 2002). Mas, ainda hoje, o DFSS é definido como sendo uma abordagem nova para o desenvolvimento de novos produtos e uma tendência que segue a implementação de modelos como referência (ECHEVESTE *et al.*, 2016).

A razão pela qual as empresas começaram a usar DFSS, de acordo com Gremyr e Fouquet (2012), incluem a redução dos custos de desenvolvimento, a ênfase na voz do cliente e o aumento da confiabilidade do produto, focando na robustez do desenvolvimento e da engenharia, sem espaço para variabilidade.

Antony e Coronado (2002) viram o DFSS como a única maneira de alcançar todos os benefícios do SS, ultrapassando a barreira do  $5\sigma$  que normalmente segura e limita os projetos SS. Para Cronemyr (2007), uma metáfora mais interessante seria considerar o SS e o DFSS sendo usados de maneira complementar para “penetrar a barreira do  $5\sigma$ ”, ao invés de colocá-los em lados opostos da barreira.

Mitchell e Kovach (2016) enfatizam que mais trabalho é preciso para expandir o uso de métodos durante o desenvolvimento de novos produtos, processos ou serviços, além disso, trabalhos futuros neste tema podem ampliar a compreensão dos fatores que têm impacto significativo no sucesso dos esforços voltados para o *design*.

Enquanto SS é amplamente conhecido pelo acrônimo DMAIC (do inglês, *Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), por exemplo, o DFSS não tem um roteiro padrão estabelecido (SHAHIN, 2008). Watson e DeYong (2010) discutiram em seu trabalho a variedade de roteiros DFSS implementados nos últimos 10 anos e concluíram que não havia consenso sobre um padrão a ser adotado mesmo quando as aplicações eram focadas em áreas similares. Na revisão da literatura realizada para este trabalho (Capítulo 2), diferentes roteiros foram aplicados em projetos e descritos nos artigos pesquisados, mas, ainda, nenhum padrão geral foi encontrado.

Para Hoerl (2004), não ter uma abordagem aceita como padrão impediu que o DFSS fosse, desde o início, assimilado e disseminado tão rapidamente quanto o SS DMAIC. A falta de abordagem estruturada (SHAHIN, 2008), a quantidade excessiva de documentação (GREMYR e FOUQUET, 2012) e/ou a dificuldade de adaptar modelos existentes na implementação, o que requer conhecimento e experiência mesmo que haja uma boa infraestrutura (HASENKAMP e

ÖLME, 2008), foram reportados como desvantagens do DFSS na literatura.

A necessidade de experiência com outros projetos DFSS semelhantes e de um profundo conhecimento estatístico e das diversas ferramentas *lean* para decidir como proceder em cada etapa, dependendo muitas vezes de um nível de entendimento e treinamento avançados, segundo Shahin (2008) era um empecilho para a implementação do DFSS. Ainda em 2017, pouco foi feito para amenizar esses problemas do DFSS enfrentados na prática.

A proposta deste trabalho foi guiada, portanto, pela necessidade de desenvolver uma abordagem prática para implementar DFSS de maneira que (1) não fossem necessárias inúmeras alterações e adaptações no roteiro em se tratando de projetos diferentes; (2) cujo desenvolvimento dos projetos não fosse completamente dependente da experiência com projetos anteriores e dos conhecimentos estatísticos da equipe; (3) cuja eficácia fosse constatada matematicamente e pelos resultados de projetos reais desenvolvidos por equipes sendo treinadas para *Green Belt* em diferentes empresas.

Estima-se que entre 80% e 90% do custo para a produção é determinado no início do ciclo de desenvolvimento de um produto (ROSENFELD *et al.*, 2006). Diversos estudos apontam ainda que a etapa de planejamento ocupa um período curto no ciclo de vida de um produto mas dita cerca de 70% a 80% do custo durante todo o ciclo (KEYS, 1990; FABRYCKY e BLANCHARD, 1991; DOWLATSHAHI, 1996; APPELQVIST *et al.*, 2004; CHIU e KREMER, 2011). Assim, a manufatura fica com poucas possibilidades para melhorias. Por estes motivos, esta pesquisa abrange até o projeto conceitual, no início da etapa de desenvolvimento do Processo de Desenvolvimento de Produtos e serviços (PDP).

A estrutura conceitual-teórica que norteou a pesquisa sobre DFSS foi baseada na literatura disponível nas duas principais coletâneas acadêmicas da atualidade segundo Chadegani *et al.* (2013), a saber: *ISI Web of Science* (WOS) da *Thomson Reuters* e *Scopus* da *Elsevier Science*, e está detalhada no item 2.2 deste trabalho.

Os dados coletados inicialmente sobre as necessidades das empresas com relação ao roteiro de desenvolvimento de projetos DFSS foram comparados com a teoria. Como não houve trabalho disponível na literatura que correspondesse às expectativas e necessidades, uma abordagem para implementar o DFSS foi desenvolvida usando o método Modelagem e Simulação. Este trabalho apresenta o detalhamento desta abordagem que facilita e aproxima da prática a implementação do DFSS. Além disso, esta abordagem vem sendo testada nos últimos anos em empresas brasileiras seguindo o método Pesquisa-ação. As etapas de ambos os métodos de pesquisa estão detalhadas no Capítulo 3 deste trabalho.

A abordagem DFSS-QDMC que foi desenvolvida, discutida e testada nesta pesquisa

funciona através de uma adaptação do modelo das quatro fases para o Desdobramento da Função Qualidade (do inglês, *Quality Function Deployment* – QFD) aliada ao Delineamento de Experimentos (do inglês, *Design of Experiment* – DOE) e à simulação de Monte Carlo (SMC), quando convenientes ao projeto DFSS. Esta adaptação baseou-se nos roteiros para implementação do DFSS mais citados na literatura pesquisada pois, para Hu e Pieprzak (2005), os diversos nomes de roteiros para DFSS não são importantes, e sim o conteúdo e as tarefas a serem concluídas em cada fase.

O QFD é um método que garante um *design* de qualidade ao traduzir as necessidades do cliente em requisitos técnicos para o produto. Dentre os artigos acessados na revisão da literatura, mais da metade relatou o uso do QFD em implementações do DFSS. Este é um método bastante conhecido e a proposta do trabalho foi adaptá-lo às etapas comuns a diferentes projetos DFSS. Existem diversos modelos para implementar o QFD e o modelo das quatro fases, segundo Kovach e Cho (2008), é o mais simples e provavelmente o mais conhecido, por isso foi escolhido para este trabalho.

Goh e Lam (2010) afirmam que a experimentação é parte integrante do PDP e que o interesse pelo DOE e técnicas relacionadas cresceu principalmente por causa do SS. Estes mesmos autores usaram DOE e SMC em uma abordagem para o ensino de experimentação estatística com Aprendizado Baseado em Problemas (do inglês, *Problem-based Learning* – PBL). Al-Aomar (2006) usou DOE para definir valores e parâmetros do *design*, ao implementar o DFSS. Seguindo estas linhas de pensamento, este trabalho sugere o uso de DOE na priorização de fatores e parâmetros do *design*, auxiliado pela SMC na determinação de valores em projetos DFSS.

A SMC foi escolhida para auxiliar a definir limites aceitáveis para os requisitos técnicos, para as características dos componentes e para as operações de fabricação quando os experimentos reais não forem possíveis ou forem insuficientes. A SMC fornece uma visão mais completa do que pode acontecer em um processo, mostrando não apenas os comportamentos possíveis, mas também a probabilidade de ocorrência.

Neste trabalho de tese, a abordagem DFSS-QDMC foi inicialmente testada em uma disciplina eletiva oferecida para alunos da graduação na Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Um curso sobre SS e DFSS foi desenvolvido e apresentado aos alunos e um projeto final de implementação do DFSS seguindo a abordagem DFSS-QDMC foi proposto como projeto final da disciplina. Este teste piloto está detalhado no Apêndice D deste trabalho.

Já as aplicações reais foram desenvolvidas ao longo dos últimos anos em parceria com empresas brasileiras de grande porte, durante a condução de treinamentos *Green Belt*. As

equipes puderam optar por executar projetos SS ou DFSS. Os resultados decorrentes da aplicação do DFSS em projetos reais, seguindo a abordagem DFSS-QDMC aqui proposta, de duas das equipes foram escolhidos como unidades de análise e são apresentados e discutidos em detalhes no Capítulo 4 deste trabalho.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo geral

O objetivo principal do trabalho de tese foi estabelecer uma abordagem prática e intuitiva para desenvolver projetos DFSS na indústria de produtos ou serviços. Esta abordagem é explicada em detalhes no Capítulo 3 deste trabalho e duas aplicações reais são descritas no Capítulo 4.

### 1.2.2 Objetivos específicos

O objetivo geral da tese de doutorado foi dividido em alguns objetivos específicos a fim de estruturar o desenvolvimento do trabalho, são eles:

- Analisar os projetos DFSS descritos na literatura com relação aos objetivos, vantagens, desvantagens e necessidades relatados;
- Identificar os principais roteiros, ferramentas, problemas e falhas na implementação de projetos DFSS descritos na literatura;
- Propor uma abordagem para desenvolver produtos e serviços usando o DFSS;
- Desenvolver o equacionamento, a modelagem matricial ou um método sistemático para que a abordagem proposta seja futuramente usada em um *software*;
- Preparar um curso *Green Belt* para apresentar a abordagem proposta aos alunos, que deverão segui-la na condução de um projeto final;
- Testar o curso e a implementação da abordagem proposta em um projeto piloto com alunos de graduação;
- Apresentar a abordagem proposta em cursos *Green Belt* realizados em parceria com empresas brasileiras;
- Guiar e auxiliar os alunos no desenvolvimento do projeto final dos cursos *Green Belt*, com a implementação da abordagem proposta para o DFSS em problemas reais.

### 1.3 Delimitações da pesquisa

Tanto projetos SS quanto DFSS foram conduzidos ao longo de cursos oferecidos aos funcionários em parceria com empresas brasileiras e seus resultados foram apresentados pelas equipes ao fim dos projetos para a obtenção do certificado *Green Belt*. Esta pesquisa teve como foco principal o desenvolvimento de produtos ou serviços a partir do DFSS.

No início do curso, os membros das equipes selecionaram problemas do dia a dia nas empresas que poderiam ser solucionados com o desenvolvimento de projetos SS ou DFSS. Duas das equipes que optaram por desenvolver projetos DFSS seguindo o DFSS-QDMC, método desenvolvido ao longo desta pesquisa, tiveram seus projetos descritos neste trabalho.

Por se tratar do projeto final de um curso oferecido aos funcionários em empresas de grande porte, nem todos os projetos chegaram a ser implementados em sua totalidade, mas os dados usados na condução do DFSS são de problemas reais enfrentados pelas equipes e os resultados advindos do DFSS-QDMC foram levados adiante para serem discutidos pela gerência e considerados na tomada de decisão.

Vale ressaltar que os funcionários não trabalharam com dedicação exclusiva ao projeto, mas sim os conduziram de maneira paralela às suas funções e responsabilidades nas empresas. Além disso, o método DFSS-QDMC contempla desde a etapa de planejamento estratégico até o projeto conceitual do PDP, não abordando, por exemplo, a preparação da produção ou o lançamento do produto.

### 1.4 Estrutura do trabalho

Este documento está dividido em cinco capítulos. O Capítulo 1 apresenta uma introdução do trabalho a partir do contexto, da relevância do tema e suas justificativas, dos objetivos gerais e específicos, bem como da delimitação do tema e da explicação da estrutura deste trabalho, proporcionando uma visão geral do que foi realizado ao longo da pesquisa.

A fundamentação teórica é mostrada no Capítulo 2, com explicações sobre o PDP seguidas por uma busca estruturada pelo tema DFSS nas bases de dados WOS da *Thomson Reuters* e Scopus da *Elsevier Science* que possibilitou uma análise quantitativa e qualitativa das publicações sobre DFSS, proporcionando um histórico e um detalhamento mais aprofundado do Estado da Arte. Em seguida, são abordadas as principais ferramentas que podem ser usadas na condução da abordagem proposta: o QFD, o DOE e a SMC.

No Capítulo 3 é mostrada a classificação desta pesquisa científica e também é detalhada a condução dos métodos de pesquisa escolhidos para o trabalho: a modelagem e simulação no

desenvolvimento da abordagem e a pesquisa-ação na implementação. Os métodos em questão são definidos e as etapas da condução são enumeradas e explicadas na sequência em que foram implementadas.

O Capítulo 4 traz inicialmente o detalhamento das etapas propostas para a abordagem DFSS-QDMC e em seguida são apresentadas duas dentre as aplicações reais do método DFSS-QDMC que vêm sendo desenvolvidas em parceria com diferentes empresas brasileiras, como projetos finais de cursos *Green Belt* conduzidos pela pesquisadora e seu orientador.

No Capítulo 5, os resultados, as vantagens do DFSS-QDMC e as considerações finais são discutidos. Em seguida são apresentadas algumas sugestões para trabalhos futuros dentro deste mesmo tema.

Como apêndices são apresentados os 334 artigos resultantes da busca pelo termo “*Design for Six Sigma*” nas bases de dados WOS e Scopus, sendo 125 publicados em periódicos e 209 apresentados em congressos (APÊNDICE A – Resultados da busca nas bases de dados), os 120 artigos publicados em periódicos que foram acessados integralmente (APÊNDICE B – Lista de artigos publicados em periódicos acessados na íntegra), e a listagem dos 441 livros citados pelos 120 artigos acessados (APÊNDICE C – Lista de livros citados pelos periódicos acessados). Além disso, é apresentado também o teste piloto da implementação da abordagem desenvolvido por alunos da graduação em disciplina eletiva (APÊNDICE D – Teste piloto do DFSS-QDMC: o pêndulo de Newton).

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Processo de Desenvolvimento de Produtos e serviços

Ao definir o desenvolvimento de produtos como o processo pelo qual uma organização transforma dados sobre oportunidades de mercado e possibilidades técnicas em bens e informações para a fabricação de um produto comercial, Clark e Fujimoto (1991) tornaram-se pioneiros na gestão do PDP.

Diversas teorias, estratégias, metodologias, abordagens e ferramentas foram, e ainda têm sido, desenvolvidas para auxiliar na gestão do PDP, visando melhorias em indicadores como custo de desenvolvimento, *time-to-market*, satisfação dos clientes, rentabilidade, etc. Dentre as mais clássicas, destacam-se: o desenvolvimento integrado de produtos (ANDREASEN e HEIN, 1987), a engenharia simultânea (WINNER *et al.*, 1988), o sistema Stage Gate (COOPER, 1990), o funil de desenvolvimento (WHEELWRIGHT e CLARK, 1992) e o Design for Excellence (BRALLA, 1996).

Hoje, o PDP não é mais visto como um processo composto por atividades isoladas. Há mais de uma década, Rozenfeld *et al.* (2006) já o definia como um conjunto de atividades por meio das quais busca-se chegar às especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção, para que a manufatura seja capaz de produzi-lo.

Para controlar e gerenciar o PDP de forma eficaz, é necessário primeiramente descrever as atividades, os estágios e a lógica do processo de forma integrada. Isso exige uma estrutura de modelagem que capture as características distintas, particulares e específicas de cada empresa.

De acordo com Amaral e Rozenfeld (2007), estruturar o PDP significa dotar a empresa de um padrão a ser seguido por diferentes times de desenvolvimento no planejamento e realização dos PDPs. Neste contexto de agrupar e unificar as abordagens existentes, surgiram os modelos de referência. Estes modelos procuram descrever de forma sistemática as atividades envolvidas ao longo do desenvolvimento de produtos ou serviços.

A qualidade da gestão do PDP está intimamente ligada à padronização do processo. O modelo proposto por Rozenfeld *et al.* (2006) é muito difundido na literatura e descreve as etapas do PDP com um grande nível de detalhes. Este modelo serve de base para as empresas desenvolverem um processo próprio a partir de um ponto de vista comum. O modelo é dividido em três macrofases: o pré-desenvolvimento, o desenvolvimento e o pós-desenvolvimento. Cada macrofase, por sua vez, é subdividida em fases e atividades. Uma visão geral deste modelo é apresentada na Figura 2.1.

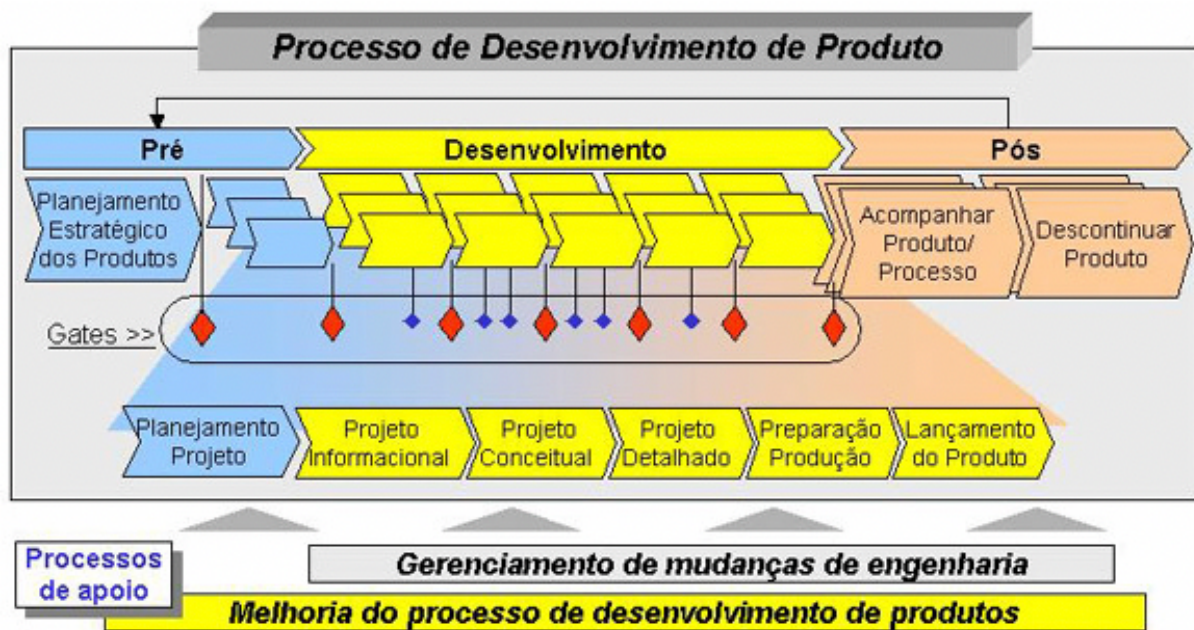


Figura 2.1 - Visão Geral de um modelo de referência para o PDP

Fonte: Rozenfeld *et al.* (2006)

Algumas características a serem consideradas no PDP para atender o mercado devem ser avaliadas já na fase inicial do projeto para redução de tempo e custo, por exemplo: a qualidade e a confiabilidade do produto (FRANK *et al.*, 2014). Além disso, estima-se que cerca de 85% do custo do produto final são determinados no início do ciclo do desenvolvimento (ROZENFELD *et al.*, 2006) e, assim, a manufatura fica com poucas possibilidades para reverter a situação.

Cabe aqui ressaltar que enquanto em programas SS os esforços são concentrados para a redução de defeitos na manufatura, o DFSS é utilizado na prevenção dos problemas ainda durante o planejamento do produto ou serviço, de modo a desenvolver um processo robusto, com alta qualidade.

Rozenfeld *et al.* (2006) descreve o DFSS como otimização das soluções de projeto utilizando principalmente ferramentas estatísticas e o classifica como uma das novas abordagens para o desenvolvimento integrado de produtos.

Pode-se dizer que o DFSS é uma dentre as técnicas de DFX (do inglês, *Design for Excellence* – DFX) que propicia o uso e análise de métricas para entender e efetivamente melhorar a qualidade do desenvolvimento e do produto.

A técnicas de DFX podem ser aplicadas nas etapas do PDP para agregar ao produto características interessantes para as etapas seguintes, como manufatura, montagem, logística, etc. Algumas das mais importantes técnicas de DFX para o PDP, de acordo com Alberto *et al.* (2009), são o Design for Manufacturing, o Design for Assembly, o Design to Cost, o Design

for Service, o Design for Quality e o DFSS. Segundo Chiu e Kremer (2011), o DFX se encaixa bem nas fases preliminares do PDP, ou seja, na etapa de planejamento.

De maneira geral, é difícil identificar quais as áreas do desenvolvimento podem estar deficientes ou poderiam ser refinadas. Encontrar onde concentrar os esforços prioritariamente para efetivar melhorias exige um profundo entendimento do processo.

O DFSS é um conjunto de ferramentas baseado nesse princípio, capaz de avaliar o progresso do PDP alinhado com as metas corporativas e estratégias do mercado a cada etapa. O principal desafio ao usar o DFSS no PDP, no entanto, é escolher a ferramenta certa no tempo certo, durante todo o ciclo de desenvolvimento (CREVELING *et al.*, 2002).

## **2.2 *Design for Six Sigma*: uma revisão estruturada da literatura**

### **2.2.1 A busca nas bases de dados**

Uma detalhada revisão da literatura foi conduzida para este trabalho com base em duas bases de dados: *ISI Web of Science* (WOS) da *Thomson Reuters* e *Scopus* da *Elsevier Science* que, de acordo com Chadegani *et al.* (2013), são as duas principais coletâneas de literatura acadêmica da atualidade. Uma busca pelas palavras "*Design for Six Sigma*" (entre aspas) foi realizada em ambas as bases, considerando apenas artigos em inglês de periódicos ou conferências até 2016. A última atualização do banco de dados resultante desta pesquisa ocorreu durante o mês de fevereiro de 2017.

A busca resultou em 131 artigos usando a WOS e a mesma busca resultou em 390 artigos usando a Scopus. Todos os resumos foram lidos para verificar a pertinência do trabalho no tema pesquisado e checar possíveis erros no mecanismo de busca (por exemplo: livros classificados como artigos ou duplicatas). Neste processo, 27 artigos foram eliminados do resultado para a WOS e 75 foram eliminados do resultado para a Scopus.

O Quadro 2.1 mostra as informações que foram tabeladas para cada um dos 419 artigos resultantes da busca (104 da WOS e 315 da Scopus). Essas informações foram usadas nas análises quantitativas e na revisão qualitativa da literatura apresentadas no item 2.2.3 deste trabalho.

Quadro 2.1 - Classificação dos 419 artigos resultantes da busca

| <b>Autores</b> | <b>Título</b> | <b>Ano</b> | <b>Fonte</b> | <b>Tipo da fonte</b>            | <b>JCR</b> | <b>Citação WOS</b> | <b>SJR</b> | <b>Citação Scopus</b> | <b>Base</b>                  | <b>Qualis CAPES</b> |
|----------------|---------------|------------|--------------|---------------------------------|------------|--------------------|------------|-----------------------|------------------------------|---------------------|
|                |               |            |              | - <i>journal</i><br>- congresso |            |                    |            |                       | - WOS<br>- Scopus<br>- ambas |                     |

Conforme ilustrado no Quadro 2.1, as informações tabeladas foram: Autores, título do artigo, ano de publicação, nome da fonte, tipo da fonte (j para periódico – do inglês, *jornal*, ou c para congresso), fator de impacto na WOS (dado pelo *Jurnal Citation Reports* – JCR – de cada periódico), quantidade de citação na WOS, fator de impacto na Scopus (dado pelo *Scientific Journal Rankings* – SJR – de cada periódico), quantidade de citação na Scopus, a base de dados onde o artigo foi encontrado (WOS, Scopus ou ambas) e o fator de impacto Qualis da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) para o grupo Engenharias III, grupo no qual se encontra a Engenharia de Produção.

Depois de eliminadas as redundâncias (por exemplo: mesmo artigo nas duas bases de dados), um total de 334 artigos relacionados a DFSS foi alcançado, sendo 125 de periódicos e 209 apresentados em congressos. A tabela completa com os 334 artigos classificados segundo o esquema do Quadro 2.1 está no APÊNDICE A – Resultados da busca nas bases de dados.

Para a análise quantitativa, os 334 artigos tabelados foram considerados. No entanto, a análise qualitativa foi focada nos artigos publicados em periódicos. Os pesquisadores tiveram acesso ao texto completo de 120 dos 125 artigos de periódicos resultantes da busca para desenvolver a revisão da literatura e descrever o estado da arte em DFSS.

Esta quantidade de artigos completos foi alcançada graças a buscas exaustivas no banco de dados disponibilizado para as universidades brasileiras via “Portal de Periódicos CAPES”, na base de dados da Universidade do Tennessee, em Knoxville – EUA, à qual a pesquisadora teve acesso durante período de doutorado sanduíche, além de contato direto com autores através de *e-mail* e redes sociais, acadêmicas e profissionais.

Cada um dos 120 artigos foi lido, analisado e novamente classificado, mas dessa vez de forma mais qualitativa. Brady e Allen (2006) e Tjahjono *et al.* (2010) fizeram pesquisas semelhantes para o tema “*Six Sigma*” que serviu de inspiração para classificar os 120 artigos. Zain *et al.* (2001) foram inspirados pela base de dados da *Emerald Library* ao adotar uma abordagem estruturada para categorizar pesquisas relacionadas ao Gerenciamento Total da Qualidade (do inglês, *Total Quality Management* – TQM) e esta classificação também se mostrou adequada a este trabalho.

O Quadro 2.2 mostra o esquema usado nesta segunda classificação dos dados.

Quadro 2.2 - Classificação dos 120 artigos publicados em *journal*

|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Abordagem da pesquisa</b>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- CS (aplicações reais / estudo de caso, do inglês, <i>case study</i>)</li> <li>- C (comparação / avaliação de métodos e ferramentas)</li> <li>- S (pesquisa, do inglês, <i>survey</i>)</li> <li>- L (revisão da literatura)</li> <li>- T (teórico, com ou sem exemplos de aplicação)</li> <li>- o (outra)</li> </ul> |
| <b>Setor</b>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- M (manufatura)</li> <li>- S (serviço)</li> <li>- ambos</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Área</b>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Indústria de manufatura</li> <li>- Negócios em geral</li> <li>- Saúde</li> <li>- Finanças</li> <li>- Construção</li> <li>- Pesquisa e desenvolvimento</li> <li>- Desenvolvimento de <i>software</i></li> <li>- outros / livre</li> </ul>                                                                            |
| <b>Roteiro</b>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- DMADV</li> <li>- IDOV</li> <li>- DCOV</li> <li>- IDDOV</li> <li>- DMACOV</li> <li>- novos / outros / livre</li> </ul>                                                                                                                                                                                               |
| <b>Tipo do projeto</b>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- QuI (melhoria da qualidade, do inglês, <i>Quality Improvement</i>)</li> <li>- CoS (redução de custo, do inglês, <i>Cost Saving</i>)</li> <li>- ReE (aumento do lucro, do inglês, <i>Revenue Enhancing</i>)</li> <li>- nenhum / não menciona</li> </ul>                                                              |
| <b>Menciona Seis Sigma?</b>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sim</li> <li>- Não</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Objetivo</b>                          | Livre                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Projeto bem-sucedido?</b>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sim</li> <li>- Não</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Fatores do sucesso / Por que não?</b> | Livre                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Vantagens</b>                         | Livre                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Desvantagens</b>                      | Livre                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Desafios</b>                          | Livre                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b><i>Software</i> usado</b>             | Livre                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Empresa</b>                           | Livre                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Extra</b>                             | Livre<br>Prazo? Lucro? Novidades? Treinamento? <i>Stakeholders</i> ?                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Ferramentas e técnicas</b>            | Livre                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

Conforme ilustrado no Quadro 2.2, as categorias para classificar a abordagem da pesquisa são: “CS” para aplicações reais como estudo de caso (do inglês, *case study*) ou pesquisa-ação, “C” para comparação / avaliação de técnicas, métodos ou ferramentas, “S” para pesquisas (do inglês, *survey*), “L” para revisão da literatura, “T” para trabalhos teóricos, podendo ou não haver

exemplos de aplicação, mas com pouco referencial teórico para serem considerados revisões da literatura, e “o” para outros tipos de trabalho que não se encaixam nas classificações anteriores.

O setor de implantação foi classificado como manufatura, serviço ou ambos. A área do conhecimento, os roteiros que foram seguidos na implantação e o tipo do projeto (melhoria da qualidade, redução de custo ou aumento do lucro) foram também extraídos dos 120 artigos, quando citados no texto.

O fato do artigo mencionar ou não a filosofia SS foi uma curiosidade estudada e, além disso, informações sobre o objetivo do projeto, os fatores que levaram ao sucesso ou que justificam o fracasso, vantagens, desvantagens e desafios enfrentados na implantação, os *softwares* usados, empresas que implementam o DFSS, ferramentas e técnicas aplicadas e alguns extras como prazo, lucro, curiosidades, treinamento, *stakeholders*, entre outros, também foram considerados nesta segunda classificação.

A listagem completa dos 120 artigos de periódicos classificados segundo o esquema mostrado no Quadro 2.2 pode ser vista no APÊNDICE B – Lista de artigos publicados em periódicos acessados na íntegra.

### 2.2.2 Os livros citados nos artigos acessados

Além deste trabalho estruturado e sistemático com os artigos, foram tabeladas informações dos livros citados nas referências dos 120 artigos de periódicos aos quais os pesquisadores tiveram acesso integral ao texto, a saber: título do livro, autores, título e autores do capítulo citado (quando pertinentes), edição, ano de publicação, editora, país e cidade. O Quadro 2.3 mostra como foram organizadas as informações tabeladas para cada um dos 441 livros citados.

Quadro 2.3 - Classificação dos 441 livros citados nos 120 artigos acessados

| Título | Autores | Título cap | Autores cap | Edição | Ano | Editora | País | Cidade |
|--------|---------|------------|-------------|--------|-----|---------|------|--------|
|        |         |            |             |        |     |         |      |        |

Ao mesmo tempo que alguns artigos não citaram nenhum livro, outros citaram 24, 26 e até 54 livros. Dentre os 441 livros citados no total, 31 são sobre DFSS, 57 sobre SS e 353 sobre outros temas variados. O livro mais citado de DFSS foi citado por 22 artigos e foi publicado por Yang e El-Haik (2003). O Quadro 2.4 mostra todos os livros sobre DFSS citados nos 120 artigos, seus autores e a quantidade de artigos publicados em revistas que os citaram.

Quadro 2.4 - Livros sobre DFSS citados nos 120 artigos acessados

| Número de citações | Título do livro                                                                                                                                    | Autores                                 |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 22                 | <i>Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development</i>                                                                                     | Yang, K; El-Haik, B                     |
| 15                 | <i>Design for Six Sigma</i>                                                                                                                        | Brue, G; Launsby, R                     |
| 15                 | <i>Design for six sigma in technology and product development</i>                                                                                  | Creveling, CM; Slutsky, JL; Antis Jr, D |
| 14                 | <i>Design for Six Sigma: The Revolutionary Process for Achieving Extraordinary Profits</i>                                                         | Chowdhury, S                            |
| 14                 | <i>Service Design for Six Sigma</i>                                                                                                                | El-Haik, B; Roy, DM                     |
| 14                 | <i>Design for Six Sigma: Launching New Products and Services without Failure</i>                                                                   | Tennant, G                              |
| 6                  | <i>Design for Six Sigma for service</i>                                                                                                            | Yang, K                                 |
| 4                  | <i>Simulation-based Lean Six Sigma and Design for Six Sigma</i>                                                                                    | El-Haik, B; Al-Aomar, R                 |
| 3                  | <i>Design for Six Sigma: A holistic approach to design and Innovation</i>                                                                          | Jugulum, R; Samuel, P                   |
| 3                  | <i>Design for Six Sigma Statistics: 59 Tools for Diagnosing and Solving Problems in DFSS Initiatives</i>                                           | Sleeper, AD                             |
| 3                  | <i>Design for Six Sigma: Innovation for enhanced competitiveness</i>                                                                               | Watson, GH                              |
| 2                  | <i>Design for Six Sigma</i>                                                                                                                        | Chowdhury, S                            |
| 2                  | <i>Design for Six Sigma in Product and Service Development: Applications and Case Studies</i>                                                      | Cudney, EA; Furterer, SL                |
| 2                  | <i>The Design for Six Sigma Memory Jogger</i>                                                                                                      | Ginn, D; Streibel, B                    |
| 1                  | <i>Software Design for Six Sigma: a roadmap for excellence</i>                                                                                     | Basem, H; Shaout, A                     |
| 1                  | <i>Implementing Design for Six Sigma: A leader's guide.</i>                                                                                        | Belair, G; O'Neill, J                   |
| 1                  | <i>What is Design for Six Sigma</i>                                                                                                                | Cavanagh, RR; Neuman, RP; Pande, PS     |
| 1                  | <i>The power of design for Six Sigma</i>                                                                                                           | Chowdhury, S                            |
| 1                  | <i>Design for Six Sigma for Green Belts and Champions: Applications for Service Operations – Foundations, Tools, DMADV, Cases and Certificatio</i> | Gitlow, HS; Levine, DM; Popovich, EA    |
| 1                  | <i>Design for Six Sigma for service</i>                                                                                                            | Kai, Y                                  |
| 1                  | <i>Design for Six Sigma: a Roadmap for product development</i>                                                                                     | Kai, Y; Basem, EH                       |
| 1                  | <i>Design for Six Sigma + Lean Toolset</i>                                                                                                         | Lunau, S                                |
| 1                  | <i>Applying Design for Six Sigma to Software and Hardware Systems</i>                                                                              | Maass, E; McNair, PD                    |
| 1                  | <i>The importance of Modelling and Simulation in DFSS</i>                                                                                          | Peplinski, J                            |
| 1                  | <i>Commercializing Great Products with Design for Six Sigma</i>                                                                                    | Perry, RC; Bacon, DW                    |
| 1                  | <i>Design for Lean Six Sigma: A Holistic Approach to Design and Innovation</i>                                                                     | Philip, S; Rajesh, J                    |
| 1                  | <i>Design for Six Sigma</i>                                                                                                                        | Quinn, D.                               |
| 1                  | <i>Methods of Multivariate Analysis</i>                                                                                                            | Rencher, AC                             |
| 1                  | <i>Interpretive Structural Modeling: Methodology for Large-Scale Systems</i>                                                                       | Sage, AP                                |
| 1                  | <i>Design for Six Sigma</i>                                                                                                                        | Taguchi, S                              |
| 1                  | <i>Rath &amp; Strong's Design for Six Sigma pocket guide</i>                                                                                       | Williams, M; Patterson, G; Peterson, K  |

A nível de curiosidade, o livro sobre SS mais citado foi publicado por Breyfogle III (2003) e foi referenciado em 15 dos 57 artigos. Já dentre os 353 classificados como outros, Phadke (1989) publicou o livro mais citado, que apareceu em 12 dos 120 artigos.

A listagem completa desses livros pode ser vista no APÊNDICE C – Lista de livros citados pelos periódicos acessados. Neste apêndice, os livros estão separados por artigo e foram coloridos de acordo com o tema principal: DFSS em azul, SS em verde e outros temas, que vão desde engenharia da qualidade até metodologia científica, experimentação, marketing ou educação, em vermelho.

### **2.2.3 Análises quantitativas dos artigos e o Estado da Arte do DFSS**

Para Koch *et al.* (2004), o que impulsiona a busca por melhorias na indústria é garantir não apenas que a produção ocorra conforme o planejado, mas que ela ocorra consistentemente conforme o planejado.

A Motorola desenvolveu o programa SS no fim dos anos 1980 como uma resposta à demanda de qualidade em seus produtos (MONTGOMERY, 2010). Desde então, o SS inundou as indústrias enquanto iniciativa de melhoria da qualidade (GOH, 2010). O principal benefício de um programa SS é a eliminação da subjetividade no processo de tomada de decisão, ao criar um sistema no qual todos da organização coletam, analisam, armazenam e utilizam os dados de maneira consistente (KUMAR *et al.*, 2011).

Diversas tendências do SS emergiram desde então, incluindo a globalização, a expansão contínua para todos os aspectos da economia, especialmente saúde e finanças, a evolução do conjunto de ferramentas utilizado nos projetos, além do desenvolvimento e da padronização do DFSS (HOERL, 2004).

Sabe-se que melhorar um produto em sua fase de planejamento é muito menos custoso (HE *et al.*, 2009), mais fácil e mais controlável (JAHANZAIB *et al.*, 2013) do que tentar fazer melhorias mais tarde no processo, por exemplo, durante a fase de produção ou após o lançamento do produto ou serviço. Além disso, as melhorias em sistemas convencionais eram muitas vezes limitadas por decisões tomadas no planejamento inicial. Esses fatos motivaram a busca por um sistema proativo e esquemático para o desenvolvimento de produtos que visasse a qualidade SS desde a origem, surgindo assim o *Design for Six Sigma* (DFSS).

A relação entre SS e DFSS é bem forte inclusive na literatura. Dos 120 artigos que os autores tiveram acesso integral ao texto, 100 fazem referência ao SS enquanto metodologia, origem do DFSS ou padrão de qualidade almejado, enquanto apenas 20 não mencionam esta

relação e tratam o DFSS como um assunto novo.

Apesar dessa forte relação, SS e DFSS não são iguais. É bem disseminado na literatura que, enquanto esforços SS são focados na melhoria de processos existentes, esforços DFSS focam no desenvolvimento de novos produtos e serviços ou no *re-design* daqueles que já existem (HASSAN *et al.*, 2016; GOH, 2011; MONTGOMERY, 2010; KOVACH *et al.*, 2005, TREICHLER *et al.*, 2002).

O DFSS foi de fato pensado para ser uma ferramenta apropriada para o desenvolvimento de um processo novo ou o *re-design* de um processo existente, a expectativa era que conseguisse facilmente absorver alterações que surgissem no futuro usando o SS (KAPLAN *et al.*, 2009).

Para Johnson (2002), SS envolve a descoberta e a solução de problemas em processos existentes enquanto DFSS envolve o desenvolvimento de processos sem erro uma vez que consertar problemas não vai mais melhorar o desempenho. Kovach *et al.* (2005) enfatizam ainda que SS é uma ferramenta de reação, que responde a situações fora de controle durante o processo, enquanto DFSS é uma ferramenta proativa, pois é integrada muito antes na vida do processo / produto e consequentemente acarreta níveis de satisfação do cliente e lucros maiores.

Watson e Deyong (2010) afirmam que quando o SS não pode mais gerar melhorias e mais capacidade é desejável para o processo, então o DFSS é requerido mas, na verdade, em aplicações reais nem sempre é claro qual das duas metodologias deve ser usada (CRONEMYR, 2007). Smith e Phadke (2005), por exemplo, usaram SS em seu trabalho porque já haviam começado a produção, mas alegam que muitos problemas poderiam ter sido evitados se tivessem optado pelo DFSS.

Em outras palavras, DFSS não é considerado uma metodologia para solucionar problemas, mas, ao invés disso, uma forma de garantir de maneira preventiva a qualidade durante o desenvolvimento (HASENKAMP e ÖLME, 2008). Os benefícios de implementar projetos DFSS são tipicamente em termos de redução de erros, economia de gastos ou prevenção de desperdício (KAPLAN *et al.*, 2009).

Quando o DFSS deve virar uma prioridade com relação às outras metodologias de melhoria contínua era um problema controverso e não bem documentado na literatura segundo Bañuelas e Antony (2003), e permanece assim ainda em 2016.

DFSS pode também ser visto como uma forma efetiva de obter níveis 6 $\sigma$  de qualidade (3,4 defeitos por milhão de oportunidades – DPMO) e evitar problemas futuros na produção ou com o serviço (BAÑUELAS e ANTONY, 2003). Segundo Antony e Coronado (2002), DFSS é a única maneira de alcançar todos os benefícios do SS, ultrapassando a barreira do 5 $\sigma$  (233 DPMO) que normalmente segura e limita os projetos SS.

Koziolek e Derlukiewicz (2012) também enfatizam em seu trabalho a grande dificuldade em ultrapassar a barreira de  $5\sigma$ . No entanto, para Cronemyr (2007), uma metáfora mais interessante seria considerar o SS e o DFSS sendo usados de maneira complementar para “penetrar a barreira do  $5\sigma$ ”, ao invés de coloca-los em lados opostos da barreira.

Em projetos DFSS, o nível sigma pode e deve ser cuidadosamente previsto pelos projetistas, considerando a importância e o custo dos produtos. Recomenda-se, no entanto, cautela na escolha do alvo pois, segundo Li *et al.* (2006), aumentando o nível sigma do processo, o custo do projeto ou da produção podem aumentar também.

Para Gremyr (2005), os critérios mais comuns para a escolha de projetos DFSS são áreas historicamente problemáticas ou áreas estrategicamente importantes nas empresas. A função dos *champions* é garantir que os projetos certos estejam sendo identificados e colocados em prática, que os times estejam progredindo bem e que os recursos necessários estejam disponíveis para a finalização bem sucedida dos projetos (MONTGOMERY, 2010).

Projetos DFSS usualmente demoram mais para serem concluídos mas também têm maior impacto (YANG, 2005). Diferente do SS que requer uma equipe pequena e focada, DFSS e o desenvolvimento de produtos requer uma equipe dedicada, multifuncional e com longo prazo tipicamente incluindo pessoas que exerçam funções administrativas, de marketing, tecnologia, engenharia, manufatura, vendas e outras funções de suporte (LEE e CHANG, 2010).

Segundo Bañuelas e Antony (2003), a análise de custo-benefício é provavelmente a abordagem mais comum usada para avaliar esforços SS, prevendo cenários futuros e realizando comparações financeiras. Para DFSS é mais difícil estabelecer objetivos financeiros, pois a meta é justamente evitar custos (MADER, 2003).

Além disso, o SS é mais fácil ser replicado de uma empresa para outra com pouca ou nenhuma customização no começo, já o DFSS é diferente e exige um grau maior de customização baseada em características específicas da área de atuação, da empresa e do próprio *design* (VARSHAPETIAN e SEMENOVA, 2015).

Outra diferença é que o treinamento em DFSS não deve ser feito em etapas, como ocorre para SS. O processo de desenvolvimento é mais demorado que o de melhoria, desta forma, ao final do treinamento, os funcionários já teriam esquecido o que aprenderam. Uma melhor abordagem é inseri-lo na rotina dos projetos e usar isso como treinamento (MADER, 2003).

Kovach e Fredendall (2015) concluíram que, por causa da relação entre o conhecimento em DFSS e a prática, o treinamento que as equipes recebem sobre DFSS através de aprendizagem colaborativa auxiliam no uso dos procedimentos e das ferramentas em seus projetos reais.

Mesmo o DFSS sendo uma parte significativa do planejamento e desenvolvimento de produtos e serviços, não é um sistema completo de gerenciamento da qualidade (GOH, 2011). Montgomery (2010) defende que a implementação de SS combinado com DFSS e *lean* é a maneira ideal de estruturar um sistema.

No entanto, cabe ressaltar que ferramentas e métodos são auxílios importantes mas não geram automaticamente melhores níveis de qualidade e nem aumentam a satisfação do cliente por si só (HASENKAMP, 2010). Um treinamento de qualidade é extremamente importante pois erros em técnicas estatísticas por causa do uso equivocado pode levar à falta de confiança para aplicações futuras. Isso resulta em um ciclo vicioso destrutivo e na falta de comprometimento na propagação e aplicação destas técnicas (GOH e LAM, 2010).

A última das quinze lições aprendidas sobre DFSS e enumeradas por Treichler *et al.* (2002) para evitar armadilhas diz respeito à cultura da engenharia que deve mudar para que a implementação seja bem sucedida e uma mudança cultural é um esforço de longo prazo que normalmente não é muito bem aceito por engenheiros.

Não se deve, por exemplo, apenas falar aos engenheiros que o processo que eles têm trabalhado por 10 anos será descontinuado e substituído por DFSS. É preciso que as entregas do DFSS sejam integradas às entregas do atual processo de desenvolvimento e pedir que sejam providenciadas em conjunto (MADER, 2003).

Johnson (2002) previu que SS e DFSS não trariam vantagem competitiva diferenciada a longo prazo, seriam simplesmente parte integrante da maneira que as empresas sobreviventes operariam. Quase 15 anos após essa pesquisa, mesmo com a ascensão da quantidade de implementação e de treinamentos requisitados, ainda restam pontos a serem trabalhados, revelando inúmeras possibilidades para a pesquisa.

A General Electric (GE) afirma ter sido a primeira empresa a desenvolver e aplicar os conceitos de DFSS no fim dos anos 90 e, em seguida, disseminou em todas as suas unidades de negócio (ANTONY e CORONADO, 2002). Ainda hoje, o DFSS é visto como uma abordagem nova para o desenvolvimento de produtos e como uma tendência que segue a implementação de modelos como referência (ECHEVESTE *et al.*, 2016).

As publicações a respeito de DFSS surgiram nas bases de dados WOS e Scopus a partir dos anos 2000. A Figura 2.2 mostra uma visão geral dos artigos publicados em revistas e conferências a cada ano, somando os 334 artigos resultantes na pesquisa.

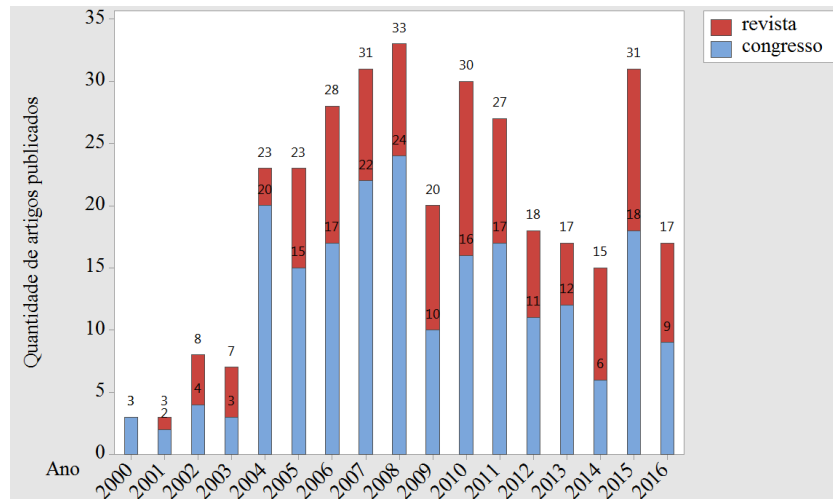


Figura 2.2 - Número de artigos publicados em revistas ou congressos em cada ano

Na Figura 2.2, os valores mostrados na parte superior das barras mostram a quantidade de artigos publicados a cada ano, os valores inferiores mostram quantos destes artigos foram publicados em congressos. A quantidade de artigos publicados em revista pode ser calculada pela subtração dos valores.

A Tabela 2.1 traz uma lista com as cinco revistas que mais publicaram sobre esse tema, acompanhadas da quantidade de artigos publicados por cada uma, do fator de impacto considerado na base WOS (JCR), do fator de impacto considerado na base Scopus (SJR), da base à qual a revista pertence, e do fator de impacto Qualis CAPES para o grupo Engenharias III. As demais revistas podem ser consultadas no APÊNDICE A deste trabalho.

Tabela 2.1 - Lista das cinco revistas que mais publicaram artigos sobre DFSS

| Número de artigos | Revista                                                             | JCR   | SJR   | Base         | Qualis CAPES |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------|-------|-------|--------------|--------------|
| 23                | <i>International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage</i> |       | 0,14  | Scopus       |              |
| 7                 | <i>International Journal of Product Development</i>                 |       | 0,175 | Scopus       | B3           |
| 6                 | <i>Quality and Reliability Engineering International</i>            | 1,457 | 1,3   | WOS e Scopus | B1           |
| 5                 | <i>International Journal of Productivity and Quality Management</i> |       | 0,376 | Scopus       |              |
| 5                 | <i>Quality Engineering</i>                                          | 0,883 | 0,58  | WOS e Scopus | B1           |

As revistas com maior fator de impacto em cada base, que publicaram sobre o tema, são: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (JCR = 6,798) que não possui Qualis para Engenharias III e *IEEE Transactions on Industrial Electronics* (SJR= 3,285) que possui Qualis

A1 para Engenharias III.

A nível de curiosidade, foi realizado um teste do tipo t pareado comparando número de citações dos artigos e o fator de impacto das revistas para cada base. Com um  $P\text{-Value}=0,001$  para WOS e um  $P\text{-Value}=0,000$  para Scopus, não se pode afirmar que há relação entre citação e fator de impacto neste conjunto de dados. Isso quer dizer que um artigo publicado em uma revista de alto fator de impacto, não necessariamente teve muitas citações ou vice e versa.

A Tabela 2.2 e a Tabela 2.3 trazem listas com os cinco artigos que mais foram citados dentre os 334 na base WOS e na base Scopus, respectivamente, mostrando os autores, o título, o ano de publicação, o nome da fonte (congresso ou revista), o JCR, o SJR, as citações, a base, representada por “W” se WOS, “S” se Scopus e “b” se ambas, e o fator Qualis CAPES para Engenharias III.

Tabela 2.2 - Lista dos cinco artigos sobre DFSS que mais foram citados na base WOS

|     | <b>Autores</b>                                                                | <b>Título</b>                                                                                 | <b>Ano</b> | <b>Nome da fonte</b>                                              | <b>JCR</b> | <b>Citação WOS</b> | <b>SJR</b> | <b>Citação Scopus</b> | <b>Base</b> | <b>Qualis CAPES</b> |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------|------------|--------------------|------------|-----------------------|-------------|---------------------|
| WOS | Koch, PN;<br>Yang, RJ;<br>Gu, L                                               | <i>Design for six sigma through robust optimization</i>                                       | 2004       | <i>Structural and Multidisciplinary Optimization</i>              | 2,208      | 85                 | 1,603      | 126                   | b           | A2                  |
|     | Lei, G;<br>Wang, T;<br>Zhu, J;<br>Guo, Y;<br>Wang, S                          | <i>System-Level Design Optimization Method for Electrical Drive Systems - Robust Approach</i> | 2015       | <i>IEEE Transactions on Industrial Electronics</i>                | 6,383      | 30                 | 3,285      | 33                    | b           | A1                  |
|     | Treichler, D;<br>Carmichael, R;<br>Kusmanoff, A;<br>Lewis, J;<br>Berthiez, G  | <i>Design for six sigma: 15 lessons learned</i>                                               | 2002       | <i>Quality Progress</i>                                           | 0,146      | 18                 | 0,135      | 50                    | b           |                     |
|     | Li, YQ;<br>Cui, ZS;<br>Ruan, XY;<br>Zhang, DJ                                 | <i>CAE-Based Six Sigma robust optimization for deep- drawing process of sheet metal</i>       | 2006       | <i>International Journal of Advanced Manufacturing Technology</i> | 1,568      | 16                 | 0,915      | 23                    | b           | B1                  |
|     | Meng, X;<br>Wang, S;<br>Qiu, J;<br>Zhang, Q;<br>Zhu, JG;<br>Guo, Y;<br>Liu, D | <i>Robust multilevel optimization of PMSM using Design for Six Sigma</i>                      | 2011       | <i>IEEE Transactions on Magnetics</i>                             | 1,277      | 13                 | 1,3        | 24                    | b           | B1                  |

Tabela 2.3 - Lista dos cinco artigos sobre DFSS que mais foram citados na base Scopus

|        | <b>Autores</b>                                                               | <b>Título</b>                                                                                              | <b>Ano</b> | <b>Nome da fonte</b>                                                | <b>JCR</b> | <b>Citação WOS</b> | <b>SJR</b> | <b>Citação Scopus</b> | <b>Base</b> | <b>Qualis CAPES</b> |
|--------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------------------------|------------|--------------------|------------|-----------------------|-------------|---------------------|
| Scopus | Koch, PN;<br>Yang, RJ;<br>Gu, L                                              | <i>Design for six sigma through robust optimization</i>                                                    | 2004       | <i>Structural and Multidisciplinary Optimization</i>                | 2,208      | 85                 | 1,603      | 126                   | b           | A2                  |
|        | Bañuelas, R;<br>Antony, J                                                    | <i>Going from six sigma to design for six sigma: An exploratory study using analytic hierarchy process</i> | 2003       | <i>TQM Magazine</i>                                                 |            |                    |            | 68                    | S           |                     |
|        | Treichler, D;<br>Carmichael, R;<br>Kusmanoff, A;<br>Lewis, J;<br>Berthiez, G | <i>Design for six sigma: 15 lessons learned</i>                                                            | 2002       | <i>Quality Progress</i>                                             | 0,146      | 18                 | 0,135      | 50                    | b           |                     |
|        | Hoerl, R                                                                     | <i>One perspective on the future of Six-Sigma</i>                                                          | 2004       | <i>International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage</i> |            |                    | 0,14       | 48                    | S           |                     |
|        | Lei, G;<br>Wang, T;<br>Zhu, J;<br>Guo, Y;<br>Wang, S                         | <i>System-Level Design Optimization Method for Electrical Drive Systems - Robust Approach</i>              | 2015       | <i>IEEE Transactions on Industrial Electronics</i>                  | 6,383      | 30                 | 3,285      | 33                    | b           | A1                  |

Na Tabela 2.2, três dos cinco artigos mais citados são repetidos na Tabela 2.3, mostrando consistência nos artigos mais citados em ambas as bases. Os outros dois artigos mais citados na base Scopus (na Tabela 2.3) aparecem apenas nesta base e, talvez, esse seja o motivo de não serem também os mais citados na WOS.

Apenas dois dos seis artigos classificados como A (A1 ou A2) de acordo com o fator de impacto Qualis da CAPES aparecem na lista dos mais citados em cada base de dados. A lista dos seis artigos classificados como A é mostrada na Tabela 2.4.

Tabela 2.4 - Lista dos seis artigos classificados como A (A1 ou A2) no Qualis CAPES para Engenharias III

| <b>Autores</b>                                             | <b>Título</b>                                                                                          | <b>Ano</b> | <b>Nome da fonte</b>                                  | <b>JCR</b> | <b>Citação WOS</b> | <b>SJR</b> | <b>Citação Scopus</b> | <b>Base</b> | <b>Qualis CAPES</b> |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------|------------|--------------------|------------|-----------------------|-------------|---------------------|
| Lei, G;<br>Wang, T;<br>Zhu, J;<br>Guo, Y;<br>Wang, S       | <i>System-Level Design Optimization Method for Electrical Drive Systems - Robust Approach</i>          | 2015       | <i>IEEE Transactions on Industrial Electronics</i>    | 6,383      | 30                 | 3,285      | 33                    | b           | A1                  |
| Aksit, MF;<br>Chupp, RE;<br>Dinc, OS;<br>Demiroglu, M      | <i>Advanced seals for industrial turbine applications: Design approach and static seal development</i> | 2002       | <i>Journal of Propulsion and Power</i>                | 1,134      | 10                 | 0,948      | 16                    | b           | A1                  |
| Amer, Y;<br>Luong, L;<br>Lee, SH                           | <i>Case study: Optimizing order fulfillment in a global retail supply chain</i>                        | 2010       | <i>International Journal of Production Economics</i>  | 2,782      | 6                  | 2,749      | 10                    | b           | A1                  |
| Koch, PN;<br>Yang, RJ;<br>Gu, L                            | <i>Design for six sigma through robust optimization</i>                                                | 2004       | <i>Structural and Multidisciplinary Optimization</i>  | 2,208      | 85                 | 1,603      | 126                   | b           | A2                  |
| Nagalingam, SV;<br>Kuik, SS;<br>Amer, Y                    | <i>Performance measurement of product returns with recovery for sustainable manufacturing</i>          | 2013       | <i>Robotics and Computer-Integrated Manufacturing</i> | 2,077      | 10                 | 1,621      | 15                    | b           | A2                  |
| Ferreira, I;<br>Cabral, JA;<br>Saraiva, P;<br>Oliveira, MC | <i>A multidisciplinary framework to support the design of injection mold tools</i>                     | 2014       | <i>Structural and Multidisciplinary Optimization</i>  | 2,208      | 1                  | 1,603      | 4                     | b           | A2                  |

Na Figura 2.3 são listados os autores que publicaram mais de um artigo sobre DFSS nos 125 artigos publicados em revistas. Com destaque para Jamison V. Kovach que publicou sete artigos como autora ou co-autora e para Yousef Amer, Ida Gremyr, Youguang Guo e Jianguo Zhu que publicaram quatro artigos cada, também como autores ou co-autores.

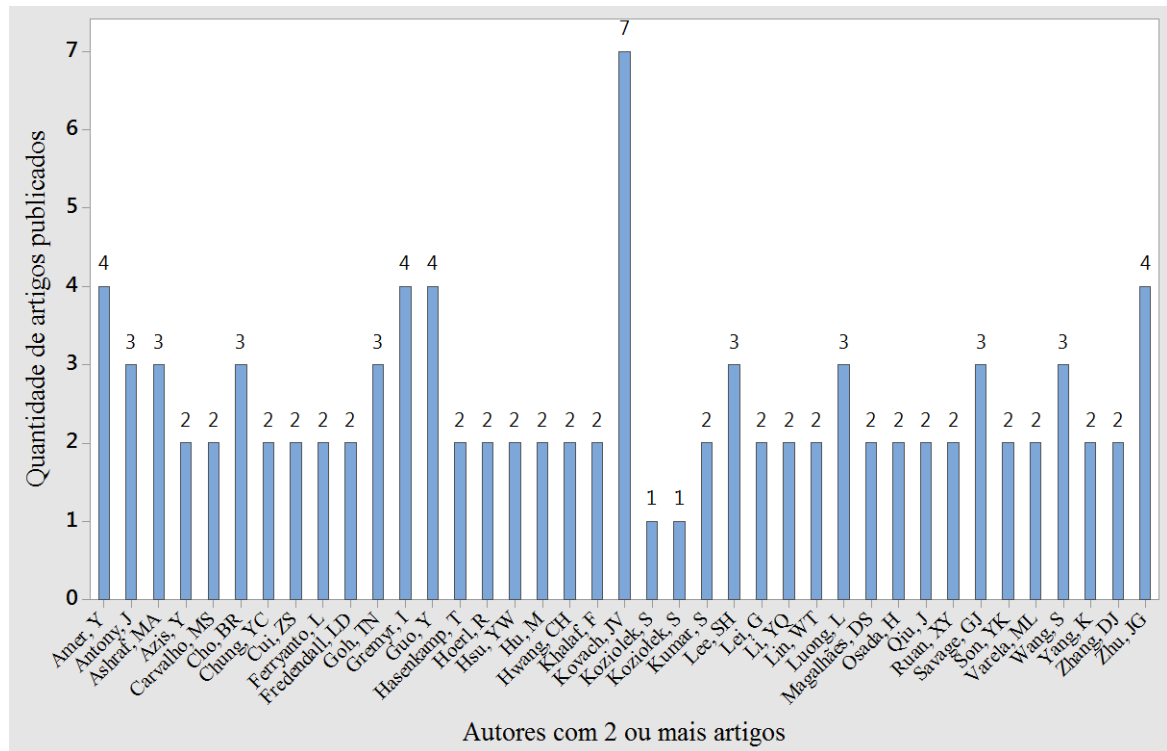


Figura 2.3 - Número de artigos publicados por autor com mais de uma publicação

Dentre os 125 artigos sobre DFSS publicados em revistas, 120 foram acessados integralmente e classificados com relação à abordagem utilizada na pesquisa. A Figura 2.4 mostra o resultado dessa classificação.

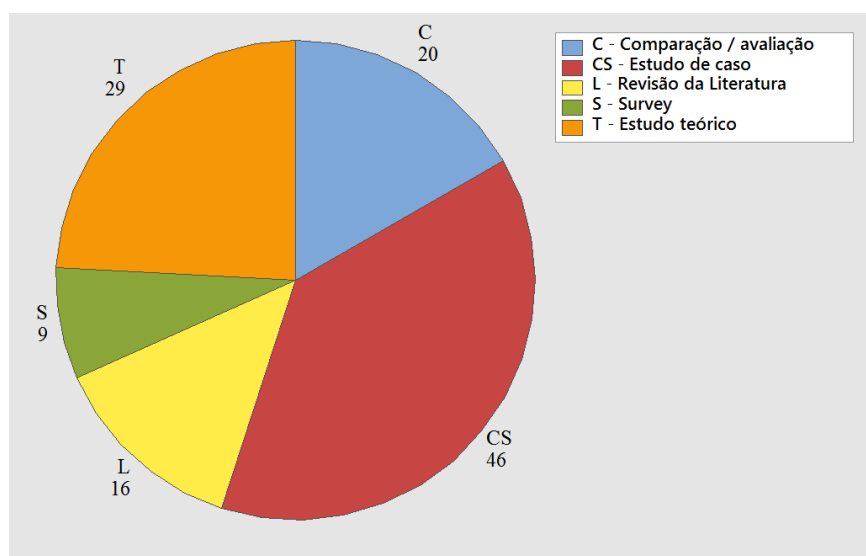


Figura 2.4 - Artigos classificados quanto à abordagem da pesquisa

O DFSS tem sido aplicado com sucesso em diversas áreas tais como finanças, saúde, educação, revenda e construção (AZIS e OSADA, 2011). A Figura 2.5 mostra em um gráfico de barras as áreas de implementação do DFSS nos 120 artigos analisados em detalhes. A Figura

2.6 mostra ainda o setor de implementação citado citados nesses artigos e classificado como manufatura, serviços ou ambos.

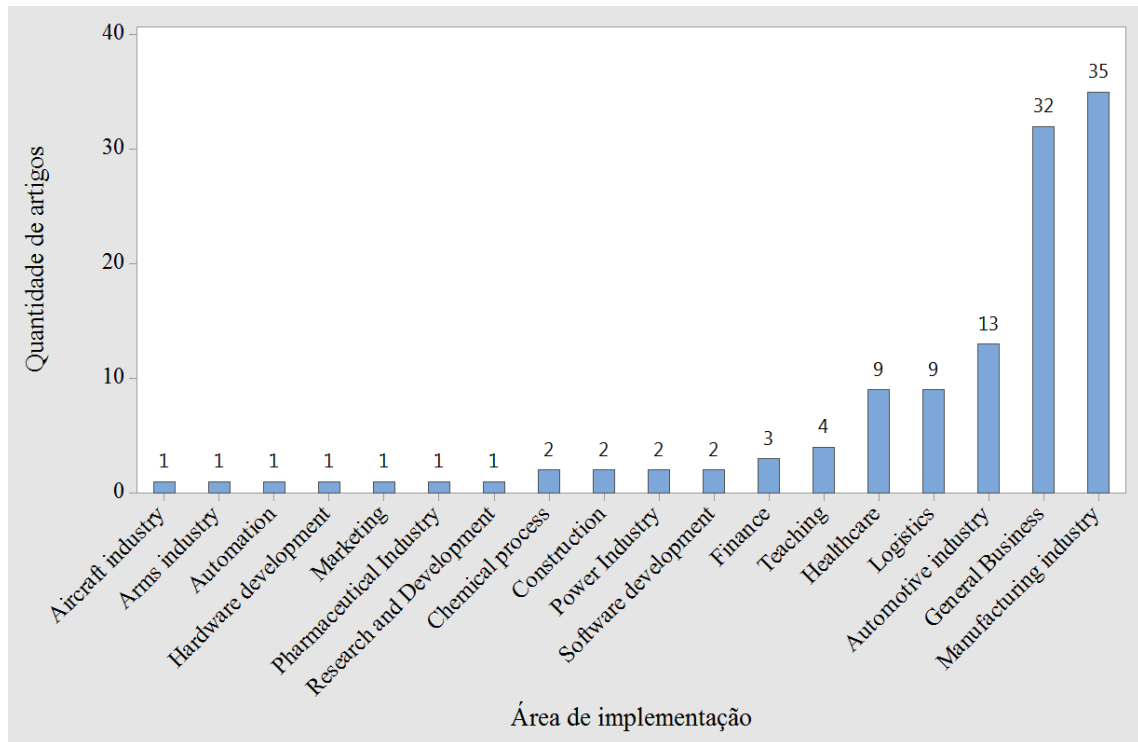


Figura 2.5 - Áreas de implementação do DFSS descritas na literatura acessada

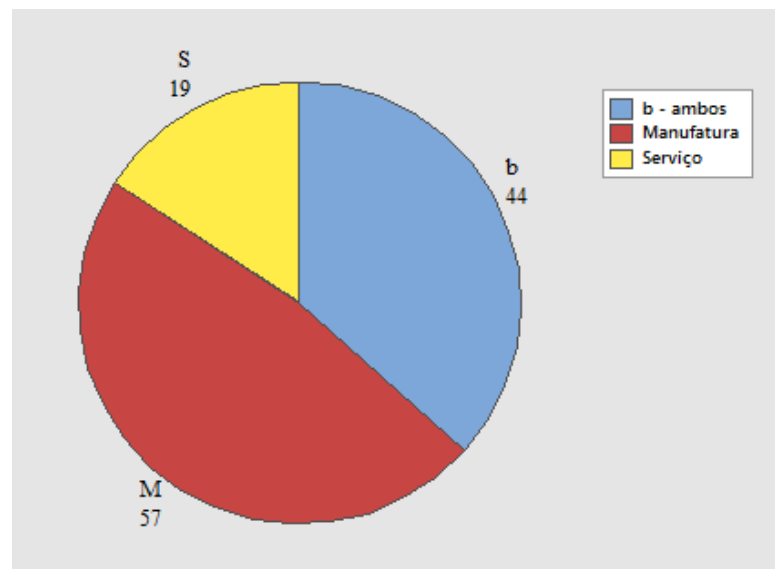


Figura 2.6 - Setor de implementação do DFSS citado nos artigos

Hariharan (2013) classifica os projetos SS em três tipos: melhoria da qualidade (do inglês, *quality improvement*), economia de custo (do inglês, *cost savings*), ou aumento do lucro (do inglês, *revenue enhancement*). Kovach e Cho (2008) afirmam que o objetivo atual do DFSS é aumentar o lucro de uma organização a partir do desenvolvimento de um planejamento superior

para o produto.

Os 120 artigos sobre DFSS acessados integralmente foram também classificados tendo por base essa classificação dos tipos de projetos SS. Dos 120 artigos, a maioria (59) considera os projetos DFSS como projetos para melhoria da qualidade (QuI) do produto, processo ou serviço. Os outros artigos foram classificados como aumento do lucro (ReE), economia de custos (CoS), ou ainda de uma combinação dos três tipos, conforme mostra a Figura 2.7.

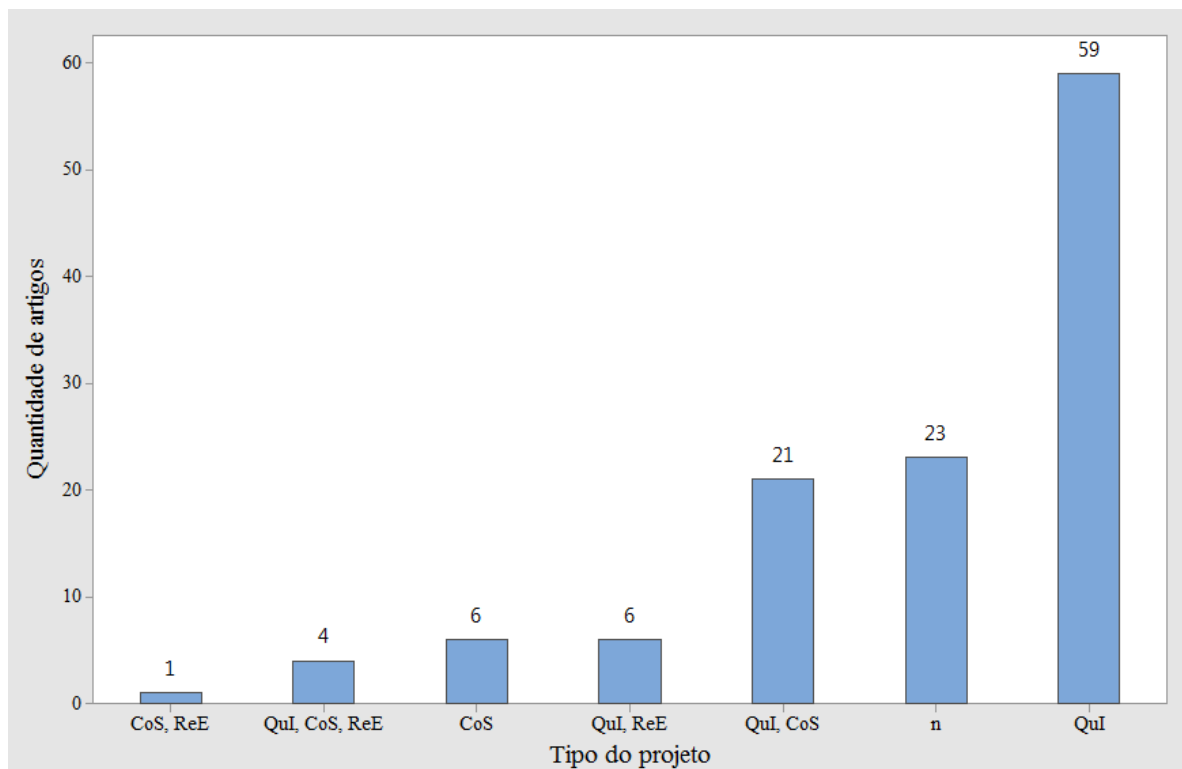


Figura 2.7 - Classificação do tipo do projeto DFSS: melhoria da qualidade (QuI), economia de custos (CoS), aumento do lucro (ReE) ou não foi citado (n)

Ainda na Figura 2.7, 23 artigos não classificaram o tipo do projeto (n) seguindo estes parâmetros, mas a ideia de focar o projeto DFSS na satisfação do cliente foi apontada em 105 dos 120 artigos lidos, ou seja, essa característica mostrou-se muito mais importante para os autores dos artigos sobre DFSS do que melhorar a qualidade, reduzir custos ou aumentar o lucro.

Após levantamento de dados em diferentes empresas de manufatura, Chung e Hsu (2010) concluíram que atividades relacionadas a DFSS têm um efeito positivo no desempenho do desenvolvimento de novos produtos. No entanto, Riley *et al.* (2013) enfatizam a necessidade de investigação para melhor compreender quais fatores têm mais impacto no sucesso dos projetos, principalmente no setor de serviços.

Alguns dos 120 artigos resultantes das buscas sistemáticas nas bases de dados citaram no texto o nome das empresas onde as iniciativas DFSS foram ou têm sido implementadas, confirmando toda essa diversidade de áreas de atuação apontadas na literatura, são elas:

- AGCO – Equipamentos agrícolas (ECHEVESTE *et al.*, 2016);
- Allied Signal (AMER *et al.*, 2010a; AMER *et al.*, 2010b; LEE e CHANG, 2010; CHAKRAVORTY e FRANZA, 2009; AMER *et al.*, 2007);
- American Express® (AZIS e OSADA, 2011);
- Bank of America (AZIS e OSADA, 2011);
- Bosch Group (CARVALHO *et al.*, 2016; MAGALHÃES *et al.*, 2015);
- Caterpillar Financial Services Corporation (AZIS e OSADA, 2011);
- Chang Gung Medical Center (WANG *et al.*, 2014);
- Cooley Dickinson Hospital (KAPLAN *et al.*, 2009);
- Delphi Automotive (WANG *et al.*, 2014; CHAKRAVORTY e FRANZA, 2009; CHUNG *et al.*, 2008; SHAHIN, 2008);
- Dow Chemical (CHUNG *et al.*, 2008; SHAHIN, 2008);
- Ford Motor Company (CHAKRAVORTY e FRANZA, 2009; SHAHIN, 2008; FERRYANTO, 2007; ERLANDSON, 2006; GERHORST *et al.*, 2006; KALAMDANI e KHALAF, 2006; HU e PIEPRZAK, 2005);
- General Electric (GE) (GREMYR *et al.*, 2012; MENG *et al.*, 2011; AMER *et al.*, 2010a; AMER *et al.*, 2010b; LEE e CHANG, 2010; CHAKRAVORTY e FRANZA, 2009; GRANT e MERGEN, 2009; CHUNG *et al.*, 2008; LIU *et al.*, 2008; SHAHIN, 2008; AMER *et al.*, 2007; CRONEMYR, 2007; PATTERSON *et al.*, 2005; HOERL, 2004; AKSIT *et al.*, 2002; ANTONY e CORONADO, 2002; TREICHLER *et al.*, 2002);
- GE Financial Services (AZIS e OSADA, 2011);
- GE Healthcare (AZIS e OSADA, 2013);
- General Motors (PYLE e LIKER, 2014; CHAKRAVORTY e FRANZA, 2009);
- Heartland Health (AZIS e OSADA, 2013);
- 
- Honeywell (AMER *et al.*, 2010a; AMER *et al.*, 2010b; LEE e CHANG, 2010; AMER *et al.*, 2007; GRAVES, 2003);
- Mark & Spencer Money (AZIS e OSADA, 2011);
- Motorola (AMER *et al.*, 2010a; AMER *et al.*, 2010b; LEE e CHANG, 2010;

- SHAHIN, 2008; AMER *et al.*, 2007; GREMYR, 2005);
- NCR Corporation (CHUNG *et al.*, 2008; SHAHIN, 2008);
  - Nuovo Pignone (BONGINI *et al.*, 2001);
  - Pendleton Group (TREICHLER *et al.*, 2002);
  - Quest Diagnostics (AZIS e OSADA, 2013);
  - Raytheon (QURESHI e ASHRAF, 2011; CHAKRAVORTY e FRANZA, 2009);
  - Samsung (YANG e CAI, 2009; PARK e GIL, 2006);
  - Samsung SDI (SHAHIN, 2008);
  - Seagate (AMER *et al.*, 2010a; AMER *et al.*, 2010b; LEE e CHANG, 2010; AMER *et al.*, 2007);
  - Sharp Healthcare (AZIS e OSADA, 2013);
  - Siemens (CRONEMYR, 2007);
  - SKF (HASENKAMP e ÖLME, 2008);
  - Tenneco (CHAKRAVORTY e FRANZA, 2009);
  - The University of Miami (JOHNSON *et al.*, 2006);
  - Virtua Health (AZIS e OSADA, 2013);
  - WABCO Freios Brasil (ECHEVESTE *et al.*, 2016);
  - W.R. Grace (CHUNG e HSU, 2010; CHAKRAVORTY e FRANZA, 2009; CHUNG *et al.*, 2008; SHAHIN, 2008).

Uma preocupação frequente de grande parte das empresas ao considerar a adoção de novas estratégias diz respeito à necessidade de aquisição de *software* pois muitas vezes o investimento é alto e este acaba sub ou mal utilizado. Os *softwares* citados nos 120 artigos de revista que resultaram da busca na literatura são:

- Abaqus (FERREIRA *et al.*, 2014; RAFIQUE, 2013);
- Arena (WANG *et al.*, 2014; MANDAHAWI *et al.*, 2010);
- CAD (HASSAN *et al.*, 2016; ECHEVESTE *et al.*, 2016);
- Crystal Ball (AWAD *et al.*, 2009);
- Crystal Ball / OptQuest (JAHANZAIB *et al.*, 2013);
- Design-Expert® (KOVACH e CHO, 2006);
- FlexSim (LIN *et al.*, 2012);
- JMP (GOH, 2010; KOVACH e CHO, 2006);
- MAGMA (KALAMDANI e KHALAF, 2006);

- MATLAB® (AMER *et al.*, 2010a; AMER *et al.*, 2010b; SAVAGE e SON, 2008; SAVAGE, 2007; KOVACH e CHO, 2006);
- MATLAB® / Simulink (LEI *et al.*, 2014; SUN *et al.*, 2006);
- Microsoft Excel (MITCHELL e KOVACH, 2016; FERREIRA *et al.*, 2014; WANG *et al.*, 2014; JAHANZAIB *et al.*, 2013; BARIL *et al.*, 2011; GOH e LAM, 2010; SUN *et al.*, 2006);
- Microsoft Excel / SDI Tools (FERRYANTO, 2015);
- Microsoft Excel / Solver (FERRYANTO, 2015);
- Minitab (ECHEVESTE *et al.*, 2016; FERRYANTO, 2015; FERREIRA *et al.*, 2014; RAFIQUE, 2013; GOH, 2011; GOH, 2010; GOH e LAM, 2010; AGGOGERI *et al.*, 2009; AWAD *et al.*, 2009; AL-AOMAR, 2006; KALAMDANI e KHALAF, 2006; KOVACH e CHO, 2006);
- ModeFRONTIER (FERREIRA *et al.*, 2014);
- Moldflow (FERREIRA *et al.*, 2014);
- MS Project (ECHEVESTE *et al.*, 2016);
- Pro-Engineer (ECHEVESTE *et al.*, 2016; RAFIQUE, 2013);
- ProModel (MANDAHAWI *et al.*, 2010);
- RecurDyn (AWAD *et al.*, 2009);
- Sharepoint (MITCHELL e KOVACH, 2016);
- SmarTeam (JOU *et al.*, 2010);
- SolidWorks (HASSAN *et al.*, 2016; FERREIRA *et al.*, 2014).

Assim como os cientistas aos quais Johnson (2002) se refere em sua pesquisa, os engenheiros tendem a resistir às novidades até que haja um modelo a ser seguido, mas enquanto SS é amplamente conhecido pelo acrônimo DMAIC (do inglês, *Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), o DFSS não tem um roteiro, uma metodologia, uma abordagem ou um acrônimo padrão bem definido a ser seguido (AZIS e OSADA, 2013; HASENKAMP, 2010; SHAHIN, 2008; GREMYR, 2005; KOVACH *et al.*, 2005; MADER, 2003; ANTONY e CORONADO, 2002).

Watson e DeYong (2010) discutiram em seu trabalho a variedade de roteiros DFSS implementados nos últimos 10 anos e concluíram que não havia consenso sobre um padrão a ser adotado. No trabalho de Ericsson *et al.* (2014), por exemplo, mesmo com todas as organizações estudadas adotando DFSS na mesma área de atuação, os roteiros de

implementação escolhidos foram diferentes.

Na revisão da literatura realizada para este trabalho, diferentes roteiros foram descritos, citados ou seguidos nas implementações e, ainda, nenhum padrão foi encontrado. Houve 52 menções ao DMADV, mas dado a enorme variedade de roteiros, e a quantidade de artigos que sequer citou um roteiro dada por “n” (31 artigos), é válido afirmar que não existe um roteiro padrão. Esses dados estão dispostos em forma de pizza na Figura 2.8.

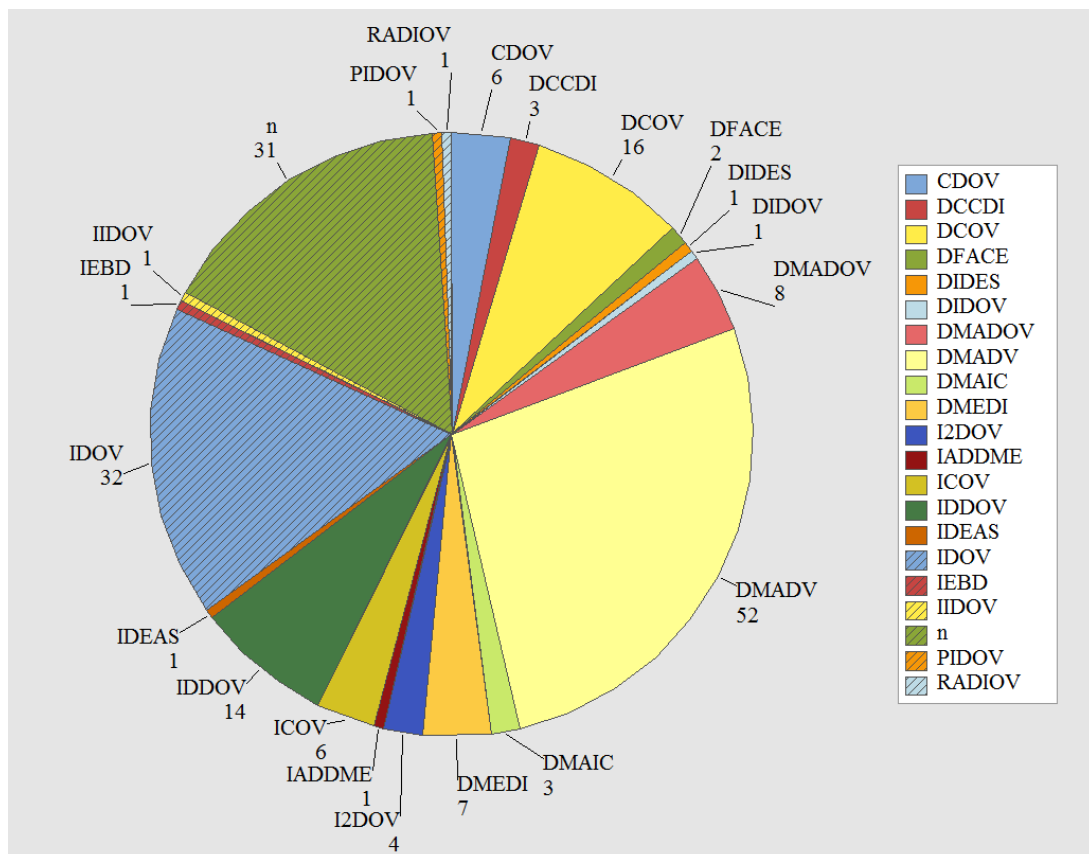


Figura 2.8 - Roteiros citados ou implementados nos artigos resultantes da busca nas bases de dados

Os roteiros existentes para DFSS como um todo podem ser resumidos como integrações sistemáticas de ferramentas, métodos, processos e membros da equipe voltados para o desenvolvimento de novos produtos, serviços ou processos (AZIS e OSADA, 2011). No entanto, Shatin (2008) enfatiza que muitas dessas ferramentas dependem de um nível de entendimento e treinamento avançados, podendo ser um empecilho para a implementação.

Uma metodologia clara e sistemática para o DFSS ajudaria a superar as dificuldades na implementação e isso diminuiria a percepção errada e a resistência, ao mesmo tempo que aumentaria a eficácia da comunicação entre os membros da equipe (AZIS e OSADA, 2013).

Kannengiesser e Gero (2015) consideram o planejamento um ato similar independente do

domínio de aplicação, no sentido de que todos têm a mesma compreensão dele mesmo que usem termos diferentes para descrevê-lo.

Assim, apesar da diferença nos nomes das abordagens diversas que as organizações têm adotado, estas compartilham das mesmas estratégias e ferramentas para promover um objetivo comum: criar uma cultura de desenvolvimento de produtos orientada pelos dados (SHAHIN, 2008). Além disso, mesmo que as metodologias para desenvolver projetos DFSS variem, alguns princípios intrínsecos são comuns, por exemplo, a importância de começar com um problema bem definido e concluir com um passo de verificação (GREMYR, 2005).

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma metodologia para facilitar e aproximar da prática a implementação do DFSS que vem sendo testada nos últimos anos em empresas brasileiras de manufatura e também no setor de serviços.

Essa abordagem para DFSS usando ferramentas associadas ao QFD irá amenizar um dos maiores limitantes da implementação plena do DFSS na prática: a necessidade de praticantes com conhecimentos avançados em estatística e em ferramentas *lean* para definir quais usar e como adaptá-las para cada projeto em particular.

#### **2.2.4 Pontos críticos, vantagens e desvantagens do DFSS**

Dos 120 artigos de revistas acessados pelos autores, 75 descrevem implementações do DFSS e apenas uma delas não foi bem-sucedida. Dentre os 75 artigos, três dizem claramente ter implementado o DFSS mas descrevem os passos de um projeto SS (KUMAR *et al.*, 2011; SMITH e PHADKE, 2005; KIM *et al.*, 2003).

Os fatores críticos para o sucesso do DFSS apontados pelos artigos que descreveram implementações foram agrupados como foco, infraestrutura, *background*, equipe, linguagem, metodologia e ferramentas. Esses fatores estão listados a seguir:

- **Foco**
  - O processo de desenvolvimento e os valores do produto / serviço são definidos, otimizados e priorizados visando o cliente. Isso ocorre já no início do planejamento e os clientes são mantidos envolvidos também durante o processo (ALVAREZ, 2015; AZIS e OSADA, 2011; GERHORST *et al.*, 2006; NEAGU e HOERL, 2005; JOHNSON, 2002);
  - Forte ênfase na Voz do Cliente. Considerando realmente suas necessidades, não só as da equipe de *design* (RILEY *et al.*, 2013);
  - Estabelecimento de pesos certos para guiar as decisões dos gerentes

(KOZIOLEK e DERLUKIEWICZ, 2012);

- Identificar ou definir claramente o objetivo, os problemas e os dados a serem coletados, bem como a voz do cliente, fazendo com que as outras etapas ocorram de maneira mais suave (SUFFIAN e IBRAHIM, 2012; CHAKRAVORTY e FRANZA, 2009);
- Focar na melhoria contínua e manter uma ampla margem para ela (CARVALHO *et al.*, 2016; MAGALHÃES *et al.*, 2015; JOU *et al.*, 2010).

- **Infraestrutura**

- Uso de recursos computacionais, internet e e-comércio (FERREIRA *et al.*, 2014; AZIS e OSADA, 2011);
- Material didático e de suporte, com lista para checagem (HASENKAMP e ÖLME, 2008).

- **Background**

- Existência de um processo bem documentado para usar como guia ou treinamento, com procedimentos claros, bem documentados e úteis para o desenvolvimento de novos produtos e processos (WANG *et al.*, 2016; KAPLAN *et al.*, 2009);
- Ambiente de aprendizagem colaborativa incentivado pelos pesquisadores (LUCAS *et al.*, 2015);
- Bastante aceitação do público alvo (MAGALHÃES *et al.*, 2015);
- Conhecimento ou exposição prévia em SS (GREMYR e ELG, 2014; YEUNG, 2014);
- Incorporar o DFSS na cultura da empresa, não apenas copiar outras implementações (PYLE e LIKER, 2014);
- Seleção de projetos bem seletiva, padronizada e alinhada com o desenvolvimento de produtos (GERHORST *et al.*, 2006; JOHNSON, 2002);
- Compreender a física envolvida na transformação da matéria-prima no produto final (KALAMDANI e KHALAF, 2006).

- **Equipe**

- Apoio dos líderes *seniors*, envolvimento dos gerentes, comprometimento e

liderança vindos de cargos superiores foram diferentes maneiras de relatar o apoio da alta gerência (LUCAS *et al.*, 2015; KOZIOLEK e DERLUKIEWICZ, 2012; JOHNSON, 2002);

- Indivíduos certos e experientes selecionados para as equipes (LUCAS *et al.*, 2015; AZIS e OSADA, 2011);
- Consultores preocupados com o aprendizado, não apenas em dizer o que fazer (PYLE e LIKER, 2014);
- A demanda do projeto DFSS ter partido do *CEO* e existir forte liderança na alta gerência (WANG *et al.*, 2014);
- Envolvimento crescente da equipe e dos associados (CARVALHO *et al.*, 2016; MAGALHÃES *et al.*, 2015; RILEY *et al.*, 2013);
- O papel do gerente de inovação de processos (HASENKAMP e ÖLME, 2008);
- Equipe com funções e conhecimentos diversificados (RAJAGOPALAN *et al.*, 2007).

- **Linguagem**

- Vocabulário ajustado para o ambiente de serviços (AZIS e OSADA, 2011);
- Uso de linguagem comum (JOHNSON, 2002).

- **Metodologia**

- A metodologia segue um roteiro alinhado com o desenvolvimento de produto, o que traz foco e disciplina (AZIS e OSADA, 2013; RAFIQUE, 2013; NEAGU e HOERL, 2005);
- Simplicidade da abordagem (RILEY *et al.*, 2013);
- A metodologia é sistemática, certificada e possui boas métricas (POTRA e PUGNA, 2015; AZIS e OSADA, 2011; JOHNSON, 2002);
- Adaptar e customizar a metodologia para diferentes projetos (AMER *et al.*, 2010a; AMER *et al.*, 2010b);
- Fazer com que os gerentes sigam uma série de passos experimentais que cobrem aspectos fundamentais para melhoria da qualidade (AGGOGERI *et al.*, 2009);
- Uma abordagem mais proativa para o desenvolvimento de *software* (GRANT e MERGEN, 2009);

- Metodologia a ser desenvolvida bem cedo no ciclo do processo de Desenvolvimento de Produto, nos estágios iniciais do *design* (ERLANDSON, 2006).

- **Ferramentas**

- Uso inovador de ferramentas de qualidade em *marketing* (POTRA e PUGNA, 2015);
- Realização de muitas pesquisas do tipo *survey* e sessões de *brainstorming* (RILEY *et al.*, 2013);
- Usar monitoramento de processo na satisfação do cliente (KOZIOLEK e DERLUKIEWICZ, 2012);
- Uso de simulação (MANDAHAWI *et al.*, 2010; AL-AOMAR, 2006);
- Abordagem combinada de DFSS e *Lean* (CHANG e SU, 2007);
- Documentação de projetos e funções de transferência para acumular conhecimentos na corporação (GERHORST *et al.*, 2006);
- Uso de conceitos de robustez no *design* (HU e PIEPRZAK, 2005);
- Seleção e uso de métricas, ferramentas e técnicas adequadas (GRAVES, 2003; ANTONY e CORONADO, 2002).

Outros artigos considerados na revisão da literatura não descreveram implementações, mas também apontaram pontos críticos do DFSS, levantando novos tópicos ou corroborando com aqueles citados nas implementações, são eles:

- **Pontos críticos apontados nos trabalhos teóricos:**

- A cultura de inovação, o uso de um método para resolução de problemas baseado em ferramentas estatísticas e de qualidade para monitorar os riscos envolvidos no desenvolvimento, programas de qualidade com objetivos estabelecidos e decisões baseadas em uma visão mais técnica (ECHEVESTE *et al.*, 2016);
- Trabalho em equipe e a liberdade que esta tem de escolher as ferramentas mais apropriadas (GREMYR e FOUQUET, 2012);
- Treinamento apropriado e conhecimento prévio dos engenheiros de *design* para escolherem e aplicarem as ferramentas corretas (GOH e LAM, 2010);
- Envolvimento da gerência, trabalho em equipe e liderança - Teoria da psicologia (MONTGOMERY, 2010);

- Envolvimento da alta gerência (RUSINSKI *et al.*, 2009);
- O nível de implementação das atividades fez a diferença, bem como o comprometimento e envolvimento da gerência, a clara definição dos requisitos do cliente, a seleção dos projetos, a educação continuada, o treinamento, o trabalho em equipe e a comunicação (CHUNG *et al.*, 2008);
- Papel dos líderes de projeto e treinamento (SHAHIN, 2008);
- Liderança engajada, uso constante de recursos de qualidade, infraestrutura de apoio (CRONEMYR, 2007);
- Mudança cultural (KOVACH *et al.*, 2005);
- Aplicação direcionada pela alta gerência, treinamento de qualidade e o fato de começar com projetos simples e depois ir para os mais difíceis (MADER, 2003);
- Seleção adequada de métricas, ferramentas e técnicas além de uma boa seleção da equipe e divisão das funções (ANTONY e CORONADO, 2002);
- Preparação cuidadosa, treinamento prévio dos líderes, reuniões semanais da equipe, projeto de longo prazo com comprometimento da alta gerência, resultados públicos e um sistema de compensação substancial e estruturado (TREICHLER *et al.*, 2002).

Os mesmos grupos que foram usados para organizar os fatores de sucesso, foram também usados para separar as vantagens e desvantagens descritas nos 75 artigos que descrevem implementações de projetos DFSS. Um novo grupo relacionado às vantagens ou desvantagens das implementações também foi considerado: resultados. Além disso, não houve referência a vantagens ou desvantagens relacionadas à infraestrutura.

As vantagens e desvantagens citadas nestes artigos com relação ao foco, ao *background*, à equipe, à linguagem, à metodologia, às ferramentas e aos resultados são mostradas do Quadro 2.5 ao Quadro 2.11, respectivamente. As desvantagens relacionadas diretamente com o objetivo deste trabalho foram destacadas com um sublinhado.

Quadro 2.5 - Vantagens e desvantagem citadas com relação ao foco do DFSS

|                  | VANTAGENS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | DESVANTAGENS                                                                                                                  |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| F<br>O<br>C<br>O | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Novo <i>design</i> baseado nas necessidades dos clientes (MITCHELL e KOVACH, 2016);</li> <li>• Garante que requisitos e necessidades dos clientes estejam integrados (NICOLAESCU <i>et al.</i>, 2015);</li> <li>• Estabelecimento no papel de correlação entre necessidade do cliente e vendas (KOZIOLEK e DERLUKIEWICZ, 2012);</li> <li>• Ser movido por resultados ao invés de movido por atividades (GERHORST <i>et al.</i>, 2006).</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• DFSS é uma abordagem operacional, não estratégica (THOMAS e SINGH, 2006).</li> </ul> |

Quadro 2.6 - Vantagem e desvantagens citadas com relação ao *background* para o DFSS

|                                                | VANTAGENS                                                                                                                                         | DESVANTAGENS                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| B<br>A<br>C<br>K<br>G<br>R<br>O<br>U<br>N<br>D | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Melhor compreensão da complexidade de alguns grupos de clientes (GREMYR <i>et al.</i>, 2012).</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Poucas aplicações são encontradas para desenvolver serviços (AMER <i>et al.</i>, 2010);</u></li> <li>• <u>Conhecimento e experiência prévios necessários, mesmo quando há boa infraestrutura (HASENKAMP e ÖLME, 2008).</u></li> </ul> |

Quadro 2.7 - Vantagens e desvantagem citadas com relação à equipe do DFSS

|                            | VANTAGENS                                                                                                                                                                                                                                                                                   | DESVANTAGENS                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| E<br>Q<br>U<br>I<br>P<br>E | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Envolve todos os especialistas no projeto (MITCHELL e KOVACH, 2016);</li> <li>• O conhecimento proveniente de uma equipe multidisciplinar que seria impossível obter sem contratar uma custosa consultoria (LUCAS <i>et al.</i>, 2015).</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Cientistas normalmente resistem até que haja um modelo para seguir (JOHNSON, 2002), o mesmo pode ser considerado para engenheiros.</u></li> </ul> |

Quadro 2.8 - Vantagem citada com relação à linguagem do DFSS

|                                           | VANTAGENS                                                                                                                                                                           | DESVANTAGENS                   |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| L<br>I<br>N<br>G<br>U<br>A<br>G<br>E<br>M | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Favorece a conversão e a interpretação do valor do cliente, subjetivo, em informações técnicas, objetivas (AZIS e OSADA, 2011).</li> </ul> | (não houve desvantagem citada) |

Quadro 2.9 - Vantagens e desvantagens citadas com relação à metodologia do DFSS

| M<br>E<br>T<br>O<br>D<br>O<br>L<br>O<br>G<br>I<br>A | VANTAGENS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | DESVANTAGENS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abordagem estruturada (GREMYR e ELG, 2014; NEAGU e HOERL, 2005);</li> <li>• Proporciona a união das necessidades dos clientes com uma baixa taxa de erro (LEI <i>et al.</i>, 2015);</li> <li>• É uma possibilidade de evitar erros e defeitos (KOZIOLEK e DERLUKIEWICZ, 2012);</li> <li>• É uma abordagem estatística poderosa (SUFFIAN e IBRAHIM, 2012);</li> <li>• Dá a flexibilidade de adaptar o controle do processo e acomodar mudanças quando surgem. Lida muito bem com variabilidade, tanto da manufatura quanto da demanda (AMER <i>et al.</i>, 2010a; AMER <i>et al.</i>, 2010b; THOMAS e SINGH, 2006);</li> <li>• Pode ser usada para testar cenários alternativos e pode ser facilmente adaptada para outras necessidades (AGGOGERI <i>et al.</i>, 2009; KAPLAN <i>et al.</i>, 2009);</li> <li>• Procedimentos simples para priorizar requisitos e focar os esforços (CHAKRAVORTY e FRANZA, 2009);</li> <li>• Elimina naturalmente as perdas com custos da qualidade e previne desperdício de tempo e dinheiro (KAPLAN <i>et al.</i>, 2009; SAVAGE, 2007);</li> <li>• Identificação precoce de fatores críticos para o cliente. É uma metodologia para integrar qualidade e eficácia no início do <i>design</i>, quando as alterações custam menos, reduzindo mudanças tardias no processo (FERRYANTO, 2007; AL-AOMAR, 2006; HU e PIEPRZAK, 2005);</li> <li>• Serve para gerenciar de maneira eficiente projetos complexos (THOMAS e SINGH, 2006);</li> <li>• Ecologicamente correta (GRAVES, 2003).</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Não é bem definido e entendido com tanta consistência quanto o SS, muitas mudanças são necessárias para encaixar um novo projeto.</u> (GREMYR e ELG, 2014; HASENKAMP e ÖLME, 2008);</li> <li>• <u>A implementação não pode ser copiada de outra empresa. Outras organizações podem precisar usar outro tipo de DFSS, dependendo do tipo de problema que desejam resolver</u> (MITCHELL e KOVACH, 2016; PYLE e LIKER, 2014);</li> <li>• Necessidade de desenvolvimento contínuo do processo (GREMYR <i>et al.</i>, 2012);</li> <li>• Se os requisitos mudarem, a metodologia tem que ser repetida (CHAKRAVORTY e FRANZA, 2009);</li> <li>• <u>Precisa de uma abordagem mais sistemática. Ao contrário do DMAIC, as etapas não são universalmente reconhecidas</u> (CHANG e SU, 2007; PARK e GIL, 2006);</li> <li>• Insuficiente para desenvolver campos de pesquisa novos e inovadores (PARK e GIL, 2006);</li> <li>• Somente para a fase de <i>design</i>, muito cedo no processo de desenvolvimento do produto (SMITH e PHADKE, 2005).</li> </ul> |

Quadro 2.10 - Vantagens e desvantagens citadas com relação às ferramentas usadas no projeto

| F<br>E<br>R<br>R<br>A<br>M<br>E<br>N<br>T<br>A<br>S | VANTAGENS                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | DESVANTAGENS                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gera <i>Feedback</i> e a criação de um processo bem documentado, o que permite melhorar os projetos no futuro (KAPLAN <i>et al.</i>, 2009);</li> <li>• Fornece uma lista para checar o processo e indicadores para tomar ações corretivas (YUN e CHUN, 2008).</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• A maioria das atividades no desenvolvimento de produto precisa de mais suporte (ERICSSON <i>et al.</i>, 2014);</li> <li>• Nos estágios iniciais, os protótipos, máquinas e ferramentas não estão disponíveis ainda (KALAMDANI e KHALAF, 2006).</li> </ul> |

Quadro 2.11 - Vantagens e desvantagem citadas com relação aos resultados do projeto DFSS

| R<br>E<br>S<br>U<br>L<br>T<br>A<br>D<br>O<br>S | VANTAGENS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | DESVANTAGENS                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução do tempo de desenvolvimento e do tempo para chegar ao mercado. Acelera o tempo de desenvolvimento de novos produtos e serviços (WANG <i>et al.</i>, 2016; ALVAREZ, 2015; SURANGE, 2015; LIN <i>et al.</i>, 2012; GRANT e MERGEN, 2009; CHANG e SU, 2007; FERRYANTO, 2007; RAJAGOPALAN <i>et al.</i>, 2007; AL-AOMAR, 2006; GRAVES, 2003);</li> <li>• Redução do custo do produto e do processo (WANG <i>et al.</i>, 2016; ALVAREZ, 2015; FERRYANTO, 2007; AL-AOMAR, 2006; GRAVES, 2003);</li> <li>• Maior confiabilidade e qualidade do produto, o que implica em menos garantia fornecida (ALVAREZ, 2015; LIU <i>et al.</i>, 2008; FERRYANTO, 2007);</li> <li>• Aumento da produtividade, da eficiência da engenharia e melhoria do desempenho do processo. <i>Design</i> certo na primeira tentativa (WANG <i>et al.</i>, 2016; POTRA e PUGNA, 2015; HASENKAMP e ÖLME, 2008; PARK e GIL, 2006; GRAVES, 2003);</li> <li>• Evita custos desnecessários, desperdícios e perda de lucro (SURANGE, 2015; TCHIDI <i>et al.</i>, 2012);</li> <li>• Aumenta moral dos funcionários e melhora a imagem da organização e outras características intangíveis (SURANGE, 2015);</li> <li>• Melhoria da satisfação e construção de novo relacionamento com cliente</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentando o nível sigma, o custo do <i>design</i> e do produto podem aumentar também (LI <i>et al.</i>, 2006).</li> </ul> |

(WANG *et al.*, 2016; RILEY *et al.*, 2013; SMITH e PHADKE, 2005);

- Melhorias operacionais concretas (GREMYR *et al.*, 2012);

- Efeitos a longo prazo no lucro na empresa (KOZIOLEK e DERLUKIEWICZ, 2012);

- Resultados correspondem às necessidades dos clientes e o volume de produção é controlado (TCHIDI *et al.*, 2012);

- Soluções robustas (GRAVES, 2003).

Outros artigos considerados na revisão da literatura não descreveram implementações, mas também apontaram vantagens e desvantagens que corroboram com as citadas após implementação do DFSS e estão listadas a seguir.

- **Vantagens apontadas nos trabalhos teóricos:**

- Possibilita parcerias com universidades (ECHEVESTE *et al.*, 2016);
- Método estruturado para traduzir a demanda do mercado em especificações (CUDNEY e KANIGOLLA, 2014);
- Diminuição do custo com desenvolvimento e custos mais previsíveis (GREMYR e FOUQUET, 2012; CHUNG *et al.*, 2008; GREMYR, 2005; TREICHLER *et al.*, 2002);
- Aumento da confiança na organização (GREMYR e FOUQUET, 2012);
- Redução do tempo de ciclo para o desenvolvimento (GREMYR e FOUQUET, 2012; MADER, 2003);
- Mais qualidade, robustez e confiabilidade do produto e em todos os estágios do desenvolvimento (MENG *et al.*, 2011; YANG e CAI, 2009; SHAHIN, 2008; GREMYR, 2005);
- Não divide os recursos entre diversos departamentos, vai apenas para o de pesquisa e desenvolvimento (QURESHI e ASHRAF, 2011);
- Integra de maneira proativa a qualidade nos estágios iniciais do *design* de produto (QURESHI e ASHRAF, 2011);
- DFSS foca em eliminar a ambiguidade desde o início, definindo as características críticas à qualidade (do inglês, *critical to quality* – CTQs) a partir da VOC (AZIS e OSADA, 2011);
- Foco no aumento da satisfação do cliente (METTAS, 2010; SHAHIN,

2008; GREMYR, 2005);

- Diminuição das reclamações, da quantidade de garantia fornecida e, consequentemente, do gasto consertando produtos defeituosos dos clientes (METTAS, 2010; MADER, 2003);
- Torna o Planejamento Avançado da Qualidade do Produto (do inglês, *Advance Product Quality Planning* – APQP) mais objetivo, mensurável e robusto (RAY e DAS, 2009);
- Ajuda a eliminar defeitos e resulta em um projeto mais rápido (RAY e DAS, 2009);
- Ajuda o processo para alcançar um alto valor pelo produto (YANG e CAI, 2009);
- Tenta eliminar todas as perdas por qualidade ruim, tornando o processo mais eficiente (SAVAGE e SON, 2008; TREICHLER *et al.*, 2002);
- Aumento das margens de lucro a longo prazo (SHAHIN, 2008);
- Mais flexibilidade e inovação propiciados pela metodologia (KOVACH *et al.*, 2005).

- **Desvantagens apontadas nos trabalhos teóricos:**

- DFSS é um assunto novo. O uso de estatística não é visto como algo fácil (ECHEVESTE *et al.*, 2016);
- As empresas não sentem que as ferramentas estejam de fato integradas ao processo de desenvolvimento de produtos (CUDNEY e KANIGOLLA, 2014);
- A documentação é extensa e é necessário ter experiência e conhecimentos diversificados para aplicar a maioria das ferramentas (GREMYR e FOUQUET, 2012);
- O DFSS não é uma abordagem sistemática e ainda não possui um modelo, procedimento ou abordagem padrão bem definido, o que o faz mais difícil para aplicar do que o SS (HASENKAMP, 2010; SHAHIN, 2008; HOERL, 2004);
- O uso de ferramentas DFSS não garante que os engenheiros de projeto tenham escolhido as melhores tecnologias e práticas para aquela aplicação (YANG e CAI, 2009);
- O investimento é significativo (TREICHLER *et al.*, 2002).

### 2.2.5 Desafios da implementação do DFSS

Dentre as 75 implementações do DFSS descritas na literatura pesquisada, alguns pesquisadores apontaram ainda os principais desafios que tiveram de ser enfrentados ao longo do desenvolvimento do projeto. Mais uma vez, os desafios relacionados diretamente com os objetivos deste trabalho foram destacados com um sublinhado.

- A resistência por parte do público alvo, mesmo com treinamento (CARVALHO *et al.*, 2016);
- Fazer com que os gerentes de todos os níveis se comprometam a investir recursos para iniciar, promover, atualizar e financiar o programa. Especificamente, é crucial providenciar para os funcionários treinamento, recurso, conhecimento e poder para resolver problemas (WANG *et al.*, 2016);
- Aplicar uma metodologia científica e indutiva, implementar entradas robustas do consumidor, gerar interações mais eficientes no planejamento, atingir níveis de excelência nas atividades de pesquisa e desenvolvimento focando em manufatura, qualidade e custo (FERRYANTO, 2015);
- Convencer os engenheiros que melhorias são necessárias, fazer a manutenção da qualidade e fazer mudanças que impactam a satisfação do cliente (NICOLAESCU *et al.*, 2015);
- Os benefícios podem até representar economias para a organização, mas são difíceis de quantificar (SURANGE, 2015);
- Custo computacional da otimização (FERREIRA *et al.*, 2014);
- Gerenciar as mudanças (GREMYR e ELG, 2014);
- Orçamento limitado, funcionários que não cooperam, sistema de informações incompleto, diferenças na estrutura das organizações, falta de incentivo para inovação (WANG *et al.*, 2014);
- A coleta de dados é basicamente qualitativa, e isso pode não ser o suficiente para validar a metodologia (YEUNG, 2014);
- Qualidade é muito intangível e orientada a comportamento, o que é difícil quantificar (AZIS e OSADA, 2013);
- Dificuldade em traduzir os métodos, que foram originalmente desenvolvidos para ambientes de produção, para uso em operações de serviço (RILEY *et al.*, 2013);
- Considerar as necessidades implícitas dos pacientes e a necessidade de maturidade organizacional para apoiar os projetos DFSS e lidar com os resultados (GREMYR

*et al.*, 2012);

- Difícil avaliar se o trabalho é aplicável em outras áreas além da manufatura de produtos (TCHIDI *et al.*, 2012);
- Encontrar uma ideia inovadora, depois guiar e realizar essa ideia (AZIS e OSADA, 2011);
- Compreender as componentes intangíveis do planejamento de serviços (AMER *et al.*, 2010a; AMER *et al.*, 2010b);
- O cliente nem sempre sabe os requisitos antecipadamente. Os gerentes precisam entender as razões pelas quais deve-se delinear os problemas detalhadamente ou eles irão desistir da implementação quando for ficando mais difícil (CHAKRAVORTY e FRANZA, 2009);
- Alinhar com o Processo de Desenvolvimento de Produtos, prover treinamento e infraestrutura, a falta de clareza em termos de recursos (HASENKAMP e ÖLME, 2008);
- Medir os níveis de qualidade em serviços (CHANG e SU, 2007);
- Identificar os parâmetros e as características críticas do processo. Estruturar uma base factível para processos de serviço. Otimizar variáveis e melhorar o desempenho (AL-AOMAR, 2006);
- Prover uma boa ligação entre as fases do desenvolvimento de produto e influenciar efetivamente nas decisões do planejamento (GERHORST *et al.*, 2006);
- Determinação do nível sigma pelo *designer* de acordo com a importância e o custo dos produtos (LI *et al.*, 2006);
- Obter uma definição consistente para “padrão” (NEAGU e HOERL, 2005);
- Discernir e melhorar o verdadeiro “valor agregado” das tarefas (JOHNSON, 2002).

Além daqueles que descreveram implementações, outros trabalhos dentre os 120 acessados levantaram através da realização de *surveys* com empresas ou identificaram na literatura desafios que teoricamente seriam enfrentados ao longo do desenvolvimento de projetos do tipo DFSS, são eles:

- **Desafios teóricos da implementação do DFSS:**
  - Usar a ferramenta certa na hora certa ao longo do ciclo do desenvolvimento do produto. Os engenheiros não sabem como obter as especificações uma vez que vêm da matriz. A comunicação entre a parte de venda e a parte de

não é integrada. Os pesquisadores querem tempo para realizarem uma boa pesquisa e os engenheiros querem respeitar os prazos (ECHEVESTE *et al.*, 2016);

- O uso prático do método demanda maturidade da gerência, certo nível de preparo e experiência (VARSHAPETIAN e SEMENOVA, 2015);
- Não há um modelo unificado com ferramentas específicas para DFSS apesar de vários padrões propostos por pesquisadores ou por empresas (YANG *et al.*, 2014);
- Muitos modelos diferentes para seguir, problemas no alinhamento da Engenharia de *design* com os modelos DFSS. Existem apenas três aplicações: produto, serviço e negócios. Cada um tem um modelo diferente ou devem seguir o mesmo? (WATSON e DEYONG, 2010);
- Selecionar as ferramentas de qualidade mais apropriadas nem sempre é uma tarefa fácil (SOKOVI *et al.*, 2009);
- Engenheiros tendem a resistir a qualquer método científico em suas atividades de pesquisa, educação e treinamento são necessários, fazer com que as empresas disponibilizem tempo, espaço e os recursos financeiros necessários (SHAHIN, 2008);
- Esclarecer quando usar DMAIC, quando usar DMADV, e quando nenhum dos dois se encaixa no problema (CRONEMYR, 2007);
- Decidir quando escolher SS ou DFSS (BAÑUELAS e ANTONY, 2003);
- Treinamento de toda a organização (MADER, 2003);
- Mudança cultural, todos os funcionários devem entender como o DFSS funciona e por que é benéfico para o cliente, o negócio e eles próprios (TREICHLER *et al.*, 2002).

## 2.3 Desdobramento da Função Qualidade

O QFD foi proposto inicialmente no Japão nos anos 1960 e foi introduzido nos Estados Unidos, pelo mesmo autor, apenas nos anos 1980/90 (AKAO, 1990) como um método para garantir um *design* de qualidade traduzindo as necessidades do cliente em requisitos técnicos do produto. Desde então este método vem sendo amplamente utilizado em todo o mundo e a proposta deste trabalho foi adaptá-lo às exigências de projetos baseados em DFSS.

Existem diversos modelos para implementar o QFD e o modelo das quatro fases, segundo

Kovach e Cho (2008), é o mais simples e provavelmente o mais conhecido. Este foi o modelo que inspirou a abordagem proposta neste trabalho. Ele foi proposto por Clausing (1994) e pela *American Supplier Institute* (ASI) e está ilustrado na Figura 2.9.

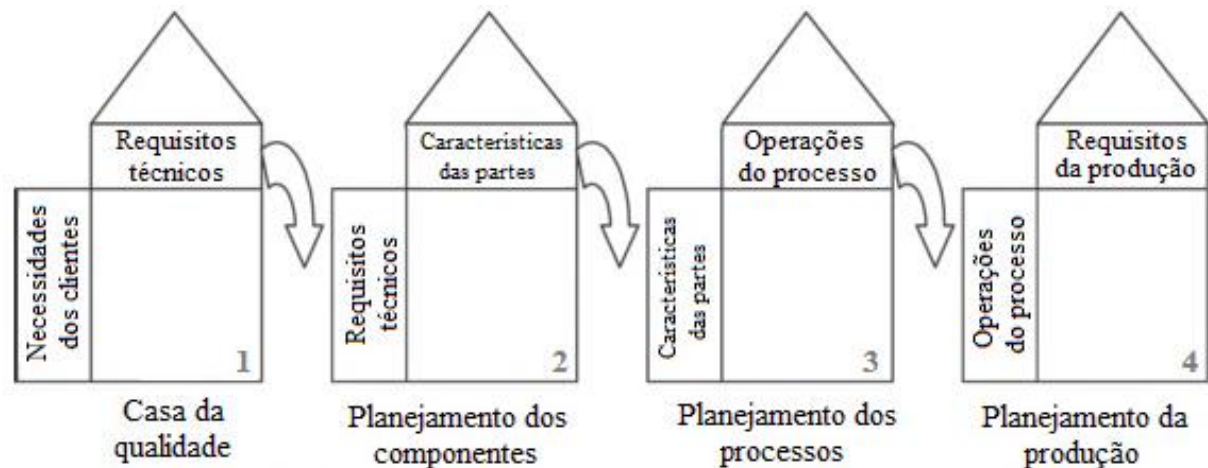


Figura 2.9 - Modelo das quatro fases para o QFD

Fonte: Adaptado de Kovach e Cho (2008), Chan e Wu (2002) e Clausing (1994)

Chan e Wu (2002) descrevem este modelo de maneira clara e sucinta. O exemplo mais clássico de aplicação do modelo das quatro fases para o QFD foi apresentado por Hauser e Clausing (1988) e diz respeito ao QFD de uma porta de carro. Este exemplo é mostrado na Figura 2.10.

A primeira matriz do QFD corresponde ao planejamento do produto e é tão fundamental no processo de desenvolvimento que recebe um nome especial: Casa da Qualidade (do inglês, *House of Quality* – HOQ). Muitos trabalhos, inclusive, consideram a HOQ o próprio QFD. Na HOQ faz-se o desdobramento das necessidades do cliente transformando-as em requisitos técnicos ou especificações do produto.

A segunda matriz do QFD é referente ao Planejamento dos Componentes e os requisitos técnicos prioritários resultantes da HOQ são desdobrados em características para os componentes, as peças ou as partes do produto. Na terceira fase, o Planejamento dos Processos, apenas as características chaves da fase anterior são transformadas em parâmetros ou operações do processo. Por fim, essas operações do processo se tornam requisitos da produção na quarta fase, o Planejamento da Produção (KOVACH e CHO, 2008; CHAN e WU, 2002; CLAUSING, 1994; HAUSER e CLAUSING, 1988).

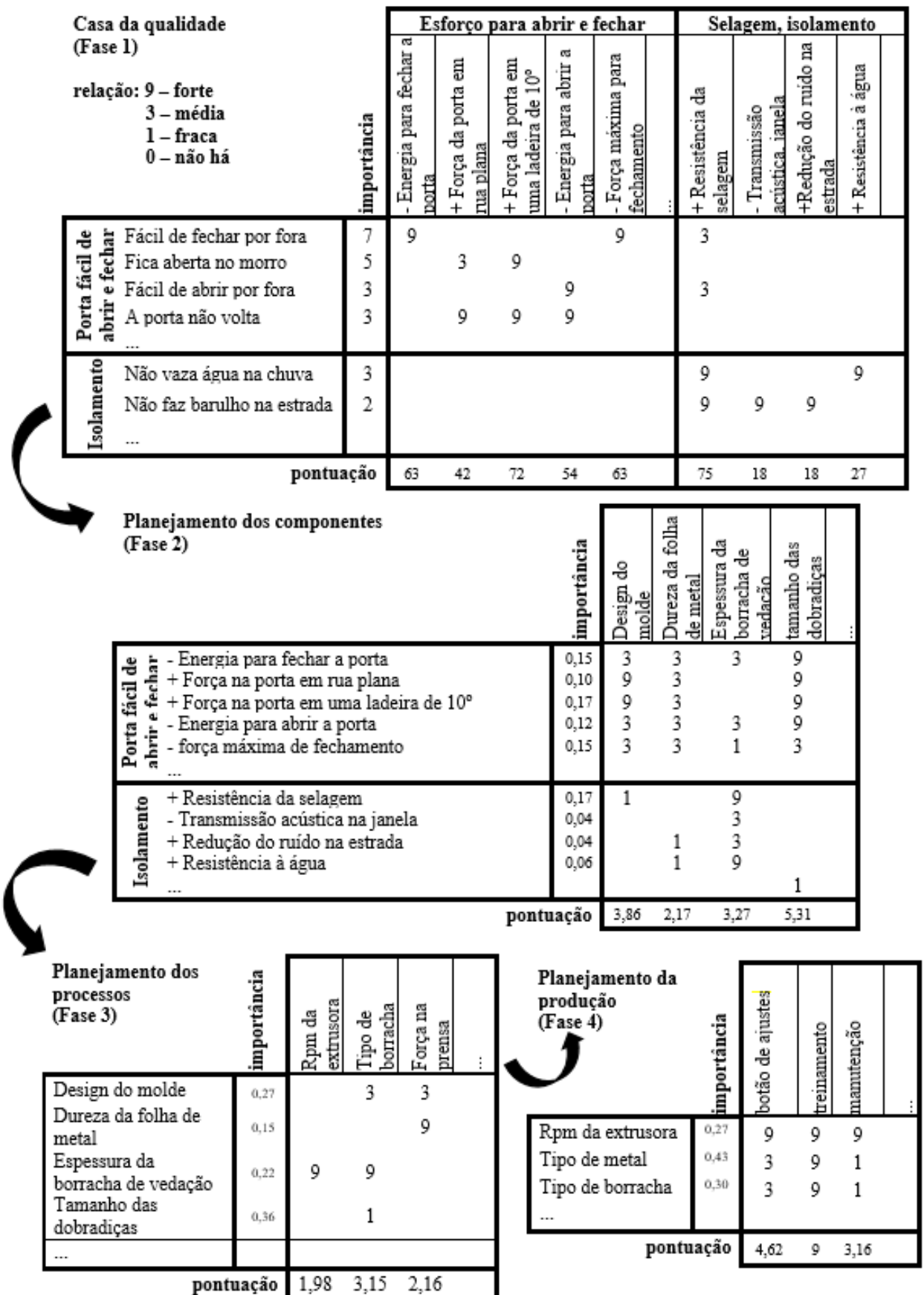


Figura 2.10 - QFD completo para uma porta de carro

Fonte: Adaptado de Hauser e Clausing (1988)

As quatro fases do QFD garantem que as especificações do produto, dos componentes, dos processos e dos padrões de operação sejam orientadas pelas necessidades dos clientes, o que é justamente uma característica marcante do DFSS. Normalmente as linhas das matrizes são chamadas de “O que?” enquanto as colunas representam o “Como?”.

## 2.4 Delineamento de Experimentos

Realizar experimentos e analisar os dados é parte integrante do trabalho do engenheiro e, portanto, o uso de estatística está presente em seu dia-a-dia. Sabe-se que o DOE aumenta a eficácia dos engenheiros e a eficiência dos processos (TANCO *et al.*, 2009), no entanto, este ainda é insuficientemente utilizado no ambiente industrial.

Silva (2005) traça um histórico do método experimental partindo da origem do pensamento crítico a este respeito, que remonta a pelo menos quatro décadas antes de Cristo com Aristóteles, até Fisher que lançou os fundamentos modernos da pesquisa experimental, as bases da inferência estatística e delineou muitos métodos originais, culminando na publicação do seu primeiro livro: “*Statistical methods for research workers* (FISHER, 1925)”.

Um problema experimental deve ser sustentado por dois elementos: o projeto dos experimentos e a análise estatística dos dados, que é justamente o DOE. Ao longo do desenvolvimento industrial, vivido no século XX, diversos pesquisadores realizaram estudos que contribuíram significativamente para a evolução das técnicas sobre o projeto e análise de experimentos e são citados no trabalho de Montgomery (2001).

Projetos SS tornaram o DOE ainda mais necessário na atualidade, pois é uma ferramenta-chave que visa amenizar o desperdício de tempo e recurso, ao mesmo tempo que promove resultados mais confiáveis para a experimentação.

Para auxiliar no uso do DOE, Coleman e Montgomery (1993) traçaram algumas diretrizes, focadas em experimentos industriais, a serem seguidas. São elas: (a) Reconhecimento e declaração do problema; (b) Escolha dos fatores e níveis; (c) Seleção das variáveis de resposta; (d) Escolha do tipo de delineamento; (e) Realização dos experimentos; (f) Análise estatística dos dados; (g) Conclusões e recomendações.

Os passos (a), (b) e (c) são chamados de planejamento pré-experimental (COLEMAN e MONTGOMERY, 1993; MONTGOMERY, 2001). São etapas cruciais para o DOE e culminam no modelo geral do processo ou sistema a ser analisado que é ilustrado na Figura 2.11.

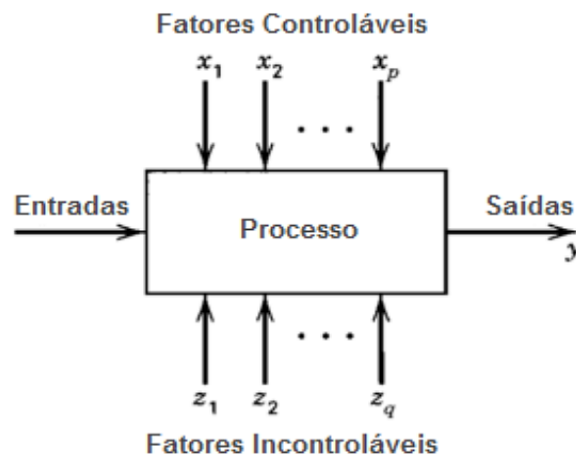


Figura 2.11 - Modelo geral do processo ou sistema a ser analisado  
Fonte: Montgomery (2001)

Na etapa de construção do modelo geral devem ser definidas as variáveis de entrada, saída, e os fatores controláveis e incontroláveis no processo. Um experimento é delineado visando a manipulação dos fatores controláveis para analisar seus efeitos nas saídas do processo. Os fatores incontroláveis são as variáveis cujos efeitos devem ser amenizados tanto quanto possível e as entradas devem ser contabilizadas de acordo com a quantidade de experimentos prevista, o que depende do tipo de DOE escolhido.

Segundo Montgomery (2001), é necessário considerar ainda três recomendações sobre o uso eficiente do DOE antes de iniciar o processo de planejamento experimental: usar também conhecimentos não-estatísticos sobre o problema, manter o planejamento e a análise o mais simples possível e reconhecer as diferenças entre o significado prático e estatístico dos dados.

A escolha do tipo de DOE (d) mais adequado a cada planejamento depende, também segundo Montgomery (2001), do tamanho da amostra (número de replicações), da seleção da quantidade e ordem adequadas para as execuções e da decisão de dividir ou não os fatores em blocos ou outras restrições que podem estar envolvidas. Este mesmo autor afirma que está é uma etapa simples se o planejamento pré-experimental tiver sido feito de maneira correta.

As técnicas mais utilizadas para realizar os projetos experimentais são: o planejamento fatorial completo ou fracionado (MONTGOMERY, 2001), os arranjos de Taguchi (TAGUCHI, 1988), a Metodologia de Superfície de Resposta (MYERS e MONTGOMERY, 2002) e os experimentos de misturas (CORNELL, 2002).

Para a realização dos experimentos (e), recomenda-se a definição de procedimentos padrões para a execução a fim de reduzir ao máximo a interferência dos fatores incontroláveis. Além disso, de acordo com Montgomery e Runger (2011), os experimentos devem ser delineados para que sejam executados seguindo princípios básicos de estatística, por exemplo,

a aleatoriedade que é necessária para estabelecer relações de causa-efeito mais adequadamente.

A análise estatística dos dados (f) é uma das etapas mais importantes. Amorim *et al.* (2014) mostra um guia simplificado para analisar estatisticamente os dados provenientes da experimentação usando o *software* Minitab®. As conclusões e recomendações (g) são provenientes destas análises estatísticas. Essas sete diretrizes são geralmente interativas e a estrutura não é rígida. Alguns passos podem, inclusive, ser realizados simultaneamente e em ordem trocada quando aplicados em experimentos reais.

Al-Aomar (2006) usou DOE para definir valores e parâmetros do *design*, ao usar DFSS. Seguindo a mesma linha de pensamento, este trabalho sugere o uso de DOE na priorização de fatores e parâmetros do *design*, auxiliado pela SMC na determinação dos valores.

## 2.5 Simulação de Monte Carlo

A SMC é um método numérico para a exploração e solução de problemas matemáticos através da modelagem de variáveis aleatórias. Sua origem data de 1949, com a publicação do artigo intitulado “*The Monte Carlo method*” por Metropolis e Ulam (1949).

Este método recebeu o nome de Monte Carlo por causa da cidade de Monte Carlo no principado de Mônaco, famosa pelo cassino homônimo. Segundo Júnior *et al.* (2013), os cassinos são referências importantes pois jogos de azar possuem a lógica parecida com processos de simulação estática.

Segundo Fishman (1996), o princípio fundamental do Método de Monte Carlo já era conhecido antes da publicação desse artigo e era usado, por exemplo, no tratamento de dados de amostras aleatórias em estatística. No entanto, a ampla aplicação do método não era viável antes do aparecimento dos computadores eletrônicos.

O fator chave da SMC é a utilização de números aleatórios para modelar o comportamento de variáveis estocásticas. Ao invés de utilizar apenas o valor médio para modelar certas variáveis, a completa função distribuição é usada para descrever suas características (METROPOLIS e ULAM, 1949).

Durante uma SMC, os valores são amostrados aleatoriamente a partir das distribuições de probabilidade das entradas. Cada conjunto de amostras é chamado “*iteração*” e o resultado desta amostra é o “*registro*”. A SMC faz o mesmo procedimento centenas ou milhares de vezes e o resultado é uma distribuição de resultados possíveis.

Normalmente, um programa computacional é desenvolvido para realizar a repetição dos testes de maneira independente, por isso a necessidade dos computadores, e os resultados finais

são manipulados estatisticamente (FISHMAN, 1996).

Em geral, segundo Júnior *et al.* (2013), este método fornece soluções aproximadas para um problema realizando experimentos computacionais de amostragem estatística. Visto que os resultados são soluções aproximadas, o erro associado nunca é nulo, mas pode ser reduzido com o aumento do número de simulações.

Leal e Oliveira (2011) afirmam que a SMC tem sido utilizada em diversas áreas para resolução de problemas, desde a matemática até a medicina. Van Slyke iniciou o uso da SMC no gerenciamento de projetos ao considerar fenômenos aleatórios que poderiam ocorrer na execução de um projeto, como a aleatoriedade no tempo de execução de uma atividade (VAN SLYKE, 1963).

Por exemplo: partindo do princípio que o tempo de execução das atividades em um processo se comporta segundo diferentes distribuições de probabilidade, o tempo total de execução do projeto deve ser obtido pelo somatório dos valores aleatórios gerados para os tempos de execução de cada atividade, de acordo com a função de densidade de probabilidade característica. Obtém-se, desta forma, uma distribuição para o caminho crítico, diferente daquele identificado considerando apenas os tempos médios de execução.

Segundo Leal e Oliveira (2011), os dois fenômenos em gerenciamento de projetos mais estudados em conjunto com a simulação são os riscos relacionados a custos e os riscos relacionados a prazos. Estes mesmos autores concluíram em sua revisão da literatura dos últimos vinte anos que, em ambos os casos, o uso da SMC está atrás apenas da Simulação a Eventos Discretos em se tratando das publicações a respeito de gerenciamento de projetos.

Desta forma, é válido afirmar que a SMC fornece uma visão mais completa do que pode acontecer em um processo, mostrando não apenas os comportamentos possíveis, mas também a probabilidade de ocorrência. Por este motivo, a SMC foi escolhida neste trabalho para auxiliar a definir limites aceitáveis para os requisitos técnicos, para as características dos componentes e para as operações de fabricação quando os experimentos reais não forem possíveis ou forem insuficientes.

### 3. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

#### 3.1 Classificação da pesquisa científica

Formas clássicas de se classificar pesquisas científicas estão relacionadas à finalidade, aos objetivos, à natureza e ao método. Quanto à finalidade, Apollinário (2011) classifica a pesquisa em básica ou aplicada. Enquanto a pesquisa básica é movida pelo interesse na ampliação do conhecimento científico, a pesquisa aplicada, como no caso deste trabalho, é orientada pelas necessidades do mercado.

Com relação aos objetivos, para Apollinário (2011), a pesquisa pode ser classificada em experimental ou descritiva e, para Bertrand e Fransoo (2002), como normativa ou descritiva. A pesquisa experimental visa explicitar um problema, ou seja, construir e discutir hipóteses a seu respeito, como no caso desta pesquisa, que também poderia ser classificada como normativa, uma vez que busca o desenvolvimento de políticas, estratégias e ações para aperfeiçoar resultados disponíveis na literatura.

Quanto à natureza da abordagem, também segundo Apollinário (2011), a pesquisa pode ser classificada em quantitativa ou qualitativa. A pesquisa quantitativa classifica e analisa as informações e opiniões traduzidas em números e por isso requer o uso de recursos e de técnicas estatísticas. A pesquisa qualitativa é descritiva e o pesquisador é o instrumento-chave pois o ambiente natural é fonte direta para coletar dados que são analisados intuitivamente. Este trabalho pode ser considerado como uma abordagem combinada, unindo aspectos qualitativos e quantitativos em diferentes etapas do processo de pesquisa.

Do ponto de vista dos métodos, a pesquisa pode ser feita através de experimento, modelagem e simulação, *survey*, estudo de caso, pesquisa-ação e *soft system methodology*.

- O experimento é usado como método de pesquisa quando se tem um objeto de estudo, selecionam-se variáveis de influência e definem-se as formas de controle para observação dos efeitos. A pesquisa experimental adquiriu considerável importância por possibilitar fortes declarações de causalidade e pela facilidade do uso de delineamentos (BRYMAN, 1989).
- A *survey* ou pesquisa levantamento é empregada quando envolve o questionamento direto das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer e analisar. Um exemplo típico e bem antigo do uso deste método é o censo (GROVES *et al.*, 2004).
- A modelagem e simulação serve para experimentar um sistema real através de um modelo e determinar como este sistema responderia às modificações propostas. Um

dos primeiros registros deste método foi feito por Mitroff *et al.* (1974).

- O estudo de caso é uma das abordagens mais antigas e envolve a pesquisa profunda e exaustiva de um ou poucos objetos a fim de permitir o seu amplo e detalhado conhecimento. Existem três tipos de estudo de caso: explanatório, exploratório e descritivo (YIN, 1993).
- A pesquisa-ação é concebida e realizada para a resolução de um problema. Neste método, os pesquisadores e participantes da situação devem estar envolvidos de modo cooperativo ou participativo no diagnóstico e na solução de um problema (BRYMAN, 1989).
- O *Soft System Methodology* auxilia a formulação e estruturação do pensamento sobre problemas em situações complexas. De acordo com Clegg e Walsh (1998), este método foi desenvolvido em 1969 por Peter Checkland da Universidade de Lancaster. Seu princípio está na construção de modelos conceituais e na comparação destes com o estado real.

A Figura 3.1 mostra a classificação deste trabalho de doutorado com relação à essas quatro formas clássicas: finalidade, objetivos, natureza e método.

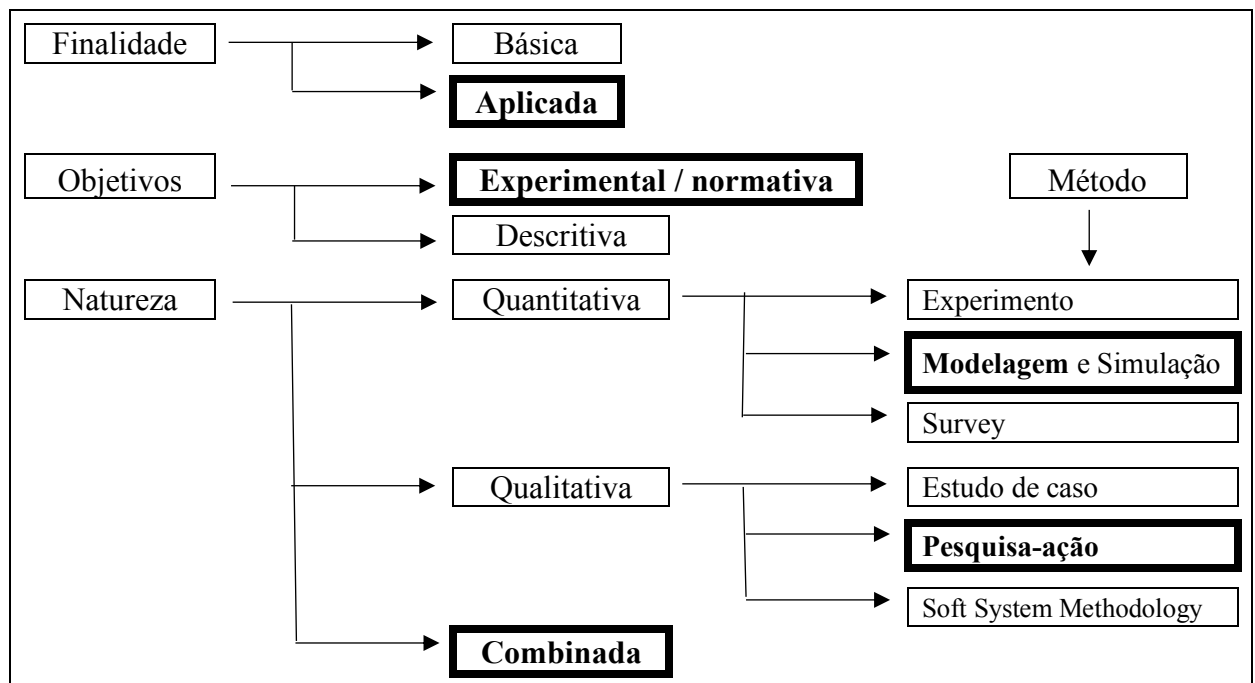


Figura 3.1 - Classificação desta pesquisa científica

Este trabalho apresenta características de uma pesquisa aplicada e experimental / normativa. Carrega, ainda, características da modelagem e simulação ao propor uma abordagem para implementação do DFSS e, ao mesmo tempo, características da pesquisa-ação pois a o

método DFSS-QDMC proposto nesta pesquisa foi implementado e testado em diferentes empresas. Isso justifica a classificação da natureza como uma combinação da pesquisa qualitativa com a pesquisa quantitativa.

Segundo Cresswell (2014), abordagens qualitativas e quantitativas combinadas servem para verificar a fidelidade com a realidade, ou seja, servem como validação uma da outra. A descrição de cada uma das etapas dos dois métodos de pesquisa usados na condução deste trabalho estão descritas nos itens 3.2 e 3.3 a seguir.

### 3.2 O método modelagem e simulação

O primeiro método de pesquisa usado neste trabalho foi a modelagem e simulação no desenvolvimento de uma abordagem para implementar DFSS. O modelo proposto por Mitroff *et al.* (1974) para este método foi utilizado como base para a condução da pesquisa. O modelo é dividido em quatro etapas: conceptualização, modelagem, solução do modelo e implementação, que estão ilustradas na Figura 3.2.

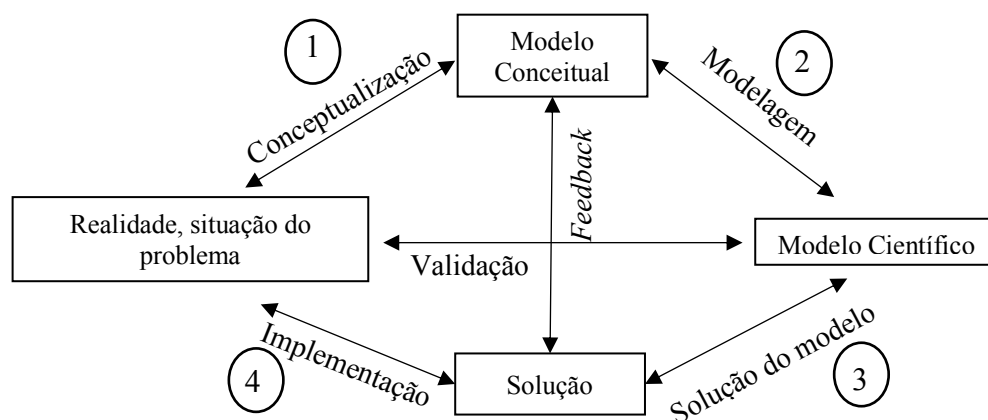


Figura 3.2 - Estrutura para condução da Modelagem e Simulação  
Fonte: Adaptado de Mitroff *et al.* (1974)

Segundo os mesmos autores, na etapa de conceptualização, o pesquisador decide quais variáveis devem estar inclusas no modelo conceitual e define o escopo e outras características iniciais intrínsecas ao problema. Na etapa de modelagem, o pesquisador utiliza o modelo conceitual e elabora um modelo matemático científico que define as relações causais entre as variáveis. Na etapa seguinte, solução do modelo, ocorre a resolução do modelo científico e a matemática desempenha um papel dominante. Por fim, na implementação, a solução é aplicada ao problema real proposto inicialmente, finalizando o ciclo que também pode ser reiniciado caso ajustes sejam necessários ou existam outros problemas a serem trabalhados.

Mitroff *et al.* (1974) enfatizam ainda que um ciclo de pesquisa baseado neste método pode

começar e terminar em qualquer uma das quatro fases desde que o pesquisador tenha conhecimento de qual modelo está a tratar e das reivindicações que podem ser feitas em cada ponto. O pesquisador pode ainda utilizar um atalho através da realimentação do modelo e, assim, reduzir etapas, mas esta redução pode acarretar erros de conceptualização ou nas deduções realizadas a partir dos resultados.

De acordo com Bertrand e Fransoo (2002), a definição de quais etapas devem ser realizadas depende da classificação da pesquisa científica. A Figura 3.3 ilustra as etapas a serem conduzidas no estudo de acordo com essa classificação.

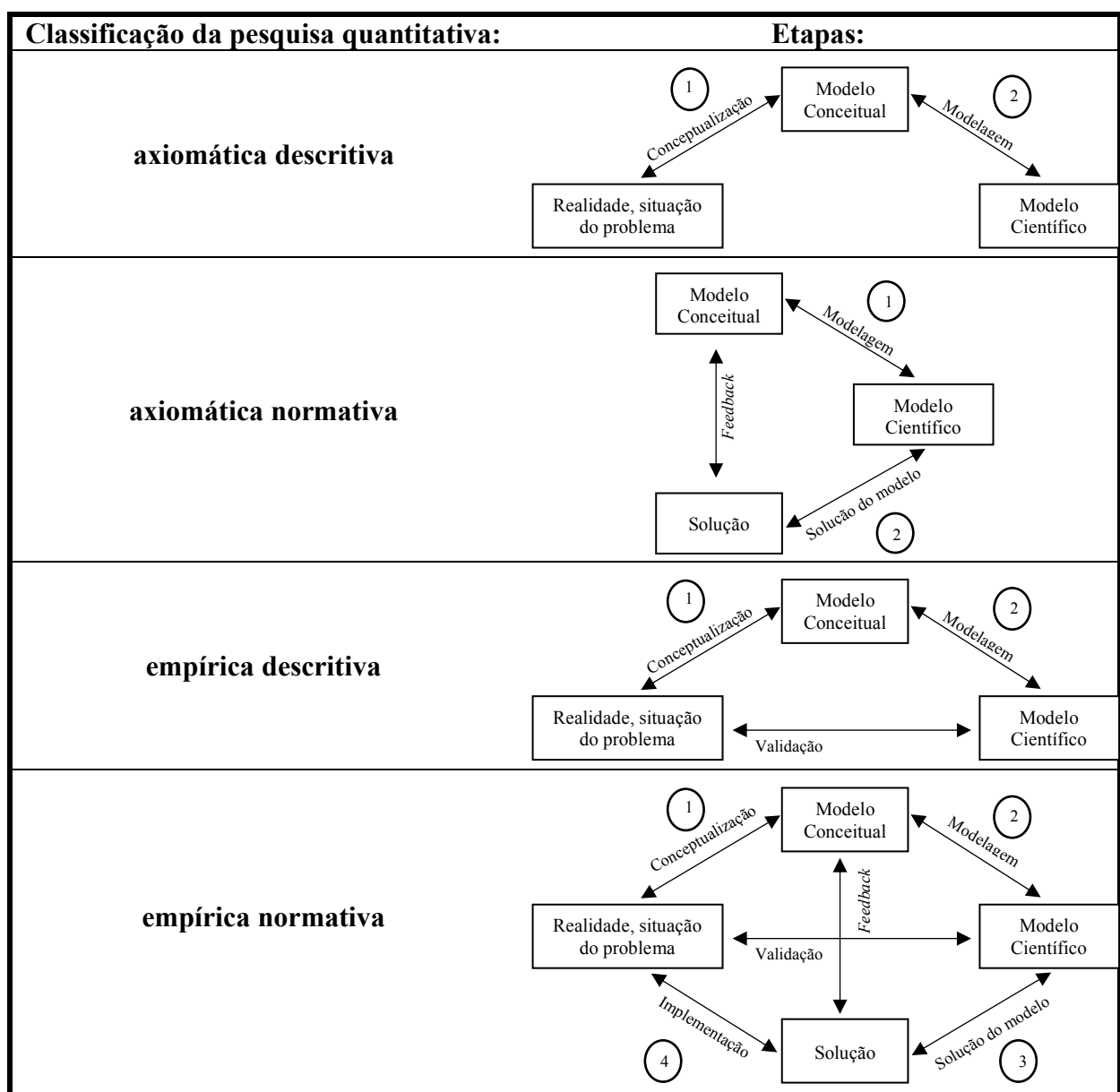


Figura 3.3 - Classificação da pesquisa científica quantitativa e consequentes etapas do método modelagem e simulação a serem realizadas

Nas pesquisas axiomáticas descritivas, o pesquisador cria apenas o modelo conceitual e o modelo científico. Já nas pesquisas axiomáticas normativas, o pesquisador parte do modelo conceitual para obter o científico e o soluciona; o modelo conceitual pode ou não ser realimentado para que sejam feitas as devidas alterações ou contribuições. Nota-se, portanto, que nas pesquisas de classe axiomática não existe a preocupação de implementar a solução proposta no modelo real.

Quando há essa preocupação em retornar ao modelo real, a pesquisa é classificada como empírica. Nas pesquisas empíricas descritivas, o pesquisador realiza as etapas de conceptualização e de modelagem seguidas pela validação, ou seja, pela comparação do modelo científico ao real. Finalmente, nas pesquisas empíricas normativas, o pesquisador realiza todo o ciclo proposto originalmente para o método modelagem e simulação, incluindo a implementação da solução proposta para o modelo.

A pesquisa realizada neste trabalho foi classificada como empírica normativa pela intenção de implementar a abordagem proposta em situações reais, assim, todas as etapas do modelo para a condução da modelagem e simulação proposto por Mitroff *et al.* (1974) foram realizadas.

Partiu-se da conceptualização de um modelo genérico para a implementação do DFSS com suas respectivas necessidades e variáveis de entrada e de saída em cada etapa. Em seguida, alguns dados experimentais foram simulados para que todas as etapas de implementação do DFSS fossem compreendidas, analisadas e estudadas enquanto matrizes sucessivas, estabelecendo relações entre as variáveis. Após a análise desses dados, uma solução foi proposta para unir os requisitos de maneira prática e intuitiva. Por fim, a solução obtida foi implementada em empresas parceiras.

A ideia deste trabalho era que a última etapa do ciclo para condução da modelagem e simulação, a implementação, fosse realizada seguindo os passos de uma pesquisa-ação, tendo diferentes tipos de empresas como objetos de estudo. No entanto, a pesquisa-ação foi introduzida muito antes no processo auxiliando, inclusive, no desenvolvimento da abordagem proposta.

Cada uma das etapas desenvolvidas com base no método modelagem e simulação para este trabalho estão detalhadas a seguir nos itens 3.2.1 a 3.2.4 que representam, respectivamente, as etapas de conceptualização, modelagem, solução e implementação.

### **3.2.1 Conceptualização**

A coleta de dados inicial foi feita em entrevistas informais nas quais representantes das

empresas requisitaram treinamentos práticos e menos matemáticos para que seus funcionários desenvolvessem projetos SS e DFSS em suas áreas de atuação. Uma vasta e extensa revisão da literatura foi realizada, sem sucesso com relação ao DFSS, buscando uma abordagem que se adequasse a essas exigências. Diversas narrativas apontavam a carência de um modelo padrão ou a necessidade de abordagens mais práticas para DFSS.

Um modelo genérico para a implementação do DFSS com suas respectivas necessidades e variáveis de entrada e de saída foi então planejado nesta etapa da pesquisa. Este modelo foi pensado de maneira que não fossem necessárias inúmeras alterações e adaptações no roteiro em se tratando de projetos diferentes, que o desenvolvimento dos projetos não fosse completamente dependente da experiência com outros projetos e dos conhecimentos estatísticos da equipe e cuja eficácia fosse constatada por resultados de projetos reais desenvolvidos por equipes sendo treinadas para *Green Belt* em diferentes empresas.

Para transcrever a realidade do DFSS em um modelo conceitual visando o planejamento de produtos e serviços, as matrizes do modelo das quatro fases do QFD foram adaptadas às etapas dos cinco roteiros mais citados na literatura sobre DFSS. As quatro fases do QFD são: Casa da qualidade, Planejamento dos componentes, Planejamento dos processos e planejamento da produção. A Tabela 3.1 mostra os cinco roteiros, suas fases, a quantidade de artigos publicados em revista que os cita e a quantidade de resultados ao buscar no Google por DFSS + o acrônimo de cada roteiro.

Tabela 3.1 - Roteiros para DFSS implementados na literatura

| Roteiro | Fases                                                                                                                            | Quantidade de artigos em que são mencionados | Resultados no Google ao buscar DFSS + Acrônimo* |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| DMADV   | Definir, medir, analisar, planejar, verificar ( <i>do inglês, Define, measure, analyze, design, verify</i> )                     | 52                                           | 27200                                           |
| IDOV    | Identificar, planejar, otimizar, validar ( <i>do inglês, identify, design, optimize, validate</i> )                              | 32                                           | 4800                                            |
| DCOV    | Definir, caracterizar, otimizar, verificar ( <i>do inglês, define, characterize, optimize, verify</i> )                          | 16                                           | 19500                                           |
| IDDOV   | Identificar, definir, desenvolver, otimizar, verificar ( <i>do inglês, identify, define, develop, optimize, verify</i> )         | 14                                           | 2080                                            |
| DMADOV  | Definir, medir, analisar, planejar, otimizar, verificar ( <i>do inglês, Define, measure, analyze, design, optimize, verify</i> ) | 8                                            | 2120                                            |

\*dados coletados em 8/11/2016

O fato de não haver uma relação direta entre a quantidade de resultados no Google e a

quantidade de artigos em que os roteiros são mencionados reforça a ideia de que não haja um roteiro padrão para implementar o DFSS. A Figura 3.4 mostra a relação estabelecida entre as quatro fases do QFD completo e os roteiros para a implementação do DFSS mais citados para o desenvolvimento do método DFSS-QDMC, nome dado à abordagem proposta neste trabalho.

|                                   |        | <b>Casa da Qualidade</b>                                                                      | <b>Planejamento dos componentes</b>                                                                                                                                    | <b>Planejamento dos processos</b>                                                                                                                                           | <b>Planejamento da produção</b>                                                                                                                                      |
|-----------------------------------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Etapas do QFD:</b>             |        | - O que?<br>Necessidades dos clientes<br><br>- Como?<br>Requisitos técnicos                   | - O que?<br>Requisitos técnicos<br><br>- Como?<br>Características das partes                                                                                           | - O que?<br>Características das partes<br><br>- Como?<br>Operações do processo                                                                                              | - O que?<br>Operações do processo<br><br>- Como?<br>Requisitos da produção                                                                                           |
| <b>Roteiros DFSS mais citados</b> | DMADV  | definir e medir                                                                               | analisar e planejar                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                             | Verificar                                                                                                                                                            |
|                                   | IDOV   | identificar                                                                                   | planejar                                                                                                                                                               | otimizar                                                                                                                                                                    | Validar                                                                                                                                                              |
|                                   | DCOV   | definir                                                                                       | caracterizar                                                                                                                                                           | otimizar                                                                                                                                                                    | Verificar                                                                                                                                                            |
|                                   | IDDOV  | identificar e definir                                                                         |                                                                                                                                                                        | desenvolver e otimizar                                                                                                                                                      | Verificar                                                                                                                                                            |
|                                   | DMADOV | definir e medir                                                                               | planejar e analisar                                                                                                                                                    | otimizar                                                                                                                                                                    | Verificar                                                                                                                                                            |
|                                   |        | <b>Casa da Qualidade</b>                                                                      | <b>Planejamento dos componentes</b>                                                                                                                                    | <b>Planejamento dos processos</b>                                                                                                                                           | <b>Controle dos processos</b>                                                                                                                                        |
|                                   |        | Identificar, definir e medir as características críticas para a qualidade segundo os clientes | Analisar, caracterizar e planejar os componentes necessários no processo                                                                                               | Otimizar e desenvolver os processos de produção                                                                                                                             | Verificar e validar usando elementos de controle do processo                                                                                                         |
| <b>Etapas do DFSS-QDMC:</b>       |        | - <u>O que?</u><br>Necessidades dos clientes<br><br>- <u>Como?</u><br>Requisitos técnicos     | - <u>O que?</u><br>DOE para definir requisitos técnicos mais importantes<br><br>- <u>Como?</u><br>Características dos componentes, SMC para definir limites aceitáveis | - <u>O que?</u><br>DOE para definir as características dos componentes mais impactantes<br><br>- <u>Como?</u><br>Operações do processo, SMC para definir limites aceitáveis | - <u>O que?</u><br>DOE para definir as operações do processo mais significativas<br><br>- <u>Como?</u><br>Elementos de controle, SMC para definir limites aceitáveis |

Figura 3.4 - Planejamento e definição das etapas do método DFSS-QDMC

Vale ressaltar que a última fase do QFD precisou ser renomeada para corresponder às funções a ela atribuídas no DFSS-QDMC, passando de “planejamento da produção” para “controle dos processos”.

### 3.2.2 Modelagem

Em seguida, as etapas introduzidas no modelo conceitual para implementar o DFSS foram compreendidas, analisadas e estudadas enquanto matrizes sucessivas, a partir do estabelecimento de relações entre as variáveis de entrada e saída de cada etapa. A ideia principal era que a saída de uma etapa fosse usada como entrada da etapa seguinte. Além disso, quando necessário, as priorizações e correlações seriam estudadas por meio de DOE e os limites de operação seriam estimados usando SMC.

De maneira genérica, as etapas da abordagem são representadas por DFSS-QDMC<sub>h</sub>(*i*, *j*), em que “*h*” representa a etapa da abordagem, tal que  $h = 1, 2, 3$  ou  $4$ ; “*i*” e “*j*” representam a quantidade de linhas e colunas, respectivamente, a serem consideradas em cada matriz, ou seja, o valor varia de acordo com a etapa. Para  $h=1$ , por exemplo, “*i*” recebe valores entre 1 e “*a*”, que é a quantidade de características segundo a necessidade do cliente; e “*j*” recebe valores entre 1 e “*b*”, que é a quantidade de requisitos técnicos levantados pela equipe de projeto para alcançar as necessidades do cliente.

A quantidade de colunas (*j*) em uma etapa passa a ser a quantidade de linhas (*i*) na etapa seguinte. Assim, para  $h=2$ , “*i*” recebe valores entre 1 e “*b*”, que é a quantidade de requisitos técnicos; e “*j*” recebe valores entre 1 e “*c*”, que é a quantidade de características necessárias aos componentes para alcançar estes requisitos. De forma análoga, para  $h=3$ , “*i*” recebe valores entre 1 e “*c*”, que é a quantidade de características dos componentes; e “*j*” recebe valores entre 1 e “*d*”, que é a quantidade de operações nos processos de fabricação dos componentes. Finalmente, para  $h=4$ , “*i*” recebe valores entre 1 e “*d*”, que é a quantidade de operações; e “*j*” recebe valores entre 1 e “*e*”, que é a quantidade de técnicas usadas no controle da qualidade dos processos de fabricação.

Uma representação genérica da disposição das matrizes em uma planilha para cada etapa da abordagem é mostrada na Figura 3.5.

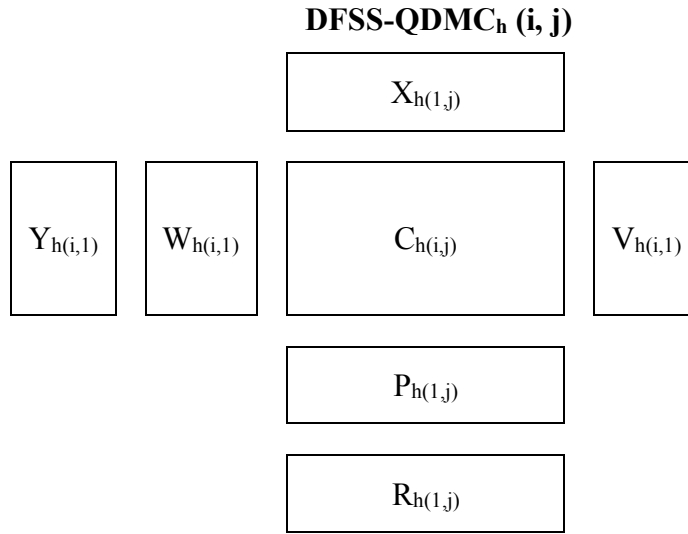


Figura 3.5 - Ilustração das matrizes em cada etapa do modelo genérico para a abordagem

Na Figura 3.5,  $Y_{h(i,1)} = Y_h(i)$  é um vetor com uma coluna e “ $i$ ” linhas que mostra ‘o que’ está sendo analisado na etapa atual e  $W_{h(i,1)} = W_h(i)$  é também um vetor com uma coluna e “ $i$ ” linhas com os pesos em uma escala predefinida que representam a importância de cada item do vetor  $Y_h(i)$ .  $X_{h(1,j)} = X_h(j)$  é um vetor com uma linha e “ $j$ ” colunas que mostra ‘como’ os itens do vetor  $Y_h(i)$  serão alcançados, produzidos, controlados, etc nesta etapa.

Ainda na Figura 3.5,  $C_{h(i,j)} = C_h(i,j)$  representa a correlação entre  $Y_h(i)$  e  $X_h(j)$ , cujos valores são atribuídos seguindo o padrão usado no QFD: “0”, “1”, “3” ou “9”, dependendo do grau de correlação. Os vetores com uma linha e “ $j$ ” colunas representados por  $P_{h(1,j)} = P_h(j)$  e  $R_{h(1,j)} = R_h(j)$ , e o vetor com uma coluna e “ $i$ ” linhas representado por  $V_{h(i,1)} = V_h(i)$  são calculados conforme as equações (1), (2) e (3), respectivamente. Esses vetores representam, nesta ordem, a pontuação  $P_h(j)$  de cada coluna dada pela soma da multiplicação de cada valor de  $W_h(i)$  pela correlação estipulada  $C_h(i,j)$ , essa mesma pontuação escrita de forma ponderada  $R_h(j)$  e o valor máximo atribuído para a correlação em cada linha  $V_h(i)$ .

$$P_h(j) = W_h(i)^t \cdot C_h(i,j) \quad (1)$$

$$R_h(j) = \frac{P_h(j)}{TOTAL}, \text{ sendo } TOTAL = \sum_{j=1}^N P_h(i) \text{ tal que } N = b, c, d \text{ ou } e \quad (2)$$

$$V_h(i) = \begin{bmatrix} \max[C_h(1,j)] \\ \max[C_h(2,j)] \\ \dots \\ \max[C_h(M,j)] \end{bmatrix}, \text{ tal que } M = a, b, c \text{ ou } d \quad (3)$$

Uma forma de priorizar os investimentos é ordenar os dados do vetor  $X_h(j)$  de forma decrescente de acordo com os valores do vetor  $R_h(j)$  ao qual estão relacionados. Então, nas etapas seguintes, conforme as equações (4) e (5) escritas de maneira genérica a seguir, o vetor  $X_h(j)$  já ordenado é transposto para que as colunas de uma etapa passem a ser as linhas da etapa seguinte e o vetor com a pontuação ponderada  $R_h(j)$  também ordenado é transposto para a funcionar como o peso para cada item. Em seguida, o usuário deverá inserir novos dados em  $X_h(j)$  e em  $C_h(i,j)$  para dar sequência ao DFSS-QDMC.

$$Y_{h+1}(i) = X_h(j)^t \quad (4)$$

$$W_{h+1}(i) = R_h(j)^t \quad (5)$$

Outra forma de priorizar esses dados é realizando um DOE, tendo como saída os dados em  $Y_{h+1}(i)$  que se deseja analisar, advindos de  $X_h(j)$ , e como fatores controláveis dos experimentos os dados de  $X_{h+1}(j)$  cujos limites de operação podem ser testados ou propostos a partir de uma SMC. Al-Aomar (2006) também usou DOE para definir valores e parâmetros do *design*. Desta forma é possível identificar quais dados são de fato significativos no processo.

Na primeira etapa,  $Y_1(i)$  e  $W_1(i)$  são vetores que correspondem, respectivamente, às necessidades do cliente e à importância de cada uma delas, ambos resultantes da Voz do Cliente (do inglês, *Voice of Customer* – VOC).  $X_1(j)$  corresponde aos requisitos técnicos enumerados pela equipe responsável pelo planejamento e  $C_1(i,j)$  é uma matriz que representa a correlação entre as necessidades e os requisitos.

Ainda na primeira etapa,  $P_1(j)$ ,  $R_1(j)$  e  $V_1(i)$  são os vetores calculados a partir das entradas do sistema conforme as equações (1), (2) e (3). A Figura 3.6 traz a modelagem desta etapa de maneira ilustrada, na qual os vetores e a matriz representados em cinza são as entradas a serem inseridas no sistema e os vetores representados em branco devem ser calculados a partir destas entradas.

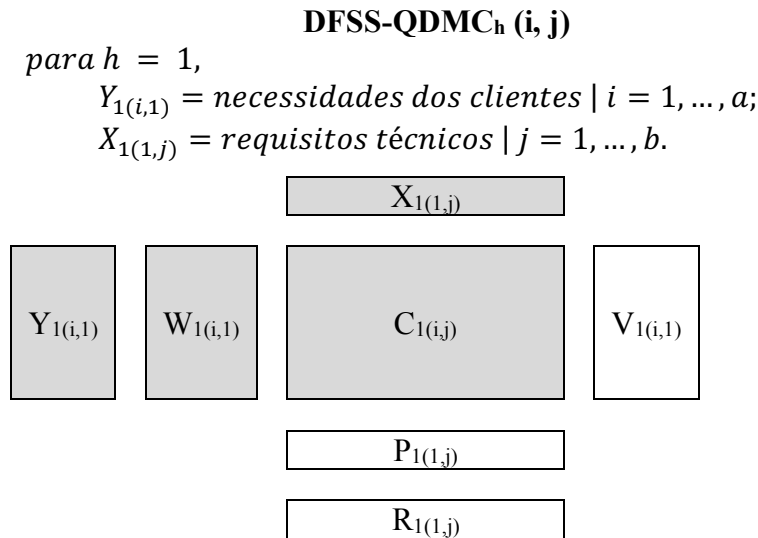


Figura 3.6 - Ilustração dos vetores e matrizes na Casa da Qualidade (primeira etapa)

Na segunda etapa,  $Y_2(i)$  recebe os dados atribuídos na etapa anterior para  $X_1(j)$  e  $W_2(i)$  recebe os valores calculados para  $R_1(j)$ , já ordenados seguindo a forma decrescente de  $R_1(j)$ . Assim,  $Y_2(i)$  passa a corresponder aos requisitos técnicos para o produto ou serviço e  $X_2(i)$  recebe os componentes ou as peças necessárias para atingir esses requisitos. Caso existam muitos requisitos e seja necessário mais do que uma ordenação para priorizar os mais importantes, um DOE pode ser usado, considerando os requisitos em  $Y_2(i)$  como respostas do sistema e os componentes necessários para alcançar esses requisitos inseridos em  $X_2(i)$  como fatores controláveis no experimento.

Além disso, uma SMC pode auxiliar na atribuição de valores para as características de cada componente, propondo distribuições de probabilidade para definir os limites aceitáveis. O vetor e a matriz representados em cinza claro na Figura 3.7 são as entradas a serem inseridas no sistema, os vetores em cinza escuro são provenientes da etapa 1 segundo as equações (4) e (5) e os vetores representados em branco devem ser calculados conforme as equações (1), (2) e (3).

**DFSS-QDMCh (i, j)**

para  $h = 2$ ,  
 $Y_{2(i,1)} = \text{requisitos técnicos} \mid i = 1, \dots, b$ ;  
 $X_{2(1,j)} = \text{características dos componentes} \mid j = 1, \dots, c$ .

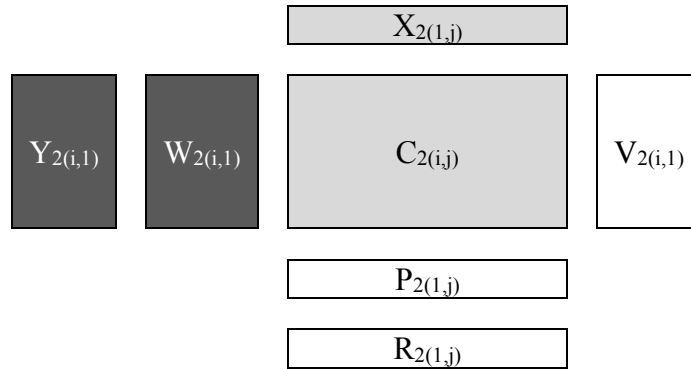


Figura 3.7 - Ilustração das matrizes no Planejamento dos Componentes (segunda etapa)

Na terceira etapa, da mesma forma,  $Y_3(i)$  recebe os dados atribuídos na etapa anterior para  $X_2(j)$  e  $W_3(i)$  recebe os valores calculados para  $R_2(j)$ , já ordenados seguindo a forma decrescente de  $R_2(j)$ . Assim,  $Y_3(i)$  passa a corresponder aos componentes do produto ou serviço e  $X_3(i)$  recebe as operações necessárias na fabricação desses componentes.

Caso existam muitos componentes e seja necessário mais do que uma ordenação para priorizar os mais importantes ou aqueles que de fato influenciam as características do produto ou serviço que está sendo desenvolvido, um outro DOE pode ser usado, considerando componentes  $Y_3(i)$  como respostas do sistema e as operações na produção destes para que tenham as características esperadas  $X_3(i)$  como fatores controláveis no experimento. Além disso, a SMC pode auxiliar na definição dos limites aceitáveis para as operações.

Mais uma vez, o vetor e a matriz representados em cinza claro na Figura 3.8 são as entradas a serem inseridas no sistema, os vetores em cinza escuro são provenientes da etapa 2 segundo as equações (4) e (5) e os vetores representados em branco devem ser calculados conforme as equações (1), (2) e (3).

**DFSS-QDMC<sub>h</sub> (i, j)**

*para*  $h = 3$ ,  
 $Y_{3(i,1)} = \text{componentes} \mid i = 1, \dots, c$ ;  
 $X_{3(1,j)} = \text{operações para fabricação} \mid j = 1, \dots, d$ .

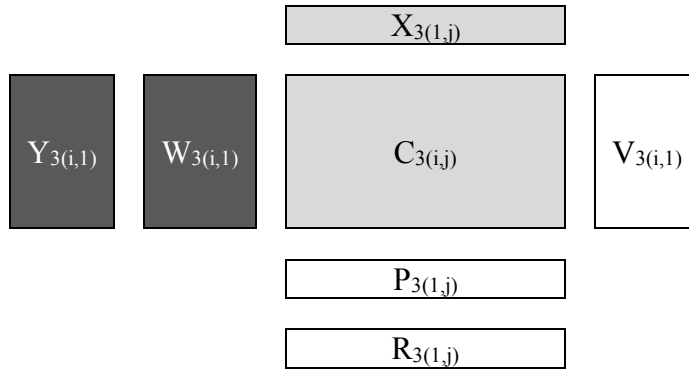


Figura 3.8 - Ilustração das matrizes no Planejamento dos Processos (terceira etapa)

Finalmente, na quarta etapa,  $Y_4(i)$  recebe os dados atribuídos na etapa anterior para  $X_3(j)$  e  $W_4(i)$  recebe os valores calculados para  $R_3(j)$ , ambos ordenados seguindo  $R_3(j)$  em ordem decrescente. Assim,  $Y_4(i)$  passa a corresponder às operações para fabricação dos componentes e  $X_3(j)$  recebe dados relativos às técnicas de controle usadas para que essas operações resultem em produtos dentro dos limites aceitáveis para características desejadas. Mais uma vez o DOE pode auxiliar na priorização e a SMC pode ser usada para estabelecer distribuições para os limites de aceitação no controle da qualidade.

Também nesta etapa, o vetor e a matriz representados em cinza claro na Figura 3.9 são entradas a serem inseridas no sistema, os vetores em cinza escuro são provenientes da etapa 3 segundo as equações (4) e (5) e os vetores representados em branco são calculados conforme as equações (1), (2) e (3).

**DFSS-QDMC<sub>h</sub> (i, j)**

*para*  $h = 4$ ,  
 $Y_{4(i,1)} = \text{fabricação} \mid i = 1, \dots, d$ ;  
 $X_{4(1,j)} = \text{técnicas para controle da qualidade} \mid j = 1, \dots, e$ .

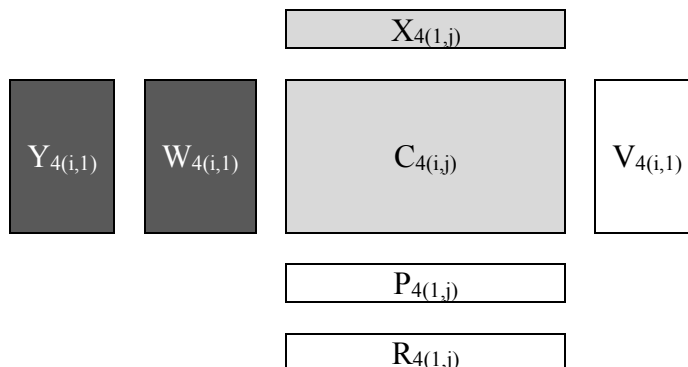


Figura 3.9 - Ilustração das matrizes no Controle dos Processos (quarta etapa)

Escrito em forma matricial, o modelo conceitual proposto na etapa anterior se tornou um modelo científico. A funcionalidade deste modelo foi testada através de uma pesquisa-ação que guiou a implementação do DFSS-QDMC em empresas de diferentes setores para verificar a adequação da proposta.

### 3.2.3 Solução do modelo

Após análise dos dados, uma solução foi proposta para unir os requisitos definidos na conceptualização e na modelagem de maneira prática e intuitiva. O modelo conceitual em conjunto com o modelo científico (equacionamento matricial da abordagem) resultou, portanto, em uma solução para o problema.

O método DFSS-QDMC, abordagem proposta para implementar o DFSS, é mostrado de forma esquemática na Figura 3.10. Seguindo este método, o DFSS é implementado usando basicamente as quatro fases do QFD adaptadas e, quando necessário, o DOE para seleccionar os requisitos técnicos, as características dos componentes e as operações mais importantes para o processo, e a SMC para estimar limites aceitáveis para as características dos componentes, as operações do processo e o controle da produção.

Ainda na Figura 3.10, cinza claro representa as matrizes que devem ser inseridas pelo usuário, branco as matrizes calculadas e cinza escuro as matrizes advindas de etapas anteriores. A abordagem é sugerida para o desenvolvimento de novos ou o *re-design* de processos existentes.

A solução obtida para o problema foi implementada em um teste piloto durante uma disciplina da graduação, na qual os alunos foram convidados a desenvolver um pêndulo de Newton usando o DFSS-QDMC. Esta implementação serviu para prover um *feedback* da abordagem desenvolvida na pesquisa e está detalhada no APÊNDICE D – Teste piloto do DFSS-QDMC: o pêndulo de Newton.

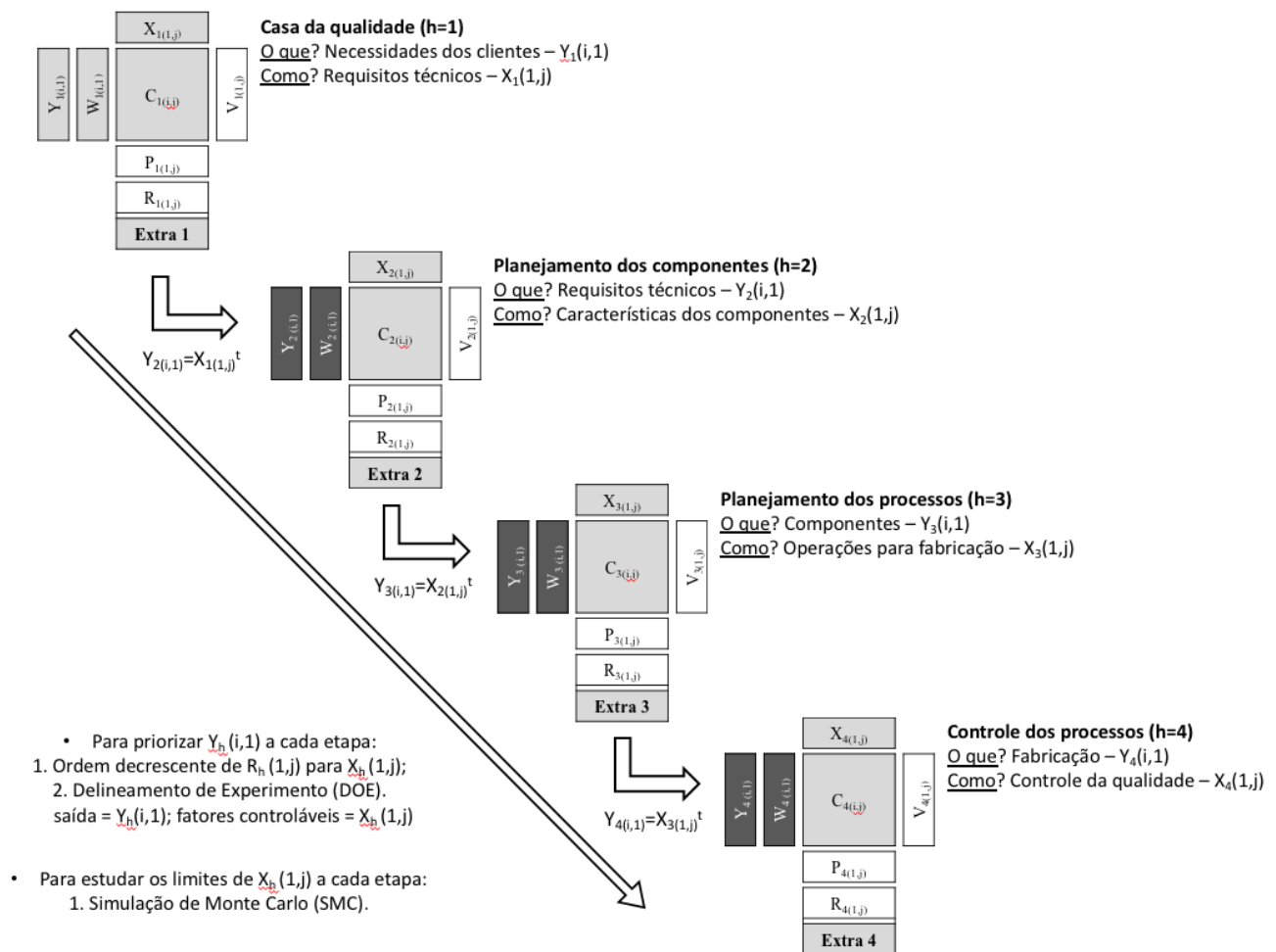


Figura 3.10 - DFSS-QDMC, a abordagem proposta para implementar o DFSS

### 3.2.4 Implementação

Este trabalho propõe que a realização da última etapa do ciclo para condução da modelagem e simulação, a implementação, fosse realizada seguindo os passos de uma pesquisa-ação, tendo diferentes empresas como objeto de estudo. Segundo Cresswell (2014), a combinação dos métodos de pesquisa quantitativo (Modelagem e Simulação) e qualitativo (Pesquisa-ação) é uma forma de validar o modelo proposto para a abordagem.

## 3.3 O método pesquisa-ação

Coughlan e Coughlan (2002) referem-se ao método pesquisa-ação como sendo a pesquisa em ação ao invés da pesquisa sobre a ação, como habitualmente ocorre em uma abordagem científica. Por causa disso, a pesquisa-ação pode muitas vezes ser confundida com uma consultoria e desacreditada enquanto método científico. No entanto, Mello *et al.* (2012) destacam que cabe ao pesquisador questionar-se a respeito dos critérios adotados para validar a pesquisa científica.

Assim, é de suma importância que a pesquisa-ação seja pautada na confiabilidade e na validade de seus resultados pois essas características demonstram sua qualidade e seu rigor científico. Uma pesquisa é confiável quando seus procedimentos são repetidos e apresentam os mesmos resultados; já uma pesquisa válida é aquela cujas conclusões ou inferências podem ser consideradas verdadeiras.

Para avaliar a validade e confiabilidade da pesquisa-ação, Thompson e Perry (2004) sugerem seis critérios sob o paradigma do realismo: adequação ontológica, validade contingente, percepções múltiplas de participantes e pesquisadores associados, fidedignidade metodológica, generalização analítica e validade de construto. No caso deste trabalho, os seis critérios foram enfatizados e podem ser percebidos e confirmados na descrição das etapas de condução da pesquisa-ação.

A adequação ontológica é analisada na fase preparatória do processo, quando se busca demonstrar que ele foi conduzido segundo as etapas previstas. A validade contingente trata da contextualização do processo, demonstrando que a pesquisa foi planejada visando uma contribuição científica e não foi uma simples aplicação de determinada tecnologia para a solução de problemas, como acontece no caso de projetos de consultoria.

As percepções múltiplas de participantes e pesquisadores associados devem ser consideradas na etapa de coleta de dados quando também devem ser validados os instrumentos para obtê-los. A fidedignidade metodológica garante que o trabalho apresenta dados confiáveis. Para isso, o relato precisa ser bastante detalhado e demonstrar o cuidado do pesquisador com a cientificidade do processo de pesquisa.

A generalização analítica é a etapa do processo de validação na qual são apresentados os resultados que confirmam ou refutam a teoria e as condições em que foram obtidos, permitindo que outros pesquisadores continuem a explorar o tema. O último critério proposto, validade do construto, busca a avaliação dos resultados a fim de caracterizar as contribuições do estudo a partir do encadeamento de evidências e das discussões realizadas.

Mello *et al.* (2012) basearam-se nos estudos a respeito da pesquisa-ação de Westbrook (1995), Coughlan e Coughlan (2002) e Thiollent (2011) para propor uma estrutura completa de condução desse método para a pesquisa em Engenharia de Produção. Esta estrutura cíclica com cinco etapas foi seguida neste trabalho e pode ser observada na Figura 3.11.

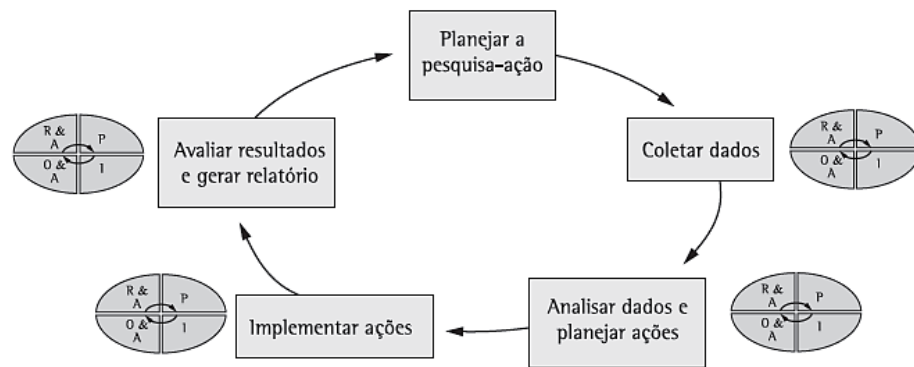


Figura 3.11 - Estrutura para condução da Pesquisa-ação

Fonte: Mello *et al.* (2012)

O objetivo geral do trabalho pode ser alcançado em um único ciclo da pesquisa-ação ou esta pode ser separada em ciclos menores correspondentes aos objetivos específicos. Além disso, a definição e o planejamento das etapas a serem seguidas ao longo da pesquisa devem estar intimamente relacionados às circunstâncias do ambiente no qual está inserida a organização pesquisada (THIOLLENT, 2011).

De acordo com Mello *et al.* (2012), para cada etapa do ciclo de condução da pesquisa-ação deve haver um ciclo de melhoria e aprendizagem composto por quatro fases: planejar, implementar, observar/avaliar, refletir/agir. Este ciclo tem a finalidade de monitorar a implementação das ações sugeridas, garantindo o sucesso da pesquisa-ação e reafirma uma necessidade amplamente abordada na literatura: o monitoramento constante que deve ser feito pelo pesquisador na condução da pesquisa-ação.

Mello *et al.* (2012) sugerem ainda que o ciclo de melhoria e aprendizagem seja operacionalizado através de reuniões entre o pesquisador e os participantes da organização. Além disso, seus resultados devem ser registrados para garantir que o aprendizado permaneça documentado.

Baseando-se nas informações disponíveis na literatura, uma abordagem diferenciada para conduzir projetos usando DFSS foi desenvolvida seguindo o método de pesquisa Modelagem e Simulação. A implementação desta abordagem em processos reais deu-se em um único ciclo seguindo os passos da pesquisa-ação.

As fases sugeridas para a condução da pesquisa-ação, bem como as atividades intrínsecas a cada uma delas que foram realizadas neste trabalho, estão descritas nos itens 3.2.1 a 3.2.5 a seguir e correspondem, respectivamente, às etapas de planejamento, coleta de dados, análise dos dados e planejamento das ações, implementação das ações, e análise dos dados e confecção de relatórios.

### 3.3.1 Planejamento

Esta fase é subdividida em quatro etapas: Início do trabalho (item 3.3.1.1); definição do contexto e do propósito (item 3.3.1.2); definição da estrutura conceitual-teórica (item 3.3.1.3); e seleção da unidade de análise e das técnicas de coleta de dados (item 3.3.1.4).

#### 3.3.1.1 Início

O trabalho pode ser iniciado voltado para a pesquisa ou para a resolução de um problema prático específico e a ordem das três etapas seguintes depende dessa motivação.

Quando o pesquisador identifica um problema na literatura e busca um objeto de estudo para resolvê-lo, parte de uma estrutura conceitual-teórica estabelecida. Em seguida, as unidades de análise e as técnicas de coleta de dados são selecionadas para, então, serem definidos o contexto e o propósito da pesquisa.

No projeto iniciado a partir de um problema específico, o pesquisador sugere soluções embasadas pela literatura para este problema, assim, o contexto e o propósito já estão estabelecidos e é preciso definir uma estrutura conceitual-teórica para finalmente selecionar a unidade de análise e as técnicas de coleta de dados.

A motivação desta pesquisa-ação veio da necessidade de implementar a solução encontrada para o problema inicial da pesquisa por modelagem e simulação. Desta forma, este trabalho pode ser considerado voltado para a resolução de um problema específico.

#### 3.3.1.2 Contexto e propósito

Após o levantamento das informações iniciais, são estabelecidos os principais objetivos da pesquisa para realizar um diagnóstico do problema de pesquisa. Para o contexto deste trabalho, é sabido que o interesse das organizações por programas de melhoria que garantam a qualidade dos produtos ou serviços, a satisfação dos clientes e uma boa lucratividade é crescente. Dentre eles, destaca-se o SS, que tem sido um dos treinamentos mais requisitados atualmente pelas organizações por causa da magnitude e da velocidade dos resultados.

Os projetos são conduzidos principalmente por *Green Belts* e *Black Belts* focados na resolução de problemas e orientados pelos dados do processo. Quando o produto / serviço ainda está no estágio de desenvolvimento ou de reestruturação, é usado o DFSS. Este método, no entanto, ainda não está tão bem fundamentado e padronizado quanto a filosofia SS. Os trabalhos que descrevem aplicações não apresentam um consenso quanto ao roteiro a ser seguido e isso é frequentemente apontado como a principal desvantagem.

A necessidade de experiência com outros projetos DFSS semelhantes e de um profundo conhecimento estatístico e das diversas ferramentas *lean* para decidir como proceder em cada etapa também impactam negativamente o uso do DFSS.

Neste contexto, uma abordagem prática e intuitiva para implementar o DFSS tanto na indústria de manufatura quanto na de serviços foi desenvolvida usando modelagem e simulação e a ideia desta pesquisa-ação é guiar a implementação desta abordagem em projetos reais.

### **3.3.1.3 Estrutura conceitual-teórica**

Definir a estrutura conceitual-teórica é o mesmo que fazer a fundamentação teórica. O objetivo desta etapa é identificar áreas com pesquisas em potencial na literatura tanto a partir da revisão de trabalhos clássicos antigos quanto mais recentes sobre o tema a ser explorado.

A estrutura conceitual-teórica deste trabalho baseou-se na literatura disponível sobre DFSS nas principais bases de dados para o meio acadêmico: WOS da *Thomson Reuters* e Scopus da *Elsevier Science*. O resultado desta etapa foi apresentado no Capítulo 2 deste trabalho.

### **3.3.1.4 Unidade de análise e técnicas de coleta de dados**

A unidade de análise deve ser selecionada antes das técnicas de coleta de dados. As unidades de análise escolhidas para este trabalho foram diferentes equipes que optaram por executar projetos do tipo DFSS em treinamentos *Green Belt* oferecidos pelas empresas em que trabalham e supervisionados pela autora deste trabalho e seu orientador. Dentre os projetos que se encaixam neste perfil, um projeto desenvolvido em uma empresa de manufatura e um projeto desenvolvido em uma empresa de serviços foram escolhidos para comprovar a eficácia da abordagem proposta.

Os resultados decorrentes da aplicação do DFSS em projetos de desenvolvimento de produtos e serviços seguindo o DFSS-QDMC são apresentados e discutidos no Capítulo 4 deste trabalho. As técnicas de coleta de dados escolhidas são a análise da documentação fornecida pela equipe, a análise da apresentação final do projeto, além de entrevistas informais com os supervisores e com a própria equipe dos projetos ao longo do desenvolvimento destes.

## **3.3.2 Coleta de dados**

Em uma coleta de dados inicial buscou-se entender as necessidades dos funcionários que seriam treinados para implementar a abordagem como projeto final de um curso *Green Belt* oferecido pelas empresas. Em seguida, uma nova coleta de dados foi realizada para verificar a

eficácia da metodologia a partir de análise da documentação fornecida pela equipe e da própria apresentação final do projeto, além de conversas com os supervisores e com a própria equipe dos projetos ao longo do desenvolvimento destes.

É válido ressaltar nesta etapa que os dados não são gerados apenas durante a participação e observação das equipes no trabalho, dos problemas sendo resolvidos, das decisões sendo tomadas e da apresentação dos resultados finais, mas também através de intervenções feitas para avançar o projeto. Por isso, é preciso que os dados sejam registrados e realimentados continuamente, como foi feito neste trabalho, e que o pesquisador esteja em contato direto com a unidade de análise.

### **3.3.3 Análise dos dados e planejamento das ações**

Primeiramente um curso sobre SS e DFSS foi planejado e a abordagem desenvolvida neste trabalho foi apresentada aos alunos para que fosse seguida nos projetos do tipo DFSS. Um projeto piloto para ensinar esta abordagem foi desenvolvido em conjunto com alunos da graduação, mostrando todas as etapas para criar um pêndulo de Newton e este projeto piloto foi usado como teste para posteriormente implementar o DFSS-QDMC nas empresas. Este projeto pode ser consultado no APÊNDICE D – Teste piloto do DFSS-QDMC: o pêndulo de Newton.

Ficou decidido nesta etapa que os projetos seriam acompanhados pela pesquisadora e pelo seu orientador e, em seguida, os resultados finais seriam coletados a fim de comprovar a eficácia da abordagem.

### **3.3.4 Implementação do plano de ações**

Nesta etapa, sob supervisão do pesquisador, os participantes da pesquisa implementam a ação planejada, que, é o DFSS-QDMC neste caso, em treinamento *Green Belt*. Coughlan e Coughlan (2002) advertem que a tarefa de implementar o plano de ações deve ser realizada de forma colaborativa com membros importantes da organização.

Uma descrição completa de alguns dos projetos desenvolvidos em parceria com empresas de manufatura e também de serviço ao longo dos últimos anos está no Capítulo 4 deste trabalho. Dentre todas as equipes que escolheram trabalhar com projetos DFSS, duas foram selecionadas para comprovar a eficácia da abordagem.

### **3.3.5 Avaliação dos resultados e confecção de relatórios**

A fase de avaliação é a etapa final da pesquisa-ação. Coughlan e Coughlan (2002)

consideram que a avaliação envolve uma reflexão sobre os resultados da ação, tanto aqueles intencionais quanto os não intencionais. Ainda segundo esses autores, a avaliação é a chave para o aprendizado e sem ela as ações são implementadas ao acaso, independente de sucesso ou fracasso, e os erros se proliferam, gerando um aumento da ineficácia e da frustração.

Neste sentido, Mello *et al.* (2012) sugerem que o pesquisador elabore uma narrativa da pesquisa realizada e um quadro de resumo com os dados disponibilizados de maneira apresentável para facilitar a discussão posterior.

Este trabalho é uma narrativa detalhada da pesquisa que foi conduzida durante o período de doutoramento da autora. A pesquisa teve início com uma revisão da literatura, analisando os artigos e livros publicados sobre o tema. Em seguida houve planejamento, discussão, aperfeiçoamento e proposta da abordagem prática para conduzir o DFSS usando a metodologia modelagem e simulação. A aplicabilidade da abordagem é confirmada pelo teste piloto desenvolvido em conjunto com uma turma de alunos da graduação e pelos resultados dos projetos reais desenvolvidos em parcerias com empresas através de treinamentos *Green Belt*.

## 4. O MÉTODO DFSS-QDMC: APLICAÇÕES REAIS

### 4.1 O método DFSS-QDMC

Uma ilustração do método DFSS-QDMC já foi mostrada na Figura 3.10 deste trabalho. Os procedimentos propostos para o método têm início na primeira fase da implementação do DFSS ( $h=1$ ), a “Casa da Qualidade”, que consiste em coletar a Voz do Cliente através de levantamentos, pesquisas de opinião, *brainstorming*, reuniões com a equipe, *etc*, listá-la em  $Y_1(i,1)$  e atribuir uma importância a cada item em uma escala coerente em  $W_1(i,1)$ . Não existe uma definição de valores, pode ser usada uma escala de 0 a 10, de 1 a 5, ou qualquer outra escala, desde que seja um padrão coerente para a equipe. É importante estar atento, no entanto, para que as necessidades reflitam a opinião dos clientes de fato, e não o que a equipe pensa que seria a opinião do cliente.

Em seguida, essas necessidades devem ser traduzidas em requisitos técnicos do projeto em  $X_1(1,j)$  pela equipe de desenvolvimento e, quanto pertinente, podem ser atribuídos alvos ou limites superiores e inferiores de especificação usando, por exemplo, SMC e podem ser armazenados no espaço denominado “Extra 1”. Isso quer dizer que os CTQs devem ser escritos de forma que seja possível mensurá-los. Uma necessidade de um produto “mais rápido” pode ser traduzida em uma velocidade medida em [km/h] ou [m/s], por exemplo.

A célula no encontro da necessidade do cliente com o requisito funcional na Casa da Qualidade deve ser preenchida de acordo com a relação entre eles: “9” para uma relação forte, “3” para uma relação média, “1” para fraca e “0” ou nada quando não existe relação. Novamente esses valores são os mais usuais, mas podem ser alterados e adaptados às necessidades do projeto desde que haja coerência. Desta forma, a matriz  $C_1(i,j)$  é construída.

Em seguida, calcula-se a pontuação  $P_1(1,j)$  de cada requisito fazendo um somatório da multiplicação do valor da relação em  $C_1(i,j)$  com o valor da importância em  $W_1(i,1)$  de cada necessidade. Além, disso, essa pontuação é também representada de forma ponderada em  $R_1(1,j)$ . Com esse cálculo, os requisitos podem ser ordenados e priorizados, dada a sua pontuação ou através de um DOE. As necessidades dos clientes podem ser analisadas ainda pelo valor máximo de relação dado em  $V_1(i,1)$ , cujo valor estando abaixo dos outros pode representar uma necessidade menos importante ou que não foi atendida pelos requisitos funcionais sugeridos.

Nesta primeira matriz podem também ser trabalhados conceitos relacionados a *brainstorming*, diagrama de Kano, diagrama de afinidades, análise em pares, matriz de critérios,

análise de concordância por atributos, AHP (do inglês, *Analytic Hierarchy Process*), diagrama de funções, matriz Pugh, *design* axiomático, teste *pairwise*, entre outras técnicas e ferramentas bem conhecidas na Engenharia de Produção. É válido ressaltar, todavia, o caráter opcional destes itens na condução do projeto.

Na segunda fase ( $h=2$ ), o “Planejamento dos Componentes”, os requisitos técnicos  $X_1(1,j)$  da primeira etapa são ordenados, priorizados e realocados em  $Y_2(i,1)$ . Neste procedimento, alguns requisitos podem até ser eliminados do planejamento, caso não sejam significativos para o processo. A importância dos requisitos  $W_2(1,j)$  é a importância ponderada calculada na Casa da Qualidade  $R_1(1,j)$  e novamente os valores “9”, “3”, “1” e “0”, são usados para representar a relação entre os requisitos  $Y_2(i,1)$  e as características dos componentes  $X_2(1,j)$ , ou seja, as peças que compõem o produto, na matriz  $C_2(i,j)$ .

$P_2(1,j)$ ,  $R_2(1,j)$  e  $V_2(i,1)$  são calculados da mesma maneira que na primeira fase. Ainda nesta segunda etapa, de maneira opcional, ferramentas de criatividade, TRIZ, análises de risco, análise do Tipo e Efeito de Falha (do inglês, *failure mode and effect analysis* – FMEA), diagrama de causa e efeito, ANOVA (do inglês, *Analysis of Variance*), simulação, entre outras, podem também ser trabalhadas nesta etapa de maneira opcional.

É comum que as características dos componentes sejam definidas após a criação de diferentes conceitos para o produto e da realização de diversos experimentos. Neste caso, podem ser usados DOE ou qualquer outra ferramenta de causa e efeito para dar fundamento às escolhas dos valores atribuídos às relações e ferramentas de simulação podem basear a alocação de tolerâncias ou limites para as características dos componentes, como a SMC. Esses dados podem ser armazenados no espaço denominado por “Extra 2”.

Na terceira fase ( $h=3$ ), o “Planejamento dos Processos”, as características dos componentes  $Y_3(i,1)$  advindas de  $X_2(1,j)$  na segunda etapa, após ordenação e priorização, são correlacionadas com as operações  $X_3(1,j)$  nos processos de produção de cada componente, e a importância  $W_3(i,1)$  dessas características é novamente dada pela pontuação ponderada  $R_2(1,j)$ , calculada na matriz anterior. Nesta matriz de correlações  $C_3(i,j)$  são atribuídos os mesmos valores das anteriores, “9”, “3”, “1”, ou “0” para relacionar, desta vez, os componentes e os processos. Desta forma também são calculadas  $P_3(1,j)$  e ponderadas  $R_3(1,j)$  as pontuações para priorizar os processos. A verificação  $V_3(i,1)$  também é feita a partir do maior valor de cada linha, para identificar se todas as características dos componentes estão sendo consideradas nas operações.

Seria interessante nesta etapa, em um treinamento mais longo, abordar conceitos de engenharia robusta, componentes da variação, aleatoriedade, análise de regressão, simulação, plano de coleta de dados, etc. Ao final da matriz, em “Extra 3” é disponibilizado um espaço

para realizar um estudo estatístico simplificado dos processos, com a média, desvio padrão, e uma amostragem de cada processo, por exemplo, e este estudo pode ser aprofundado o tanto quanto for interessante para a equipe. É válido ressaltar que este ainda não é o controle do processo, apenas um apoio para tomadas de decisão mais acertadas.

A última fase da implementação do DFSS ( $h=4$ ), o “Controle dos Processos”, consiste na definição dos métodos e técnicas de controle  $X_4(1,j)$  que devem ser usados nas operações  $Y_4(i,1)$  determinadas no item anterior em  $X_3(1,j)$ . Tópicos relacionados a controle estatístico de processo, *poka yoke*, inspeção, plano de ações para padronizar processos, treinamentos, etc são interessantes para serem trabalhados nesta etapa caso seja do interesse da empresa.

Como nas etapas anteriores, a matriz  $C_4(i,j)$  relaciona os processos de fabricação ordenados e priorizados  $Y_4(i,1)$  com o controle da qualidade  $X_4(1,j)$  através dos valores “9”, “3”, “1”, ou “0”, dependendo do grau de relação.  $P_4(1,j)$ ,  $R_4(1,j)$  e  $V_4(i,1)$  são calculados da mesma maneira que nas etapas anteriores e, também nesta etapa, DOE pode auxiliar na priorização e SMC na definição de limites para a qualidade dos processos.

O segredo desta última matriz é verificar como o processo será controlado e analisar se todos os CTQs estão sendo considerados nas variáveis do processo para então investigar se o processo é, de fato, capaz. Informações como frequência de verificação, tamanho da amostra, tipo de medição e instruções para coleta de dados devem ser acrescentados nas linhas finais em “Extra 4”.

Todos esses procedimentos propostos para implementar o DFSS de maneira mais prática e intuitiva foram seguidos em diferentes projetos. Além do teste piloto conduzido durante uma disciplina da graduação, este método foi usado em aplicações reais durante cursos para a formação de *Green Belts* realizados em parceria com empresas brasileiras, tanto do setor de serviços quanto do setor de manufatura.

Diversos projetos SS e DFSS foram desenvolvidos pelos funcionários das empresas. Uma implementação do DFSS em cada setor foi escolhida para compor este trabalho. Os cursos teóricos foram conduzidos ao longo de um mês, aproximadamente, e o apoio técnico aos projetos por e-mail, Skype e reuniões presenciais ocasionais continuou enquanto houvesse necessidade dos grupos para finaliza-los, uma vez que projetos diferentes implicam em durações diferentes.

É válido ressaltar que os projetos foram desenvolvidos em paralelo com outras funções que os funcionários desempenham nas empresas. Como não houve dedicação exclusiva dos funcionários aos projetos, o tempo de duração foi mais longo do que o comum para projetos semelhantes. As empresas ou os ramos de atuação não serão identificadas neste trabalho por

questões de confidencialidade e sigilo empresarial.

## 4.2 Empresa 1

Este primeiro projeto consistiu na implementação do DFSS no setor de manufatura para otimização de um produto para refrigeração. O DFSS foi usado para auxiliar na decisão de manter o compressor atual ou usar um novo tipo de compressor na montagem de dois produtos diferentes, identificando e comparando o custo e o desempenho destes produtos e respeitando as restrições de tecnologia. Para manter sigilo a pedido da empresa, o nome desta e algumas características que possibilitariam sua identificação foram ocultados.

Na Empresa 1, a VOC considerou outros setores como clientes internos e três empresas que comprem o produto final como clientes externos, e foi obtida por meio de entrevistas, pesquisas com questionário e *brainstorming* em grupo.

Com relação aos clientes internos, a VOC apontou a necessidade de entendimento das características operacionais e potencialidades da tecnologia, de conhecimento profundo do sistema do cliente permitindo que as atividades de co-desenvolvimento atinjam resultados expressivos e de conhecimento das implicações de custos no sistema para precificar a tecnologia desenvolvida.

Auxiliada por outras técnicas da engenharia da qualidade, tais como diagrama de afinidades, diagrama de Kano e teste *Pairwise*, a equipe definiu uma lista para resumir o que o cliente externo deseja: baixo custo de energia, redução do custo do sistema e boa preservação do alimento.

Para a primeira matriz do QFD, essas necessidades dos clientes foram transformadas pela equipe do projeto nos seguintes requisitos técnicos: alta temperatura de evaporação, baixa temperatura de condensação, baixo consumo de ventiladores, baixo consumo do compressor, alto nível de isolamento térmico, alta estabilidade térmica nos compartimentos.

Uma escala de 1 a 10 foi usada para classificar a importância das necessidades para o cliente, com base nos questionários. Foram atribuídos valores para o alvo, limites de especificação e outros dados extras do projeto, mas estes foram ocultados em todas as tabelas a pedido da empresa. Os dados mencionados, os valores atribuídos para a importância das necessidades e para as relações entre necessidades e requisitos, bem como as pontuações e prioridades calculadas nesta primeira fase, a Casa da Qualidade, podem ser verificados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Casa da Qualidade (fase 1) para a implementação do DFSS em uma empresa de manufatura

|                             |    | Requisitos técnicos            |                                  |                               |                             |                                  |                                              | max |
|-----------------------------|----|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------|-----|
|                             |    | Alta temperatura de evaporação | Baixa temperatura de condensação | Baixo consumo de ventiladores | Baixo consumo do compressor | Alto nível de isolamento térmico | Alta estabilidade térmica nos compartimentos |     |
| Necessidades do Cliente     |    | Importância                    |                                  |                               |                             |                                  |                                              |     |
| Baixo consumo de energia    | 10 | 9                              | 3                                | 9                             | 3                           | 9                                |                                              | 9   |
| Redução do custo do sistema | 9  | 3                              |                                  | 9                             |                             | 9                                |                                              | 9   |
| Preservação do alimento     | 7  |                                |                                  |                               |                             |                                  | 9                                            | 9   |
| pontuação                   |    | 117                            | 30                               | 171                           | 30                          | 171                              | 63                                           |     |
|                             |    | 17.41%                         | 4.46%                            | 25.45%                        | 4.46%                       | 25.45%                           | 9.38%                                        |     |
| prioridade                  |    | 3                              | 5                                | 1                             | 5                           | 1                                | 4                                            |     |

Todas as necessidades do cliente abordadas na Tabela 4.1 estão correlacionadas com ao menos um dos requisitos e por isso a coluna identificada por “max” mostra o valor 9 para todas as necessidades. Além disso, é possível concluir que os requisitos menos influentes são a baixa temperatura de condensação e o baixo consumo do compressor. Os clientes priorizam um produto com baixo consumo de ventiladores e alto nível de isolamento térmico.

Na segunda fase, o Planejamento dos Componentes, os requisitos técnicos foram ordenados de acordo com a prioridade estabelecida na fase 1. Um DOE do tipo fatorial foi usado para auxiliar na determinação das correlações entre os requisitos funcionais da etapa anterior e as características físicas que a equipe optou por usar no preenchimento da tabela nesta etapa, uma vez que os tipos de componentes não possuem oportunidade para variação, mas suas características sim.

As características levantadas pela equipe foram: aumentar UA dos evaporadores, reduzir a vazão mássica, aumentar UA do condensador, aumentar a eficiência energética, aumentar a espessura do isolamento, reduzir a condutividade térmica, aumentar período de chaveamento, e evitar *off cycle*. A segunda etapa da abordagem, referente ao Planejamento dos componentes, pode ser vista na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Planejamento dos Componentes (fase 2) para a implementação do DFSS em uma empresa de manufatura

| Características dos componentes              |       | Importância | aumentar UA dos evaporadores | reduzir a vazão mássica | aumentar UA do condensador | aumentar a eficiência energética | aumentar a espessura do isolamento | reduzir a condutividade térmica | aumentar período de chaveamento | evitar <i>off cycle</i> | max |
|----------------------------------------------|-------|-------------|------------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------|-----|
| Requisitos técnicos ↓                        |       |             |                              |                         |                            |                                  |                                    |                                 |                                 |                         |     |
| Baixo consumo de ventiladores                | 25.45 | 9           | 9                            |                         |                            |                                  |                                    |                                 |                                 | 3                       | 9   |
| Alto nível de isolamento térmico             | 25.45 |             | 9                            |                         | 9                          |                                  |                                    |                                 |                                 | 3                       | 9   |
| Alta temperatura de evaporação               | 17.41 |             |                              |                         |                            | 9                                |                                    |                                 |                                 |                         | 9   |
| Alta estabilidade térmica nos compartimentos | 9.38  | 9           |                              |                         | 9                          | 9                                |                                    |                                 |                                 |                         | 9   |
| Baixa temperatura de condensação             | 4.46  |             |                              |                         |                            |                                  | 9                                  | 9                               |                                 |                         | 9   |
| Baixo consumo do compressor                  | 4.46  | 3           |                              |                         |                            |                                  |                                    |                                 | 9                               | 9                       | 9   |
| pontuação                                    |       | 326.85      | 458.1                        | 313.47                  | 241.11                     | 40.14                            | 40.14                              | 40.14                           | 192.84                          |                         |     |
|                                              |       | 18.43%      | 25.83%                       | 17.68%                  | 13.60%                     | 2.26%                            | 2.26%                              | 2.26%                           | 10.88%                          |                         |     |
| prioridade                                   |       | 2           | 1                            | 3                       | 4                          | 6                                | 6                                  | 6                               | 5                               |                         |     |

Neste caso, as características menos importantes a serem consideradas na produção são aumentar a espessura do isolamento, reduzir a condutividade térmica, aumentar período de chaveamento. No entanto, a redução da vazão mássica é a característica que merece o maior investimento. Vale também destacar que todos os requisitos foram devidamente considerados ao definir os componentes pois sempre há ao menos uma relação forte dos requisitos com algum dos componentes.

Da mesma forma que ocorreu da primeira para a segunda fase, as colunas da segunda matriz, priorizadas de acordo com a pontuação calculada, passaram a ser as linhas da terceira e, desta vez, as colunas foram preenchidas com as características do produto se alcançadas as características definidas para os componentes uma vez que a fabricação dos componentes não era uma prioridade na empresa, mas sim a montagem do sistema. A Tabela 4.3 mostra como esta etapa foi conduzida.

Tabela 4.3 - Planejamento dos Processos (fase 3) para a implementação do DFSS em uma empresa de manufatura

| Características do produto            |       | Características dos componentes |                               |                                        | max                       |
|---------------------------------------|-------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------|---------------------------|
|                                       |       | Importância                     | Quantidade de material (área) | Deslocamento volumétrico do compressor | Volume interno do sistema |
| reduzir a vazão mássica               | 25.83 | 3                               | 3                             | 9                                      | 9                         |
| aumentar UA dos evaporadores          | 18.43 | 9                               |                               | 9                                      | 9                         |
| aumentar UA do condensador            | 17.68 | 9                               |                               | 9                                      | 9                         |
| aumentar a eficiência energética      | 13.60 |                                 | 9                             | 3                                      | 9                         |
| evitar <i>off cycle</i>               | 10.88 |                                 | 3                             |                                        | 3                         |
| aumentar a espessura do isolamento    | 2.26  | 3                               |                               | 9                                      | 9                         |
| reduzir a condutividade térmica (VIP) | 2.26  | 3                               |                               | 3                                      | 3                         |
| aumentar período de chaveamento       | 2.26  |                                 | 9                             |                                        | 9                         |
| pontuação                             |       | 416.04                          | 252.87                        | 625.38                                 |                           |
|                                       |       | 32.14%                          | 19.54%                        | 48.32%                                 |                           |
| prioridade                            |       | 2                               | 3                             | 1                                      |                           |

Nesta etapa, os valores máximos atribuídos às características dos componentes para evitar o *off cycle* e para reduzir a condutividade térmica foi definido como 3. Isso quer dizer que talvez essas características não estejam bem representadas quanto às suas implicações nas características do produto final, cabendo uma revisão destes itens por parte da equipe. A característica que está sendo priorizada é o volume interno do produto final, seguida pela quantidade de material usada e, por último, o deslocamento volumétrico do compressor.

Na última etapa, os métodos de controle do processo seriam definidos para as operações ou características pós-montagem consideradas na fase anterior. Além disso, dados referentes à medição seriam disponibilizados nesta tabela, podendo ser alterados de acordo com as necessidades de cada projeto. A Tabela 4.4 mostra a organização dos dados nesta última fase, finalizando a implementação do DFSS.

Tabela 4.4 - Controle dos Processos (fase 4) para a implementação do DFSS em uma empresa de manufatura

| Características do produto             |       | Importância | Controle        |               |          | max |
|----------------------------------------|-------|-------------|-----------------|---------------|----------|-----|
|                                        |       |             | Inspeção visual | Control Chart | Ensaaios |     |
| Volume interno do sistema              | 48.32 |             |                 |               |          |     |
| Quantidade de material (área)          | 32.14 |             |                 |               |          |     |
| Deslocamento volumétrico do compressor | 19.54 |             |                 |               |          |     |
| pontuação                              |       |             |                 |               |          |     |
| prioridade                             |       |             |                 |               |          |     |
| Frequência de checagem                 |       |             |                 |               |          |     |
| Referência                             |       |             |                 |               |          |     |
| Outros dados                           |       |             |                 |               |          |     |

Novamente a importância de cada operação é dada pela pontuação ponderada calculada na fase anterior e uma relação é estabelecida entre os métodos de controle e as operações para que os métodos sejam devidamente priorizados caso haja alguma restrição orçamentária ou de tempo, por exemplo.

No caso deste projeto da Empresa 1, a última fase não foi discutida pelo grupo pois o projeto não chegou na fase de produção. A SMC poderia ser usada para simular os dados de uma linha de produção com os erros e defeitos inerentes, mas a equipe considerou que, de fato, não haveria necessidade de prosseguir com a quarta etapa e finalizou o projeto na terceira. Caso seja do interesse da Empresa 1 dar continuidade ao projeto posteriormente, todas as etapas estão devidamente documentadas e arquivadas.

É muito comum em implementações reais que as empresas cheguem até uma fase intermediária do DFSS e usem os resultados para comparar ou apresentar diferentes possibilidades em reuniões com a gerência antes de iniciar os investimentos ou os gastos com a produção. Este projeto, por exemplo, foi usado para comparar o desempenho e o custo de dois produtos caso um compressor que usa uma nova tecnologia passe a ser usado na montagem destes, conforme ilustrado na Figura 4.1.

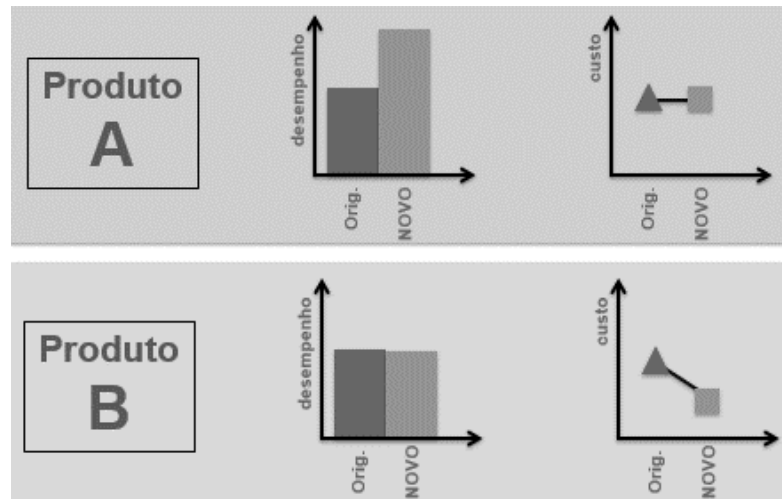


Figura 4.1 - Análise do custo e do desempenho de dois produtos montados pela Empresa 1 em sua forma original ou com um novo tipo de compressor

A análise do custo e do desempenho de dois produtos em sua forma original ou com um novo tipo de compressor foi ilustrada pela equipe em forma de gráficos, construídos a partir dos dados inerentes às três primeiras fases do DFSS-QDMC.

Ao chegar na terceira fase do projeto, equipe concluiu que o desempenho do produto A usando o novo tipo compressor seria superior ao produto que estavam vendendo, sem que houvesse grande alteração no custo da montagem. Com relação ao produto B, o desempenho usando o novo compressor na montagem seria ligeiramente inferior, no entanto, o preço seria reduzido. Mais uma vez os valores e nomes foram ocultados a pedido da Empresa 1.

O uso do novo tipo de compressor foi considerado vantajoso pela equipe do projeto, mas ainda seria discutido internamente pela alta gerência antes que houvesse alteração na produção e chegasse ao consumidor. A equipe do projeto considera o fato dos resultados serem embasados pelo DFSS um peso importante na decisão dos gerentes.

### 4.3 Empresa 2

O segundo projeto selecionado para compor este trabalho de tese foi uma implementação do DFSS no setor de serviço e diz respeito à otimização de um sistema para ampliação do portfólio de vendas por *telemarketing*. Mais uma vez para manter sigilo, o nome da empresa e algumas características que possibilitariam a identificação desta foram ocultados.

Na Empresa 2, a VOC considerou como clientes internos os diretores das diferentes unidades de negócios (UN) que a empresa possui e como clientes externos os potenciais clientes via *telemarketing*. A VOC foi obtida principalmente por meio de *brainstorming* em grupo e entrevistas com os diretores.

Com relação aos diretores, a VOC apontou a necessidade de uma solução de baixo custo, que exigisse pouco tempo de treinamento dos funcionários e baixa complexidade de gestão (pouca estrutura). Além disso, que propiciasse aumento da receita de venda das UN pelo televentas, aumento da sinergia e melhor gerenciamento dos clientes. Com relação aos potenciais clientes, a VOC apontou o desejo de praticidade e comodidade.

A equipe definiu uma lista com 12 VOC para representar o que ambos os clientes desejam: Baixo custo operacional, baixa complexidade da gestão (estrutura), alta aderência às necessidades dos clientes, aumento no volume de vendas na UN1, aumento do volume de vendas na UN2, aumento do volume de vendas na UN3, aumento de financiamentos na UN4, aumento do volume de vendas na UN5, baixo tempo de treinamento, melhor gerenciamento dos clientes em potencial, aumento da sinergia, maior visibilidade dos resultados (facilidade na gestão de indicadores).

Estas necessidades foram transformadas pelo grupo através de sessões de *brainstorming* em 18 requisitos técnicos, divididos em cinco grandes grupos: custo, receita, moral, produtividade e qualidade. Os requisitos estão detalhados no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 - Os 18 requisitos listados pela equipe, separados em cinco grandes grupos

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Custo         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Custo de implantação e capacitação</li> <li>• Custo de tecnologia, telefonia e infraestrutura</li> <li>• Custo de campanhas promocionais</li> <li>• Custo de incentivos e ambientações</li> <li>• Custo de pessoal</li> </ul> |
| Receita       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Receita de vendas</li> <li>• Margem de contribuição</li> <li>• <i>Ticket</i> médio</li> </ul>                                                                                                                                 |
| Moral         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Turnover</i></li> <li>• Absenteísmo</li> </ul>                                                                                                                                                                             |
| Produtividade | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempo de treinamento</li> <li>• Quantidade de produtos/serviços vendidos</li> <li>• Tempo entre primeiro contato e conclusão da venda</li> </ul>                                                                              |
| Qualidade     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• % de sucesso de contato</li> <li>• Taxa de conversão (propostas pagas/leads contatados)</li> <li>• Índice de Retenção</li> <li>• IRC</li> <li>• Tempo de resposta aos incentivos (equipe e cliente)</li> </ul>                |

A escala de importância usada para classificar as necessidades do cliente foi calculada com o auxílio do método AHP (do inglês, *Analytic Hierarchy Process*). O AHP foi devolvido nos anos 1970 para auxiliar as pessoas a escolha e justificar essas escolhas. Mais recentemente, seu autor Saaty (2008) abordou a tomada de decisão usando o AHP. Os valores para as relações

entre necessidades do cliente e requisitos técnicos foram atribuídos com base na opinião de nove especialistas.

Os dados mencionados, os valores atribuídos para a importância das necessidades e para as relações entre necessidades e requisitos, bem como os valores calculados nesta primeira fase, a Casa da Qualidade, podem ser verificados parcialmente na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 - Casa da Qualidade (fase 1) para a implementação do DFSS em uma empresa de serviços

| Requisitos técnicos                            |      |             |                                    |                                                 |                                  |                                    |       |       |       |   |
|------------------------------------------------|------|-------------|------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-------|-------|-------|---|
| Necessidades do Cliente                        |      | Importância | Custo de implantação e capacitação | Custo de tecnologia, telefonia e infraestrutura | Campanhas promocionais           | Custo de incentivos e ambientações |       |       |       |   |
|                                                |      |             | Índice de Retenção                 | IRC                                             | Tempo de resposta aos incentivos | max                                |       |       |       |   |
| Baixo custo operacional                        | 0,07 | 9           | 9                                  | 3                                               | 3                                | ...                                | 1     |       |       | 9 |
| Baixa complexidade da gestão (estrutura)       | 0,04 | 1           | 3                                  | 1                                               | 1                                |                                    | 1     | 1     | 3     | 9 |
| Alta aderência às necessidades dos clientes    | 0,04 | 3           | 1                                  | 3                                               | 3                                |                                    | 3     | 9     |       | 9 |
| Aumento no volume de vendas na UN1             | 0,13 | 3           | 3                                  | 9                                               | 3                                |                                    | 3     | 3     | 9     | 9 |
| Aumento no volume de vendas na UN2             | 0,14 | 3           | 3                                  | 9                                               | 3                                |                                    | 3     | 3     | 9     | 9 |
| Aumento no volume de vendas na UN3             | 0,11 | 3           | 3                                  | 9                                               | 3                                |                                    | 3     | 3     | 9     | 9 |
| Aumento de financiamentos na UN4               | 0,14 | 3           | 3                                  | 9                                               | 3                                |                                    | 3     | 3     | 9     | 9 |
| Aumento no volume de vendas na UN5             | 0,07 | 1           | 1                                  | 9                                               | 3                                |                                    | 3     | 3     | 9     | 9 |
| Baixo tempo de treinamento                     | 0,03 | 9           | 3                                  |                                                 |                                  |                                    | 3     | 1     |       | 9 |
| Melhor gerenciamento dos clientes em potencial | 0,06 | 9           | 9                                  |                                                 |                                  |                                    |       |       | 1     | 9 |
| Aumento da sinergia                            | 0,13 | 3           | 1                                  | 3                                               | 3                                |                                    | 3     | 3     | 9     |   |
| Maior visibilidade dos resultados              | 0,03 | 1           | 9                                  | 1                                               |                                  |                                    | 1     |       | 9     |   |
| pontuação                                      |      | 3.65        | 3.45                               | 6.1                                             | 2.53                             |                                    | 2.12  | 2.59  | 5.91  |   |
|                                                |      | 4.82%       | 3.62%                              | 6.47%                                           | 6.14%                            |                                    | 3.31% | 4.67% | 7.75% |   |
| prioridade                                     |      | 11          | 14                                 | 8                                               | 9                                |                                    | 15    | 12    | 3     |   |

No caso da Empresa 2, não foram atribuídos valores para o alvo, limites de especificação e outros dados extras do projeto a respeito dos requisitos funcionais devido à alta complexidade

e grande imprecisão na previsão desses valores no setor de serviços.

Na Tabela 4.5, todas as necessidades do cliente abordadas estão correlacionadas com ao menos um dos requisitos e por isso a coluna identificada por “max” mostra o valor 9 para todas as necessidades. Da versão completa desta tabela, a equipe concluiu que os requisitos menos influentes são o tempo de treinamento, o *turnover* e o absenteísmo.

Na segunda fase, o Planejamento dos Componentes, os requisitos técnicos foram ordenados de acordo com a prioridade estabelecida na fase 1. Ao invés dos componentes do produto que normalmente seriam analisados nesta etapa, a equipe estudou as características do modelo de negócio que se pretende otimizar com o DFSS. As características levantadas pela equipe foram: Ferramentas de apoio à venda, existência de *backoffice* e gestão de indicadores, régua de relacionamento, atendimento via outros canais, venda via sistema legado, produto, modelo de remuneração e modelo de atuação.

Um DOE do tipo fatorial fracionado de resolução IV foi usado para auxiliar na determinação do valor para as relações entre os principais requisitos funcionais da etapa anterior (respostas) e as características do modelo (fatores).

Os resultados do DOE foram baseados na opinião dos nove especialistas que analisaram cada *run* do experimento como um cenário hipotético diferente e atribuíram uma nota de 0 a 10 para as saídas seguindo a escala mostrada no Quadro 4.2. A média simples das notas atribuídas pelos especialistas para cada saída foi o valor usado como resposta do experimento.

Quadro 4.2 - Escala de notas para as respostas analisadas nos diferentes cenários do DOE

| Nota | Custo de pessoal | Quantidade de produtos/ serviços vendidos | Tempo de resposta aos incentivos | Tempo entre primeiro contato e venda | Receita de vendas      | Taxa de conversão                             | % de sucesso de contato           |
|------|------------------|-------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------|
| 10   | Baixo            | Mais de 5 produtos                        | Resposta no mesmo dia            | Venda na primeira ligação            | Alta receita de vendas | Mais de 5% das ligações convertidas em vendas | Mais de 50% de sucesso de contato |
| 0    | Alto             | Nenhum produto vendido                    | Mais de 10 dias                  | Mais de uma semana até a venda       | Sem receita de vendas  | 0% das ligações convertidas em vendas         | 0% de sucesso no contato          |

Para preencher a Tabela 4.6, referente à segunda fase da implementação, foram utilizados os gráficos de Pareto das sete respostas do DOE, considerando apenas os fatores principais na análise. Estes gráficos são mostrados na Figura 4.2. Os fatores considerados significativos receberam o valor “9” na tabela, aqueles próximos ao limite receberam o valor “3”, os outros receberam o valor “1” e aqueles cujo efeito estava próximo de 0, não receberam um valor.

Tabela 4.6 - Planejamento dos Componentes (fase 2) para a implementação do DFSS em uma empresa de serviços

| Características do modelo                           |      | Importância                  |                                                         |                         |                               |                          |         |                       |                   | max |
|-----------------------------------------------------|------|------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|--------------------------|---------|-----------------------|-------------------|-----|
| Requisitos técnicos                                 |      | Ferramentas de apoio à venda | Existência de <i>backoffice</i> e gestão de indicadores | Régua de relacionamento | Atendimento via outros canais | Venda via sistema legado | Produto | Modelo de remuneração | Modelo de atuação |     |
| Custo de pessoal                                    | 8.10 | 1                            | 3                                                       | 1                       | 1                             | 1                        | 1       |                       | 9                 | 9   |
| Quantidade de produtos/serviços vendidos            | 7.93 | 1                            | 9                                                       | 1                       | 1                             |                          | 9       | 1                     | 1                 | 9   |
| Tempo de resposta aos incentivos (equipe e cliente) | 7.75 |                              | 1                                                       | 9                       | 3                             |                          | 3       | 9                     | 9                 | 9   |
| Tempo entre primeiro contato e conclusão da venda   | 6.96 | 9                            | 9                                                       | 9                       | 9                             |                          | 9       |                       | 1                 | 9   |
| Receita de vendas                                   | 6.75 | 3                            | 1                                                       | 1                       | 3                             | 1                        | 1       | 1                     | 9                 | 9   |
| Taxa de conversão                                   | 6.69 | 3                            | 9                                                       | 1                       | 1                             | 1                        | 1       |                       | 1                 | 9   |
| % de sucesso de contato                             | 6.67 | 9                            | 1                                                       | 1                       | 9                             | 1                        | 1       | 1                     | 9                 | 9   |
| pontuação                                           |      | 179.0                        | 239.7                                                   | 168.5                   | 188.9                         | 28.2                     | 185.5   | 91.1                  | 285.0             |     |
| prioridade                                          |      | 13.11%                       | 17.55%                                                  | 12.34%                  | 13.83%                        | 2.07%                    | 13.58%  | 6.67%                 | 20.87%            |     |
|                                                     |      | 5                            | 2                                                       | 6                       | 3                             | 8                        | 4       | 7                     | 1                 |     |

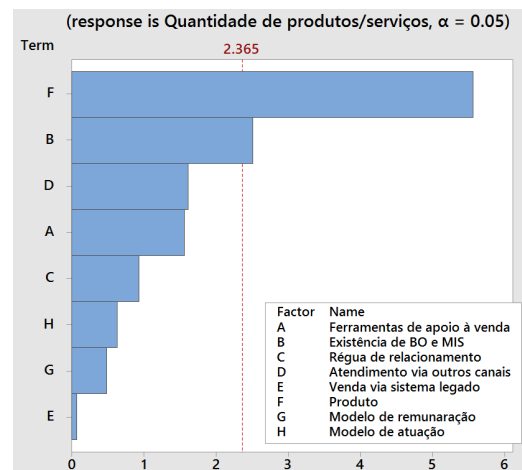
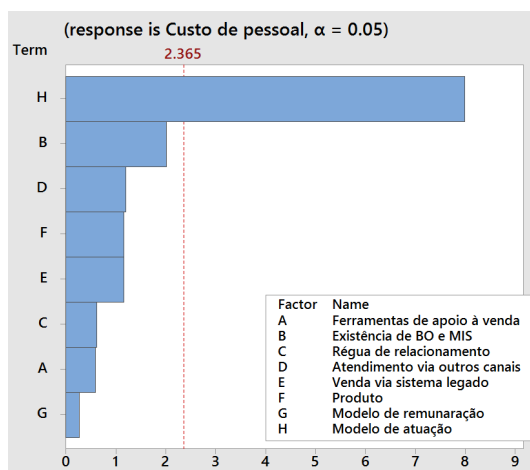
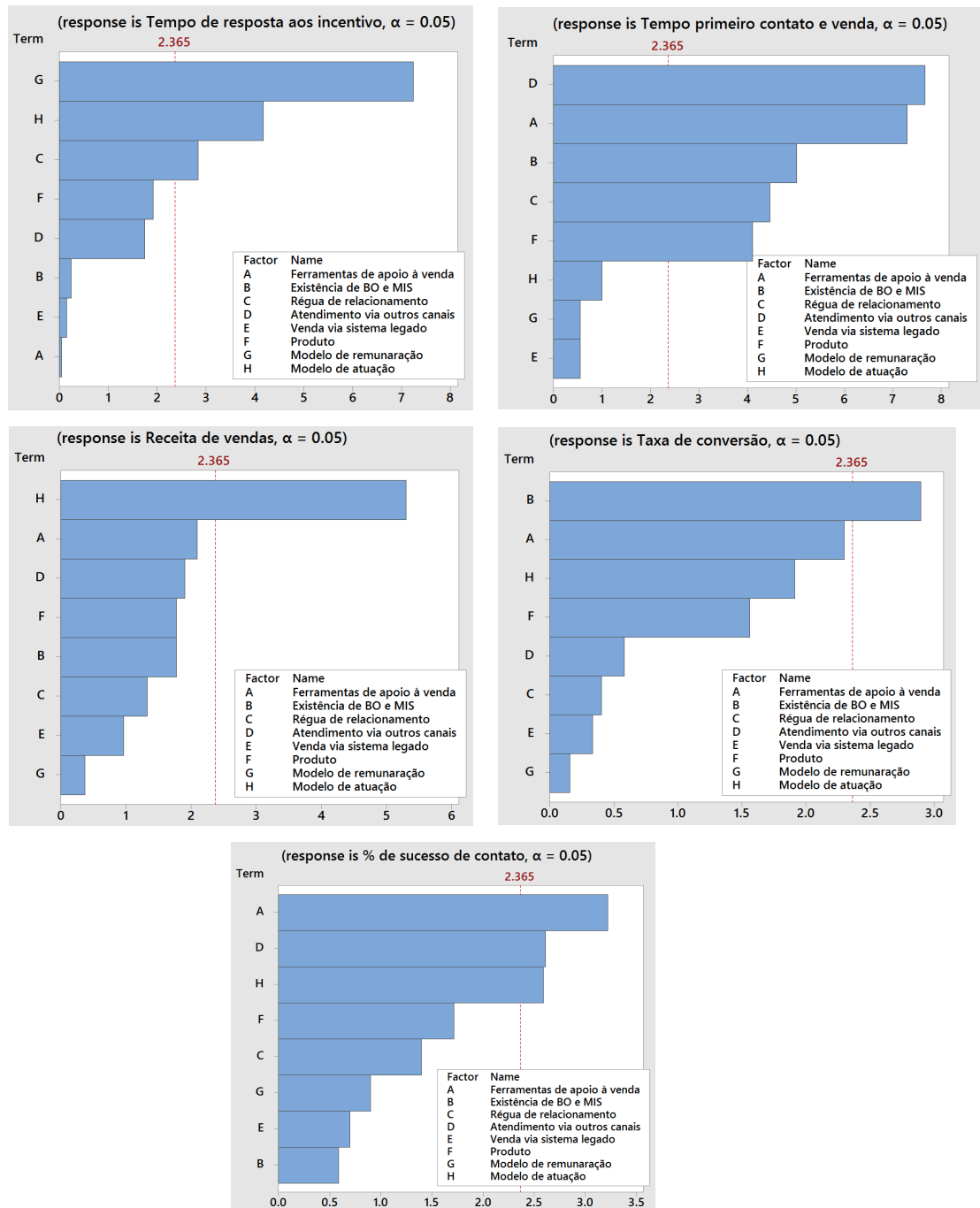


Figura 4.2 - Gráficos de Pareto para as sete respostas consideradas no DOE

(continua)



(continuação) Figura 4.2 - Gráficos de Pareto para as sete respostas consideradas no DOE

O cenário ideal para os fatores considerados no DOE, otimizado usando o *software* Minitab®, é mostrado no Quadro 4.3:

Quadro 4.3 - Cenário ideal para os fatores considerados no DOE

| Fator                                                   | Níveis                                                | Cenário ideal              |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------|
| Ferramentas de apoio à venda                            | Sim ou Não                                            | Sim                        |
| Existência de <i>backoffice</i> e gestão de indicadores | Sim ou Não                                            | Sim                        |
| Régua de relacionamento                                 | Única ou Por UN                                       | Única                      |
| Atendimento via outros canais                           | Sim ou Não                                            | Sim                        |
| Venda via sistema legado                                | Sim ou Não                                            | Não                        |
| Produto                                                 | Igual aos demais canais ou Diferenciado no televendas | Diferenciado no televendas |
| Modelo de remuneração                                   | Linear ou Diferenciado por UN                         | Diferenciado por UN        |
| Modelo de atuação:                                      | Estrutura própria ou terceirizada                     | Estrutura própria          |

Observando a Tabela 4.6, a equipe listou as características menos importantes a serem consideradas no modelo de negócio como sendo o modelo de remuneração e a venda via sistema legado. Da mesma forma, o modelo de atuação é a característica que merece o maior investimento. Vale também destacar que todos os requisitos foram devidamente considerados ao definir as características pois há uma relação forte de pelo menos uma das características com cada requisito técnico analisado.

A equipe observou que, ao optar por um modelo de atuação próprio ao invés do terceirizado, caberia à empresa decidir pelo melhor formato para tal. Segundo a equipe, os formatos de atuação possíveis para o *telemarketing* da Empresa 2 são o modelo centralizado ou o modelo descentralizado.

- Modelo descentralizado: Modelo de negócio atual; gestão e geração de possíveis clientes descentralizadas; produto/serviço vendido é apenas aquele associado à origem do cliente. Serviço de atendimento ao consumidor (SAC) separado do televendas.
- Modelo centralizado: Gestão e geração de possíveis clientes centralizadas; todos os produtos/serviços poderão ser ofertados e vendidos pelos consultores aos clientes, SAC integrado ao televendas.

A equipe decidiu realizar o estudo do melhor modelo de atuação para a Empresa 2 na terceira fase da implementação do DFSS. Da mesma forma que ocorreu da primeira para a segunda fase, as colunas da segunda matriz, priorizadas de acordo com a pontuação alcançada, passaram a ser as linhas da terceira. A única característica do modelo descontinuada nesta etapa foi a venda via sistema legado. A Tabela 4.7 mostra como esta etapa foi conduzida.

Tabela 4.7 - Planejamento dos Processos (fase 3) para a implementação do DFSS em uma empresa de serviços

| Características do serviço                              |       | Importância | Gestão e geração de possíveis clientes | Produtos ofertados pelo consultor | Treinamento | SAC integrado | max |
|---------------------------------------------------------|-------|-------------|----------------------------------------|-----------------------------------|-------------|---------------|-----|
| Características do modelo                               |       |             |                                        |                                   |             |               |     |
| Modelo de atuação próprio                               | 20.87 | 9           | 9                                      | 3                                 |             |               | 9   |
| Existência de <i>backoffice</i> e gestão de indicadores | 17.55 | 9           |                                        | 1                                 | 1           |               | 9   |
| Atendimento via outros canais                           | 13.83 |             | 3                                      |                                   |             | 9             | 9   |
| Produtos diferenciados no televendas                    | 13.58 | 9           | 9                                      | 9                                 |             |               | 9   |
| Ferramentas de apoio à venda                            | 13.11 |             | 9                                      | 9                                 |             |               | 9   |
| Régua única de relacionamento                           | 12.34 |             |                                        | 9                                 |             |               | 9   |
| Modelo de remuneração diferente para cada UN            | 6.67  | 3           | 9                                      |                                   |             |               | 9   |
| pontuação                                               |       | 488.01      | 529.56                                 | 431.43                            | 142.02      |               |     |
|                                                         |       | 30.68%      | 33.28%                                 | 27.11%                            | 8.92%       |               |     |
| prioridade                                              |       | 2           | 1                                      | 3                                 | 4           |               |     |

Para atingir o cenário ideal, otimizado na etapa anterior, a equipe atribuiu valores correspondentes à relação entre as características desejadas para o modelo e as possibilidades para o serviço. Baseados nestes valores, a primeira característica do serviço a ser trabalhada devem ser os produtos ofertados pelo consultor ao consumidor. Devem ser ofertados produtos diferenciados no televendas e a equipe considera interessante que todos os produtos/serviços sejam ofertados e vendidos por um mesmo consultor aos clientes.

Em seguida deve-se trabalhar a gestão e geração dos possíveis clientes. O trabalho de gerir os indicadores seria facilitado caso os dados a respeito dos clientes fossem centralizados. Oferecer todos os produtos e centralizar a gestão dos clientes em potencial são características marcantes do modelo de atuação centralizado.

Os riscos da transição direta foram listados pela equipe: Muitas pessoas a serem treinadas, muito conteúdo para ser trabalhado, muitos sistemas para serem alterados ou criados, grande queda de performance nos primeiros meses, conflitos entre canais, resistência dos funcionários, entre outros. Para amenizar o choque de se realizar a transição entre os modelos de atuação, sugeriu-se a criação de um modelo híbrido de maneira temporária.

- Modelo híbrido: Modelo intermediário; gestão e geração de possíveis clientes centralizadas; todos os produtos/serviços poderão ser ofertados ao cliente; existência de

consultores generalistas com especialização em determinados produtos/serviços; para cada UN haverá uma célula especialista que finalizará a venda.

Tendo traçada esta estratégia, a última etapa da implementação do DFSS, o Controle dos Processos, foi usada pela equipe para identificar como seriam controlados os processos para que a total transição para o modelo centralizado se desse posteriormente de maneira menos abrupta. Uma vez identificados os processos sob controle, as alterações podem ser lentamente introduzidas.

A Tabela 4.8 mostra a última fase, finalizando a implementação do DFSS. Dados referentes à medição também são disponibilizados nesta última tabela e podem ser alterados de acordo com as necessidades de cada projeto.

Tabela 4.8 - Controle dos Processos (fase 4) para a implementação do DFSS em uma empresa de serviços

| Características do serviço ↓           |       | Importância | Controle             |                       |                            | max |
|----------------------------------------|-------|-------------|----------------------|-----------------------|----------------------------|-----|
|                                        |       |             | Gráficos de controle | Teste de conhecimento | Simulação de situação real |     |
| Produtos ofertados pelo consultor      | 33.28 |             |                      | 9                     | 3                          | 9   |
| Gestão e geração de possíveis clientes | 30.68 |             | 9                    |                       |                            | 9   |
| Treinamento                            | 27.11 |             | 3                    | 9                     | 3                          | 9   |
| SAC integrado                          | 8.92  |             |                      | 3                     | 9                          | 9   |
| pontuação                              |       |             | 380.85               | 546.87                | 253.65                     |     |
| prioridade                             |       |             | 32.24%               | 46.29%                | 21.47%                     |     |
| Frequência de checagem                 |       |             | A cada cliente       | A cada oportunidade   | Amostragem                 |     |
| Referência                             |       |             | SOP01                | SOP02                 | SOP03                      |     |
| Outros dados                           |       |             | ...                  | ...                   | ...                        |     |

Novamente a importância de cada operação foi dada pela pontuação ponderada calculada na fase anterior e uma relação foi estabelecida entre os métodos de controle e as características do serviço para que os métodos fossem devidamente priorizados caso houvesse alguma restrição orçamentária ou de tempo, por exemplo.

É interessante que sejam disponibilizados nesta última tabela dados como a frequência de checagem e os procedimentos padrões de operação (do inglês, *Standard Operating Procedure*

– SOP) que devem ser definidos para cada método de controle sugerido e arquivados em documentos para consultas futuras sempre que necessário. No caso deste projeto da Empresa 2, os testes de conhecimento foram considerados os métodos de controle mais importantes para possibilitar a transição do modelo de atuação.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **5.1 Análise dos Resultados**

A revisão da literatura realizada para este trabalho foi bastante esclarecedora na definição de uma necessidade latente e recorrente em implementações do DFSS na indústria de manufatura ou de serviços: a necessidade de uma abordagem padrão que guiasse o processo de desenvolvimento de produto baseado na satisfação do cliente e que auxiliasse na árdua tarefa de quantificar a qualidade, que muitas vezes é intangível e orientada a comportamento.

Ao contrário do que acontece para SS, conforme previamente abordado no Capítulo 2, a falta de um modelo padrão prático que se adequasse a diferentes tipos de projetos DFSS foi apontada na literatura como uma desvantagem ou um fator significativo para o fracasso de projetos.

Os resultados deste trabalho também confirmaram a ideia apontada na literatura de que o DFSS carece de uma abordagem prática para que seja amplamente difundido, como aconteceu com o Seis Sigma. Dados coletados inicialmente descrevendo as necessidades das empresas com relação ao roteiro de desenvolvimento de projetos DFSS foram comparados com a teoria. Como não houve trabalho disponível na literatura que correspondesse às expectativas, o DFSS-QDMC foi planejado, testado, treinado e implementado.

O planejamento da abordagem proposta neste trabalho para implementar o DFSS, intitulada DFSS-QDMC, seguiu o método de pesquisa Modelagem e Simulação e está explicado em detalhes no Capítulo 3. Esta abordagem foi desenvolvida principalmente com base nas quatro matrizes do QFD e nos cinco roteiros para a implementação do DFSS mais citados na literatura, auxiliados por DOE e SMC quando conveniente ao projeto.

Um curso sobre DFSS foi criado para ensinar a aplicação do método DFSS-QDMC no desenvolvimento de produtos ou serviços. Em um primeiro momento, o curso e o método proposto foram testados em uma disciplina eletiva oferecida para alunos da graduação na UNIFEI, para confirmar a aplicabilidade da abordagem. Este projeto piloto está detalhado no APÊNDICE D – Teste piloto do DFSS-QDMC: o pêndulo de Newton.

Ao final do semestre, os alunos mostraram-se satisfeitos com o aprendizado adquirido sobre DFSS durante a disciplina eletiva, com a praticidade de implementação do método DFSS-QDMC e com a facilidade de arquivar os resultados alcançados uma vez finalizadas as quatro etapas. As ideias e sugestões dos alunos para melhoria do curso foram avaliadas e incorporadas no treinamento.

Em seguida, o curso e o método foram apresentados em empresas brasileiras durante treinamento *Green Belt* dos funcionários, supervisionados pela autora deste trabalho e seu orientador. O planejamento do curso e a implementação do DFSS-QDMC seguiram o método Pesquisa-ação e foi nesta etapa que os dois métodos de pesquisa seguidos neste trabalho se entrelaçaram, caracterizando uma abordagem combinada, qualitativa e quantitativa.

Algumas das equipes optaram por desenvolver projetos SS enquanto outras optaram por projetos DFSS. Dentre todos os projetos que já foram ou vêm sendo desenvolvidos nessa parceria entre empresas e universidade, duas implementações do DFSS foram selecionadas e estão descritas no Capítulo 4 deste trabalho, mostrando a aplicabilidade do DFSS-QDMC.

Os supervisores, os gerentes e os ocupantes de cargos superiores da empresa foram envolvidos no curso e no projeto desde o início e participaram ativamente, principalmente avaliando a apresentação final dos trabalhos. Inclusive, partiu deles o interesse no assunto e no curso. Através de entrevistas informais, todos eles mostraram-se satisfeitos com a qualidade dos trabalhos apresentados pelos funcionários de diferentes áreas das respectivas empresas.

Mesmo com o apoio dos supervisores e da alta gerência, por se tratar do projeto final de um curso oferecido aos funcionários, nem todos os projetos chegaram a ser totalmente implementados pelas empresas, mas os resultados advindos do DFSS-QDMC foram levados adiante para serem discutidos pela gerência e considerados na tomada de decisão.

Ao fim deste trabalho, é possível afirmar que o objetivo principal proposto inicialmente de estabelecer uma abordagem prática, intuitiva e viável para o desenvolvimento de projetos usando DFSS na indústria de produtos ou serviços, foi alcançado.

## 5.2 Trabalhos futuros

Para prosseguir e evoluir com o trabalho realizado até aqui, este assunto abre portas para o desenvolvimento de um *template* automático interligado das quatro matrizes, ou para o desenvolvimento de uma plataforma ou *software* que armazene os dados em cada etapa de maneira simplificada, por exemplo.

A modelagem matemática das matrizes do DFSS-QDMC, incluindo o DOE e as simulações para eliminar ou ao menos amenizar a subjetividades no processo de implementação do DFSS, é um tema que poderia ser estudado com mais profundidade.

Também seria interessante investigar a possibilidade do uso dos efeitos do DOE substituindo os tradicionais valores “9”, “3”, “1” e “0” para representar a relação entre linhas e colunas das matrizes em cada etapa.

Além disso, a maneira estruturada como foi conduzida a busca dos artigos considerados na fundamentação teórica pode ser repetida para outros temas, acarretando revisões da literatura bastante completas e abrangentes. Este formato de busca foi desenvolvido durante esta pesquisa e está bem detalhado neste trabalho para que possa ser facilmente replicado em outros cenários, temas ou bases de dados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGGOGERI, F.; MAZZOLA, M.; O’KANE, J. Implementing DFSS to increase the performance level of an extrusion process. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 5, n. 1, p. 10, 2009.

AKAO, Y. **QFD: Quality Function Deployment - Integrating Customer Requirements into Product Design**. New York, NY: Productivity Press, 1990.

AKSIT, M. F.; CHUPP, R. E.; DINC, O. S.; DEMIROGLU, M. Advanced Seals for Industrial Turbine Applications: Dynamic Seal Development. **Journal of Propulsion and Power**, v. 18, n. 6, p. 1260–1266, 2002.

AL-AOMAR, R. A simulation-based DFSS for a lean service system. **International Journal of Product Development**, 2006.

ALBERTO, L.; MASCARENHAS, B.; AZEVEDO, L. S.; CARIBÉ, S. O. Product development process assisted by DFX – Design For Excellence Tools. 20th International Congress of Mechanical Engineering. **Anais...**, 2009. Gramado - RS.

ALVAREZ, J. C. Lean design for Six Sigma. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 32, n. 8, p. 895–905, 2015.

AMARAL, D. C.; ROZENFELD, H. Integrating new product development process references with maturity and change management models. International Conference on Engineering Design - ICED 2007. **Anais...**, p.1–12, 2007.

AMER, Y.; ASHRAF, M. A.; LUONG, L.; LEE, S. H.; WANG, W. Y. C. A systems approach to order fulfilment using design for six sigma methodology. **International Journal of Business and Systems Research**, v. 1, n. 3, p. 302, 2007. Inderscience Enterprises Ltd.

AMER, Y.; LUONG, L.; ASHRAF, M. A.; LEE, S. H. A systems approach to order fulfilment. **International Journal of Operational Research**, v. 9, n. 4, p. 443, 2010.

AMER, Y.; LUONG, L.; LEE, S.-H. Case study: Optimizing order fulfillment in a global retail supply chain. **International Journal of Production Economics**, v. 127, n. 2, p. 278–291, 2010.

AMORIM, G. F.; BALESTRASSI, P. P.; PAIVA, A. P.; GOTTZANDT, I. S. R. A Didactic Activity for Introducing Design and Optimization of Experiments Assisted by Revised Bloom’s Taxonomy. **International Journal of Higher Education**, v. 3, n. 4, p. 12–23, 2014. Disponível em: <<http://www.sciedu.ca/journal/index.php/ijhe/article/view/5317>>. .

ANDREASEN, M. M.; HEIN, L. **Integrated product development**. 1987.

ANTONY, J.; CORONADO, R. B. Design for six sigma. **Manufacturing Engineer**, v. 81, n. 1, p. 24–26, 2002.

- APOLLINÁRIO, F. **Metodologia da Ciência: Filosofia e Prática da Pesquisa**. 2011.
- APPELQVIST, P.; LEHTONEN, J.; KOKKONEN, J. Modelling in product and supply chain design: literature survey and case study. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 15, n. 7, p. 675–686, 2004.
- AWAD, M. I.; EWING, A.; SEDLAK, G.; YI, T.; SHANSHAL, Y. Track roller and idler design improvement using DFSS. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 5, n. 1, p. 29, 2009.
- AZIS, Y.; OSADA, H. 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. 7, n. 1, p. 104, 2011.
- AZIS, Y.; OSADA, H. Managing innovation using design for six sigma (DFSS) approach in healthcare service organizations. **International Journal of Innovation and Technology Management**, v. 10, n. 3, p. 1340010, 2013. World Scientific Publishing Co. Pte Ltd.
- BAÑUELAS, R.; ANTONY, J. Going from six sigma to design for six sigma: an exploratory study using analytic hierarchy process. **The TQM Magazine**, v. 15, n. 5, p. 334–344, 2003.
- BARIL, C.; YACOUT, S.; CLÉMENT, B. Design for Six Sigma through collaborative multiobjective optimization. **Computers & Industrial Engineering**, v. 60, n. 1, p. 43–55, 2011.
- BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C. Operations management research methodologies using quantitative modeling. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 241–264, 2002.
- BONGINI, D.; CITTI, P.; MEZZEDIM, V.; TOGNARELLI, L. New product monitoring in gas turbines. **Measurement and Control**, v. 34, n. 4, p. 105–106+108, 2001.
- BRADY, J. E.; ALLEN, T. T. Six Sigma Literature: A Review and Agenda for Future Research. **Quality and Reliability Engineering International**, v. 22, n. 3, p. 335–367, 2006.
- BRALLA, J. G. **Design for Excellence**. 1st ed. New York: McGraw-Hill, 1996.
- BREYFOGLE III, F. W. **Implementing Six Sigma - Smarter solutions using statistical methods**. Second Edi ed. Austin, Texas: John Wiley & Sons, Inc., 2003.
- BREYFOGLE III, F. W.; CUPELLO, J. M.; MEADOWS, B. **Managing Six Sigma - A practical guide to understanding, assessing and implementing the strategy that yields bottom-line success**. New York: John Wiley & Sons Inc., 2001.
- BRYMAN, A. **Research methods and organization studies (contemporary social research)**. 1st editio ed. London: Routledge, 1989.
- CARVALHO, M. S.; MAGALHAES, D. S.; VARELA, M. L.; SA, J. O.; GONÇALVES, I. Definition of a collaborative working model to the logistics area using design for Six Sigma. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 33, n. 4, p. 465–475, 2016.
- CHADEGANI, A. A.; SALEHI, H.; YUNUS, M. M.; et al. A Comparison between Two

- Main Academic Literature Collections: Web of Science and Scopus Databases. **Asian Social Science**, v. 9, n. 5, p. 18–26, 2013.
- CHAKRAVORTY, S. S.; FRANZA, R. M. The implementation of Design for Six Sigma: a development experience. **International Journal of Product Development**, v. 9, n. 4, p. 329, 2009.
- CHAN, L.-K.; WU, M.-L. Quality Function Deployment: A Comprehensive Review of Its Concepts and Methods. **Quality Engineering**, v. 15, n. 1, p. 23–35, 2002.
- CHANG, C. M.; SU, C. T. Service process design and/or redesign by fusing the powers of Design for Six Sigma and Lean. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 3, n. 2, p. 171, 2007.
- CHIU, M. C.; KREMER, G. E. O. Investigation of the applicability of Design for X tools during design concept evolution: a literature review. **International Journal of Product Development**, v. 13, n. 2, p. 132, 2011.
- CHUNG, Y.-C.; HSU, Y.-W. 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, n. 6, p. 603–616, 2010.
- CHUNG, Y.-C.; HSU, Y.-W.; TSAI, C.-H. 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 & Business Excellence**, v. 19, n. December 2014, p. 595–607, 2008.
- CLARK, K. B.; FUJIMOTO, T. **Product Development Performance: Strategy, Organization, and Management in the World Auto Industry**. Harvard Business School Press, 1991.
- CLAUSING, D. **Total Quality Development: A Step-By-Step Guide to World-Class Concurrent Engineering**. New York, NY: The ASME Press, 1994.
- CLEGG, C.; WALSH, S. Soft Systems Analysis. **Qualitative Methods and Analysis in Organizational Research: A Practical Guide.**, 1998. California: Sage Publishing.
- COLEMAN, D. E.; MONTGOMERY, D. C. A systematic approach to planning for a designed industrial experiment: Response. **Technometrics**, v. 35, n. 1, p. 25, 1993.
- COOPER, R. G. Stage-gate systems: A new tool for managing new products. **Business Horizons**, v. 33, n. 3, p. 44–54, 1990.
- CORNELL, J. **Experiments with mixtures: designs, models, and the analysis of mixture data**. 3rd ed. New York, NY: John Wiley & Sons Inc., 2002.
- COUGHLAN, P.; COUGHLAN, D. Action research for operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 220–240, 2002.
- CRESSWELL, J. . Research Design. Qualitative, Quantitative and Mixed methods approaches. **SAGE Publications Ltd**, 2014.

CREVELING, CLYDE M; SLUTSKY, JEFF; ANTIS, D. **Design for Six Sigma in Technology and Product Development**. 1st ed. Prentice Hall, 2002.

CRONEMYR, P. DMAIC and DMADV differences, similarities and synergies. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 3, n. 3, p. 193, 2007.

CUDNEY, E.; KANIGOLLA, D. Measuring the Impact of Project-Based Learning in Six Sigma Education. **Journal of Enterprise Transformation**, v. 4, n. 3, p. 272–288, 2014.

DOWLATSHAHI, S. The role of logistics in concurrent engineering. **International Journal of Production Economics**, v. 44, n. 3, p. 189–199, 1996.

ECHEVESTE, M. E.; ROZENFELD, H.; SONEGO, M. Potential application of Six Sigma tool in the integrated product development process. **Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering**, v. 38, n. 8, p. 2499–2511, 2016. Springer Berlin Heidelberg.

ERICSSON, E.; GINGNELL, L.; LILLIESKÖLD, J. Implementing Design for Six Sigma in large Swedish product developing organisations – an interview study. **Total Quality Management & Business Excellence**, v. 3363, n. April 2015, p. 37–41, 2014.

ERLANDSON, P. W. DFSS for shift quality using full-vehicle ADAMS model. **International Journal of Product Development**, v. 3, n. 3–4, p. 337–348, 2006.

FABRYCKY, WJ; BLANCHARD, B. **Life-Cycle Cost and Economics Analysis**. New Jersey: Prentice-Hall, 1991.

FERREIRA, I.; CABRAL, J. A.; SARAIVA, P.; OLIVEIRA, M. C. A multidisciplinary framework to support the design of injection mold tools. **Structural and Multidisciplinary Optimization**, v. 49, p. 501–521, 2014.

FERRYANTO, L. Analytical Design for Six Sigma for multiple response products. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 3, n. 1, p. 13, 2007.

FERRYANTO, L. Structuring a design for Six Sigma project: paper helicopter robust and optimal design. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 9, n. 2/3/4, p. 150, 2015.

FISHER, R. A. **Statistical methods for research workers**. 5th ed. Oliver and Boyd, 1925.

FISHMAN, G. S. **Monte Carlo: Concepts, algorithms, and applications**. New York, NY: Springer Verlag, 1996.

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. **Production**, v. 24, n. 2, p. 295–310, 2014.

GERHORST, F.; GRÖMPING, U.; LLOYD-THOMAS, D.; KHALAF, F. Design for Six Sigma in product development at Ford Motor Company in a case study on robust exhaust manifold design. **International Journal of Product Development**, v. 3, n. 3–4, p. 278–291, 2006.

- GOH, T. N. Six Triumphs and Six Tragedies of Six Sigma. **Quality Engineering**, v. 22, n. 4, p. 299–305, 2010.
- GOH, T. N. Six Sigma in industry: some observations after twenty-five years. **Quality and Reliability Engineering International**, v. 27, n. 2, p. 221–227, 2011.
- GOH, T. N.; LAM, S. W. Problem-based learning approach to application of statistical experimentation. **Quality and Reliability Engineering International**, v. 26, n. 4, p. n/a-n/a, 2010.
- GRANT, D.; MERGEN, A. E. Towards the use of Six Sigma in software development. **Total Quality Management & Business Excellence**, v. 20, n. November 2014, p. 705–712, 2009.
- GRAVES, B. A. Breakthrough in Total Closed Loop Recycling. **Products Finishing (Cincinnati)**, v. 67, n. 11, p. 81–86, 2003.
- GREMYR, I. Exploring Design for Six Sigma from the viewpoint of Robust Design Methodology. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 1, n. 3, p. 295, 2005.
- GREMYR, I.; ELG, M. A developmental view on implementation of quality management concepts. **International Journal of Quality and Service Sciences**, v. 6, n. 2/3, p. 143–154, 2014.
- GREMYR, I.; FOUQUET, J.-B. Design for Six Sigma and lean product development. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 3, n. 1, p. 45–58, 2012.
- GREMYR, I.; GUSTAVSSON, S.; GIDEBERG, A. The medication process - a design for Six Sigma project. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 7, n. 1, p. 1, 2012.
- GROVES, R. M.; FOWLER, F. J. JR.; COUPER, M. P.; LEPKOWSKI, J. M.; SINGER, E.; TOURANGEAU, R. **Survey methodology**. New Jersey: John Wiley & Sons Inc., 2004.
- HARIHARAN, A. Three Types of Lean Six Sigma Projects: A look at the strategies and tools that work for each. Disponível em: <<https://www.qualitydigest.com/inside/quality-insider-column/three-types-lean-six-sigma-projects.html>>. Acesso em: 20/1/2014.
- HASENKAMP, T. Engineering Design for Six Sigma-a systematic approach. **Quality and Reliability Engineering International**, , n. February, p. n/a-n/a, 2010.
- HASENKAMP, T.; ÖLME, A. Introducing Design for Six Sigma at SKF. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 4, n. 2, p. 172–189, 2008.
- HASSAN, M. F.; KEAT, M. K.; YUNOS, M. Z.; et al. Investigation of existing laptop computer towards sustainable development using design for six sigma and design for disassembly. **ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 11, n. 12, p. 7683–7688, 2016.
- HAUSER, J. R.; CLAUSING, D. The house of quality. **Harvard Business Review**, p. 63–73, 1988.

HE, Y.; TANG, X.; CHANG, W. Technical decomposition approach of critical to quality characteristics for Product Design for Six Sigma. **Quality and Reliability Engineering International**, 2009.

HOERL, R. One perspective on the future of Six-Sigma. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 1, n. 1, p. 112–119, 2004.

HU, M.; PIEPRZAK, J. Using axiomatic design to improve conceptual design robustness in Design for Six Sigma (DFSS) methodology. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 1, n. 3, p. 245, 2005.

JAHANZAIB, M.; ATHAR MASOOD, S.; JAMIL, U.; AKHTAR, K. Product design variables optimization using Design for six sigma (DFSS) approach. **Life Science Journal**, v. 10, n. 1, p. 57–63, 2013.

JESUS, A. R.; ANTONY, J.; LEPIKSON, H. A.; PEIXOTO, A. L. A. Six Sigma critical success factors in Brazilian industry. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 33, n. 6, p. 702–723, 2016.

JOHNSON, A. Six Sigma in R&D. **Research Technology Management**, p. 3, 2002.

JOHNSON, J. A.; GITLOW, H.; WIDENER, S.; POPOVICH, E. Designing New Housing at the University of Miami: A “Six Sigma” © DMADV/DFSS Case Study. **Quality Engineering**, v. 18, n. 3, p. 299–323, 2006.

JOU, Y. T.; CHEN, C. H.; HWANG, C. H.; LIN, W. T.; HUANG, S. J. 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, n. 19, p. 5573–5591, 2010.

JÚNIOR, P. A. D. O.; DANTAS, M. J. P.; MACHADO, R. L. Aplicação da simulação de monte carlo no gerenciamento de riscos em projetos com o Crystal Ball. Simpoi - Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais. **Anais...** . p.1–16, 2013. São Paulo - SP, Brasil.

KALAMDANI, R.; KHALAF, F. Application of Design for Six Sigma to manufacturing process design at Ford PTO. **International Journal of Product Development**, v. 3, n. 3–4, p. 369–387, 2006.

KANNENGIESSER, U.; GERO, J. S. Is designing independent of domain? Comparing models of engineering, software and service design. **Research in Engineering Design**, v. 26, n. 3, p. 253–275, 2015. Springer London.

KAPLAN, S.; BISGAARD, S.; TRUESDELL, D.; ZETTERHOLM, S. Design for Six Sigma in healthcare: developing an employee influenza vaccination process. **Journal for healthcare quality: official publication of the National Association for Healthcare Quality**, v. 31, p. 36–43, 2009.

KEYS, L. K. System Life Cycle Engineering and DF“X”. **IEEE Transactions on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology**, v. 13, n. 1, p. 83–93, 1990.

KIM, H. S.; KIM, C. B.; YIM, H. J. Quality improvement for brake judder using design for

six sigma with response surface method and sigma based robust design. **International Journal of Automotive Technology**, v. 4, n. 4, p. 193–201, 2003.

KOCH, P. N.; YANG, R. J.; GU, L. Design for six sigma through robust optimization. **Structural and Multidisciplinary Optimization**, v. 26, n. 3–4, p. 235–248, 2004.

KOVACH, J., STRINGFELLOW, P., TURNER, J. AND CHO, B. R. 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, n. 3, p. 1–10, 2005.

KOVACH, J.; CHO, B. R. 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. 2, n. 4, p. 389, 2006.

KOVACH, J.; CHO, B. R. Solving Multiresponse Optimization Problems Using Quality Function–Based Robust Design. **Quality Engineering**, v. 20, n. 3, p. 346–360, 2008.

KOVACH, J. V.; FREDENDALL, L. D. Learning During Design for Six Sigma Projects—A Preliminary Investigation in Behavioral Healthcare. **Engineering Management Journal**, v. 27, n. 3, p. 109–123, 2015.

KOZIOŁEK, S.; DERLUKIEWICZ, D. Method of assessing the quality of the design process of construction equipment with the use of DFSS (design for Six Sigma). **Automation in Construction**, v. 22, p. 223–232, 2012.

KUMAR, S.; PRAJAPATI, D. R.; SATSANGI, P. S. Design for Six Sigma to optimise the process parameters of a foundry. **International Journal of Productivity and Quality Management**, v. 8, n. 3, p. 333, 2011.

LEAL, L. R.; OLIVEIRA, M. J. F. DE. Simulação aplicada ao gerenciamento de projetos: uma revisão. **Revista Produção Online**, v. 11, n. 2, p. 503–525, 2011.

LEE, M. C.; CHANG, T. Developing a lean design for Six Sigma through supply chain methodology. **International Journal of Productivity and Quality Management**, v. 6, n. 4, p. 407, 2010.

LEI, G.; WANG, T.; GUO, Y.; et al. System-Level Design Optimization Methods for Electrical Drive Systems : Robust Approach. **IEEE Transactions on Industrial Electronics**, v. 61, n. 12, p. 6591–6602, 2014.

LI, Y. Q.; CUI, Z. S.; RUAN, X. Y.; ZHANG, D. J. CAE-Based six sigma robust optimization for deep- drawing process of sheet metal. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 30, n. 7–8, p. 631–637, 2006.

LIN, W.-T.; WANG, S.-T.; HWANG, C.-H.; LI, M.-H.; CHENG, Y.-H. Improved process performance in new product development of optical communications manufacturing by the integration of DFSS and ANP. **International Journal of Manufacturing Technology & Management**, v. 25, n. 4, p. 191–200, 2012.

LIU, X.; WANG, S.; QIU, J.; et al. Robust Optimization in HTS Cable Based on DEPSO and Design for Six Sigma. 2008 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting. **Anais...**

p.1–5, 2008. IEEE.

LUCAS, A. G.; PRIMUS, K.; KOVACH, J. V.; FREDENDALL, L. D. Rethinking behavioral health processes by using design for six sigma. **Psychiatric services (Washington, D.C.)**, v. 66, n. 2, p. 112–4, 2015. American Psychiatric Association.

MADER, D. P. DFSS and your current design process. **Quality Progress**, , n. July, p. 88–89, 2003.

MAGALHÃES, D.; DE CARVALHO, M. D. S.; VARELA, L. R. Definition of a collaborative working model to the logistics area. **Romanian Review Precision Mechanics, Optics and Mechatronics**, v. 2015, n. 48, p. 92–97, 2015.

MANDAHAWI, N.; SHIHABI, S. A.; ABDALLAH, A.; ALFARAH, Y. M. 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. 6, n. 1/2, p. 91, 2010.

MELLO, C. H. P.; TURRIONI, J. B.; XAVIER, A. F.; CAMPOS, D. F. Pesquisa-ação na engenharia de produção: Proposta de estruturação para sua condução. **Produção**, v. 22, n. 1, p. 1–13, 2012.

MENG, X.; WANG, S.; QIU, J.; et al. Robust Multilevel Optimization of PMSM Using Design for Six Sigma. **IEEE Transactions on Magnetics**, v. 47, n. 10, p. 3248–3251, 2011.

METROPOLIS, N.; ULAM, S. The Monte Carlo method. **Journal of the American Statistical Association**, v. 44, n. 247, p. 335–341, 1949.

METTAS, A. Design for reliability: Overview of the process and applicable techniques. **International Journal of Performability Engineering**, v. 6, n. 6, p. 577–586, 2010.

MITCHELL, E. M.; KOVACH, J. V. Improving supply chain information sharing using Design for Six Sigma. **European Research on Management and Business Economics**, v. 22, n. 3, p. 147–154, 2016. Asociación Española de Historia Económica.

MITROFF, I. I.; BETZ, F.; PONDY, L. R.; SAGASTI, F. On managing science in the systems age: two schemas for the study of science as a whole systems phenomenon. **Interfaces**, v. 4, n. 3, p. 46–58, 1974.

MONTGOMERY, D. C. **Design and Analysis of Experiments**. 5th. ed. John Wiley & Sons, INC., 2001.

MONTGOMERY, D. C. A modern framework for achieving enterprise excellence. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 1, n. 1, p. 56–65, 2010.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Applied Statistics and Probability for Engineers**. 5th. ed. John Wiley & Sons Inc., 2011.

MYERS, R. H.; MONTGOMERY, D. C. **Response Surface Methodology: process and product optimization using designed experiments**. 2nd ed. New York, NY: John Wiley & Sons Inc., 2002.

NEAGU, R.; HOERL, R. A Six Sigma Approach to Predicting Corporate Defaults. **Quality and Reliability Engineering International**, v. 21, n. 3, p. 293–309, 2005.

NICOLAESCU, S.; KIFOR, C. V.; LOBONȚ, L. Design for six sigma applied on software development projects from automotive industry. **Academic Journal of Manufacturing Engineering**, v. 12, n. 4, p. 76–83, 2015.

PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. **The Six Sigma Way - How GE, Motorola and other top companies are honing their performance**. The McGraw-Hill Companies, Inc., 2000.

PARK, S.; GIL, Y. How Samsung Transformed its Corporate R&D Center. **Research-Technology Management**, v. 49, p. 24–29, 2006.

PATTERSON, A.; BONISSONE, P.; PAVESE, M. Six Sigma applied throughout the lifecycle of an automated decision system. **Quality and Reliability Engineering International**, v. 21, n. October 2003, p. 275–292, 2005.

PHADKE, M. S. **Quality engineering using robust design**. Prentice Hall / McGraw-Hill, 1989.

POTRA, S.; PUGNA, A. DFSS in marketing: designing an innovative value co-creation campaign. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 9, n. 1, p. 21, 2015.

PYLE, M. J.; LIKER, J. K. Imitation in Large Complex Organizations: A Case of Design for Six Sigma in the Automobile Industry. **Journal of Enterprise Transformation**, v. 4, n. 2, p. 76–99, 2014.

QURESHI, Z. H.; ASHRAF, M. A. Bottom-up integration of quality in new product development using systems engineering. **International Journal of Business and Systems Research**, v. 5, n. 5, p. 511, 2011. Inderscience Enterprises Ltd.

RAFIQUE, S. M. S. B. M. The use of design for six sigma (DFSS) methodology in product design. Lecture Notes in Engineering and Computer Science. **Anais...** v. 1 LNECS, p.664–669, 2013.

RAJAGOPALAN, R.; FRANCIS, M.; SUÁREZ, W. Developing novel catalysts with six sigma. **Research Technology Management**, v. 47, n. 1, p. 13–16, 2007.

RAY, S.; DAS, P. Improving efficiency and effectiveness of APQP process by using DFSS tools. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 5, n. 3, p. 222, 2009.

RILEY, B. W.; KOVACH, J. V.; CARDEN, L. Developing a policies and procedures manual for a consumer lending department: A design for six sigma case study. **EMJ - Engineering Management Journal**, v. 25, n. 3, p. 3–15, 2013.

ROSENFELD, H.; FORCELLINI, F.; AMARAL, D.; et al. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos - Uma referência para a melhoria do Processo**. São Paulo, SP: Editora Saraiva, 2006.

- ROZENFELD, H.; AMARAL, D. C.; FORCELLINI, F. A.; et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. 2006.
- RUSINSKI, E.; KOZIOLEK, S.; JAMROZIAK, K. Quality Assurance Method for the Design and Manufacturing Process of Armoured Vehicles. **Eksploracja I Niezawodność-Maintenance and Reliability**, , n. 3, p. 70–77, 2009.
- SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. **International Journal of Services Sciences**, v. 1, n. 1, p. 83, 2008.
- SAVAGE, G. J. Probability Constrained Optimization as a Tool for Functional Design for Six Sigma. **Quality Engineering**, v. 19, n. 2, p. 101–110, 2007.
- SAVAGE, G. J.; SON, Y. K. Design-for-six-sigma for multiple response systems. **International Journal of Product Development**, v. 5, n. 1/2, p. 39, 2008.
- SHAHIN, A. Design for Six Sigma (DFSS): lessons learned from world-class companies. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 4, n. 1, p. 48, 2008.
- SILVA, J. G. C. **Pesquisa Experimental Introdução**. Pelotas, 2005.
- VAN SLYKE, R. M. Monte Carlo methods and the PERT problem. **Operations Research**, v. 11, n. 5, p. 839–860, 1963.
- SMITH, L. R.; PHADKE, M. S. Some thoughts about problem solving in a DMAIC framework Madhav S . Phadke. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 1, n. 2, p. 151–166, 2005.
- SOKOVI, M.; JOVANOVI, J.; VUJOVI, A. Basic Quality Tools in Continuous Improvement Process. **Strojniski Vestnik/Journal of Mechanical Engineering**, v. 55, p. 1–9, 2009.
- SUFFIAN, M. D. M.; IBRAHIM, S. Adopting Six Sigma in formulating a defect prediction model for system testing. **International Journal of Digital Content Technology and its Applications**, v. 6, n. November, p. 60–76, 2012.
- SUN, Z.; RANEK, M.; VOIGHT, M.; STEYER, G. Manufacturing tolerances and axle system nvh performance. **Sound and Vibration**, p. 12–17, 2006.
- SURANGE, V. G. Implementation of Six Sigma to Reduce Cost of Quality: A Case Study of Automobile Sector. **Journal of Failure Analysis and Prevention**, v. 15, n. 2, p. 282–294, 2015.
- TAGUCHI, G. **System of experimental design: engineering methods to optimize quality and minimize costs**. 1st ed. New York, NY: Kraus International, 1988.
- TANCO, M.; VILES, E.; ILZARBE, L.; ALVAREZ, M. J. Implementation of Design of Experiments projects in industry. **Applied Stochastic Models in Business and Industry**, v. 25, n. 4, p. 478–505, 2009.
- TCHIDI, M. F.; HE, Z.; LI, Y. B. Process and Quality Improvement Using Six Sigma in Construction Industry. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 18, n. 2, p. 158–172, 2012.

- THIOLLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-ação**. 15a. edição. São Paulo, 2011.
- THOMAS, M.; SINGH, N. Complexity reduction in product design and development using Design for Six Sigma. **International Journal of Product Development**, v. 3, n. 3–4, p. 319–336, 2006.
- THOMPSON, F.; PERRY, C. Generalising results of an action research project in one work place to other situations: Principles and practice. **European Journal of Marketing**, v. 38, p. 401–417, 2004.
- TJAHJONO, B.; BALL, P.; VITANOV, V. I.; et al. Six Sigma: a literature review. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 1, n. 3, p. 216–233, 2010.
- TREICHLER, D.; CARMICHAEL, R.; KUSMANOFF, A.; LEWIS, J.; BERTHIEZ, G. Design for Six Sigma: 15 Lessons Learned. **Quality Progress**, p. 33–42, 2002.
- VARSHAPETIAN, A.; SEMENOVA, W. E. Aspects of integration management methods. **International Journal for Quality Research**, v. 9, n. 3, p. 481–494, 2015.
- WANG, F.-K.; YEH, C.-T.; CHU, T.-P. Using the design for Six Sigma approach with TRIZ for new product development. **Computers & Industrial Engineering**, v. 98, n. June, p. 522–530, 2016. Elsevier Ltd.
- WANG, H. M. S.; WANG, S. P.; LEE, W. A case study for reducing client waiting time in a health evaluation center using design for six sigma. **EMJ - Engineering Management Journal**, v. 26, n. 2, p. 62–73, 2014. American Society for Engineering Management.
- WATSON, G. H.; DEYONG, C. F. Design for Six Sigma: caveat emptor. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 1, n. 1, p. 66–84, 2010.
- WESTBROOK, R. Action research: a new paradigm for research in production and operations management. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 15, n. 12, p. 6–20, 1995.
- WHEELWRIGHT, S. C.; CLARK, K. B. **Revolutionizing Product Development: Quantum Leaps in Speed, Efficiency, and Quality**. New York, NY: The Free Press, 1992.
- WINNER, R.; PENNELL, J.; BERTRAND, H.; SLUSARCZUK, M. The role of concurrent engineering in weapons system acquisition. **Institute for Defense Analyses**, p. 1–175, 1988.
- YANG, K.; EL-HAIK, B. **Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development**. New York, NY: McGraw Hill, 2003.
- YANG, K. Design for Six Sigma and value creation. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 1, n. 4, p. 355, 2005.
- YANG, K.; CAI, X. The integration of DFSS, lean product development and lean knowledge management. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 5, n. 1, p. 75, 2009.
- YANG, M.; GAO, X.; LIANG, Y.; LI, Y.; YU, T. An innovative DFSS approach for multivariate production process. **Journal of Chemical and Pharmaceutical Research**, v. 6,

n. 2, p. 221–225, 2014.

YEUNG, S. M. C. Integrate DLDDC into DFSS for reducing variations in programme delivery. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 8, n. 3–4, p. 203–226, 2014.

YIN, R. **Applications of case study research**. Newbury Park, CA: Sage Publishing, 1993.

YUN, E. K.; CHUN, K. M. Critical to quality in telemedicine service management: Application of DFSS (Design for Six Sigma) and SERVQUAL. **Nursing Economics**, v. 26, n. 6, p. 384–388, 2008.

ZAIN, Z. M.; DALE, B. G.; KEHOE, D. F. Total quality management: an examination of the writings from a UK perspective. **The TQM Magazine**, v. 13, n. 2, p. 129–137, 2001.

## APÊNDICE A – Resultados da busca nas bases de dados

Um total de 334 artigos foi resultado da busca pelo termo “*Design for Six Sigma*” nas bases de dados WOS e Scopus, sendo 125 de periódicos e 209 apresentados em congressos. Segue a Tabela A.1 com a listagem completa ordenada por ano, das publicações mais recentes às mais antigas.

Tabela A.1 - Artigos resultantes da busca “*Design for Six Sigma*” nas bases de dados WOS e Scopus

| <b>Autores</b>                                                                 | <b>Título</b>                                                                                                                          | <b>Ano</b> | <b>Fonte</b>                                                                   | <b>Tipo da fonte</b> | <b>JCR</b> | <b>Citação WOS</b> | <b>SJR</b> | <b>Citação Scopus</b> | <b>Base</b> | <b>Qualis CAPES</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------|--------------------|------------|-----------------------|-------------|---------------------|
| Echeveste, ME;<br>Rozenfeld, H; Sonogo, M                                      | <i>Potential application of Six Sigma tool in the integrated product development process</i>                                           | 2016       | <i>Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering</i> | j                    | 0.963      |                    | 0.218      | 0                     | Scopus      | B1                  |
| Hassan, MF; Keat, MK; Yunos, MZ; Adzila, S; Arifin, AMT; Rahman, MNA; Haq, RHA | <i>Investigation of existing laptop computer towards sustainable development using design for six sigma and design for disassembly</i> | 2016       | <i>ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences</i>                        | j                    |            |                    | 0.202      | 0                     | Scopus      |                     |
| Suresh, KM; Asokan, P; Vinodh, S                                               | <i>Application of design for Six Sigma methodology to an automotive component</i>                                                      | 2016       | <i>International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage</i>            | j                    |            |                    | 0.14       | 0                     | Scopus      |                     |
| Zhang, W; Likich, M; Lynch, M; White, J                                        | <i>A Study on Robust Air Induction Snorkel Volume Velocity Prediction Using DFSS Approach</i>                                          | 2016       | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>       | c                    |            |                    | 0.337      | 0                     | Scopus      |                     |
| Ahari, H., Smith, M., Zammit, M., Walker, B.                                   | <i>Adapting Design for Six Sigma (DFSS) Methodology for Diesel Lean NOx Trap (LNT) Catalyst Screening</i>                              | 2016       | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>       | c                    |            |                    | 0.337      | 0                     | Scopus      |                     |

|                                                               |                                                                                                                      |      |                                                                                                             |   |       |       |       |   |                |    |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|-------|-------|---|----------------|----|
| Griffith, SEJ                                                 | <i>Creating a culture of operational discipline within a management of change process</i>                            | 2016 | <i>Process Plant Safety Symposium; AIChE Spring Meeting; Global Congress on Process Safety, Proceedings</i> | c |       |       | 0     |   | Scopus         |    |
| Cooney, EM; Yearling, PR; Smith, JA                           | <i>Multi-disciplinary capstone project on self-replicating 3-D printer</i>                                           | 2016 | <i>ASEE Annual Conference and Exposition, Proceedings</i>                                                   | c |       | 0.104 | 0     |   | Scopus         |    |
| Dixit, M; Sundaram, V; Kumar, S                               | <i>Optimization of Muffler Acoustics Performance using DFSS Approach</i>                                             | 2016 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>                                    | c |       | 0.337 | 0     |   | Scopus         |    |
| Konikineni, P; Sundaram, V; Sathish, K; Thirukkotti, S        | <i>Optimization Solutions for Fan Shroud</i>                                                                         | 2016 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>                                    | c |       | 0.337 | 0     |   | Scopus         |    |
| Kumar, S; Luthra, S; Govindan, K; Kumar, N; Haleem, A         | <i>Barriers in green lean six sigma product development process: an ISM approach</i>                                 | 2016 | <i>Production Planning &amp; Control</i>                                                                    | j | 3     | 1.295 |       |   | WOS            |    |
| Carvalho, MS; Magalhaes, DS; Varela, ML; Sa, JO; Gonçalves, I | <i>Definition of a collaborative working model to the logistics area using design for Six Sigma</i>                  | 2016 | <i>International Journal of Quality and Reliability Management</i>                                          | j | 0     | 0.544 | 1     |   | WOS and Scopus | B3 |
| Mitchell, EM; Kovach, JV                                      | <i>Improving supply chain information sharing using Design for Six Sigma</i>                                         | 2016 | <i>European Research on Management and Business Economics</i>                                               | j | 0     |       | 0     |   | WOS and Scopus |    |
| Lei, G; Liu, C; Jafari, M; Zhu, JG; Guo, Y                    | <i>Multilevel Robust Design Optimization of a Superconducting Magnetic Energy Storage Based on a Benchmark Study</i> | 2016 | <i>IEEE Transactions on Applied Superconductivity</i>                                                       | j | 1.092 | 0     | 0.381 | 0 | WOS and Scopus | B1 |
| Wang, F.-K., Yeh, C.-T., Chu, T.-P.                           | <i>Using the design for Six Sigma approach with TRIZ for new product development</i>                                 | 2016 | <i>Computers and Industrial Engineering</i>                                                                 | j | 2.086 | 0     | 1.63  | 0 | WOS and Scopus |    |
| Du, X                                                         | <i>Uncertainty topics for engineering design courses</i>                                                             | 2016 | <i>ASME Design Engineering Technical Conference, Proceedings</i>                                            | c |       | 0     | 0.109 | 0 | WOS and Scopus |    |
| Varshapetian, A; Semenova, WE                                 | <i>Aspects of integration management methods</i>                                                                     | 2015 | <i>International Journal for Quality Research</i>                                                           | j |       |       | 0     |   | Scopus         | B3 |

|                                                                      |                                                                                                                                  |      |                                                                                    |   |       |   |        |    |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|---|--------|----|
| Magalhães, DS;<br>Carvalho, MS; Varela,<br>ML                        | <i>Definition of a collaborative<br/>working model to the logistics<br/>area</i>                                                 | 2015 | <i>Romanian Review Precision<br/>Mechanics, Optics and<br/>Mechatronics</i>        | j | 0.161 | 0 | Scopus |    |
| Nicolaescu, S; Kifor,<br>CV; Lobonț, L                               | <i>Design for six sigma applied on<br/>software development projects<br/>from automotive industry</i>                            | 2015 | <i>Academic Journal of<br/>Manufacturing Engineering</i>                           | j | 0.113 | 0 | Scopus |    |
| Potra, S; Pugna, A                                                   | <i>DFSS in marketing: Designing<br/>an innovative value co-creation<br/>campaign</i>                                             | 2015 | <i>International Journal of Six<br/>Sigma and Competitive<br/>Advantage</i>        | j | 0.14  | 0 | Scopus |    |
| Li, Q., Savage,<br>G.J., Son, Y.K.                                   | <i>Economic, robust and quality<br/>design of engineering systems<br/>using a hybrid six sigma-second<br/>moment approach</i>    | 2015 | <i>International Journal of<br/>Performability Engineering</i>                     | j | 0.36  | 0 | Scopus | B3 |
| Surange, VG                                                          | <i>Implementation of Six Sigma to<br/>Reduce Cost of Quality: A Case<br/>Study of Automobile Sector</i>                          | 2015 | <i>Journal of Failure Analysis and<br/>Prevention</i>                              | j | 0.261 | 1 | Scopus | B3 |
| Alvarez, JC                                                          | <i>Lean design for Six Sigma: An<br/>integrated approach to achieving<br/>product reliability and low-cost<br/>manufacturing</i> | 2015 | <i>International Journal of Quality<br/>and Reliability Management</i>             | j | 0.544 | 0 | Scopus | B3 |
| Ferryanto, L                                                         | <i>Structuring a design for Six<br/>Sigma project: Paper helicopter<br/>robust and optimal design</i>                            | 2015 | <i>International Journal of Six<br/>Sigma and Competitive<br/>Advantage</i>        | j | 0.14  | 0 | Scopus |    |
| Arthanari, T;<br>Sundaram, V; Sathish<br>Kumar, S                    | <i>1D modeling of expansion tank<br/>flow</i>                                                                                    | 2015 | <i>SAE Symposium on International<br/>Automotive Technology,<br/>Proceedings</i>   | c |       | 1 | Scopus |    |
| Yilmaz, S                                                            | <i>A method to optimize Robust<br/>Core Design performance based<br/>on Design for Six Sigma (DFSS)<br/>methodology</i>          | 2015 | <i>Topical Meeting on Advances in<br/>Nuclear Fuel Management,<br/>Proceedings</i> | c |       | 0 | Scopus |    |
| Arvanitis, A;<br>Orzechowski, J;<br>Tousignant, T;<br>Govindswamy, K | <i>Automobile Powertrain Sound<br/>Quality Development Using a<br/>Design for Six Sigma (DFSS)<br/>Approach</i>                  | 2015 | <i>SAE Noise and Vibration<br/>Conference and Exhibition,<br/>Proceedings</i>      | c |       | 0 | Scopus |    |
| Narasappan, C;<br>Sundaram, V; Sathish<br>Kumar, S                   | <i>CAC plumbing lines inner<br/>medium pressure drop 1D model<br/>optimization</i>                                               | 2015 | <i>SAE Symposium on International<br/>Automotive Technology,<br/>Proceedings</i>   | c |       | 0 | Scopus |    |

|                                                                                        |                                                                                                                                                  |      |                                                                          |   |       |       |       |        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------------|---|-------|-------|-------|--------|----|
| Uduma, K;<br>Purushothaman, D;<br>Pawargi, D.S; Bilkhu,<br>S; Beaudet, B               | <i>CAE Based Development of an Ejection Mitigation (FMVSS 226) SABIC using Design for Six Sigma (DFSS) Approach</i>                              | 2015 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i> | c |       | 0.337 | 0     | Scopus |    |
| Bhuyan, DR;<br>Netapalli, S; Dev, S;<br>Srinivasan, S                                  | <i>Design for Six Sigma (DFSS) for Optimization of Stamping Simulation Parameters to Improve Springback Prediction</i>                           | 2015 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i> | c |       | 0.337 | 0     | Scopus |    |
| Yoo, D; Song, J; Kim,<br>Y; Jung, W; Kim, D                                            | <i>Fuel Consumption Improvement of 2.4L ULPC Diesel Engine by Optimizing the Combustion System; Nozzle, Swirl Ratio and Piston Bowl Geometry</i> | 2015 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i> | c |       | 0.337 | 0     | Scopus |    |
| Ramadas, S; Prasanth<br>Suseelan, S;<br>Paramadhyalan, T;<br>Annamalai, A; Mital,<br>R | <i>Optimization of Diesel Oxidation Catalyst (DOC) on Passenger Cars to Improve Emission Robustness</i>                                          | 2015 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i> | c |       | 0.337 | 0     | Scopus |    |
| Balashunmuganathan,<br>V; Nukala, R; Kumar,<br>SS; Govindarajalu, M                    | <i>Optimization of MAC Side Window Demister Outlet by Parametric Modelling through DFSS Approach</i>                                             | 2015 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i> | c |       | 0.337 | 0     | Scopus |    |
| Thomas, P.                                                                             | <i>Split peel seal system for flexible medical device packaging prototype</i>                                                                    | 2015 | <i>Annual Technical Conference, Proceedings</i>                          | c |       | 0.103 | 0     | Scopus |    |
| Vikram, MR; Patil, R;<br>Chattanahalli, S; Meti,<br>VH                                 | <i>Torsional vibration damper development for emerging market RWD vehicle</i>                                                                    | 2015 | <i>SAE Symposium on International Automotive Technology, Proceedings</i> | c |       |       | 0     | Scopus |    |
| Kovach, JV;<br>Fredendall, LD                                                          | <i>Learning During Design for Six Sigma Projects-A Preliminary Investigation in Behavioral Healthcare</i>                                        | 2015 | <i>EMJ - Engineering Management Journal</i>                              | j | 0.319 | 0     | 0.307 | WOS    | B2 |
| Horinkova, B; Plura, J                                                                 | <i>Possibilities of product quality planning improvement using selected tools of Design for Six Sigma</i>                                        | 2015 | <i>International Conference on Metallurgy and Materials, Proceedings</i> | c |       | 0     |       | WOS    |    |

|                                                                    |                                                                                                                 |      |                                                                                                            |   |       |    |       |    |  |                |    |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|----|-------|----|--|----------------|----|
| Cai, F; Ma, Z                                                      | <i>Research on The Application of DFSS In RandD of Materiel In Foreign Countries</i>                            | 2015 | <i>International Conference on Advanced Management Science and Information Engineering, Proceedings</i>    | c |       | 0  |       |    |  | WOS            |    |
| Ericsson, E; Gिंगnell, L; Lilliesköld, J                           | <i>Implementing Design for Six Sigma in large Swedish product developing organisations – an interview study</i> | 2015 | <i>Total Quality Management and Business Excellence</i>                                                    | j | 0.896 | 1  | 0.662 | 1  |  | WOS and Scopus |    |
| Kannengiesser, U; Gero, JS                                         | <i>Is designing independent of domain? Comparing models of engineering, software and service design</i>         | 2015 | <i>Research in Engineering Design</i>                                                                      | j | 1.786 | 0  | 0.765 | 0  |  | WOS and Scopus |    |
| Lucas, AG; Primus, K; Kovach, JV; Fredendall, LD                   | <i>Rethinking behavioral health processes by using design for six sigma</i>                                     | 2015 | <i>Psychiatric Services</i>                                                                                | j | 2.335 | 1  | 1.316 | 2  |  | WOS and Scopus |    |
| Lei, G; Wang, T; Zhu, JG; Guo, Y; Wang, S                          | <i>System-Level Design Optimization Method for Electrical Drive Systems - Robust Approach</i>                   | 2015 | <i>IEEE Transactions on Industrial Electronics</i>                                                         | j | 6.383 | 30 | 3.285 | 33 |  | WOS and Scopus | A1 |
| Wu, JJ; Wan, LQ; Nie, PF                                           | <i>Kriging surrogate model for compliant mechanism Six Sigma robust optimization design</i>                     | 2015 | <i>IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, Proceedings</i>     | c |       | 0  | 0.103 | 0  |  | WOS and Scopus |    |
| Lei, G; Guo, YG; Zhu, JG; Xu, W; Li, YB                            | <i>Multilevel six-sigma robust optimization of a superconducting magnetic energy storage</i>                    | 2015 | <i>IEEE International Conference on Applied Superconductivity and Electromagnetic Devices, Proceedings</i> | c |       | 0  |       | 0  |  | WOS and Scopus |    |
| Karthik, TVSSN; Subramanian, K; Kumar, RG; Prasad, TK; Srinivas, A | <i>A Six Sigma approach for the design of thermal architecture of energy storage system</i>                     | 2015 | <i>IEEE International Transportation Electrification Conference, Proceedings</i>                           | c |       | 0  |       | 0  |  | WOS and Scopus |    |
| Ericsson, E; Buschle, M; Lilliesköld, J; Ekstedt, M                | <i>Developing a Design for Six Sigma framework for the analysis of product development processes</i>            | 2015 | <i>IEEE PICMET, Proceedings</i>                                                                            | c |       | 0  |       | 0  |  | WOS and Scopus |    |

|                                                      |                                                                                                                        |      |                                                                                                     |   |       |       |   |                |
|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|-------|---|----------------|
| Babajide, B; Moore, T                                | Engineering university-industry projects: A design for six sigma framework                                             | 2015 | IEEE Frontiers in Education Conference, Proceedings                                                 | c |       | 0     | 0 | WOS and Scopus |
| Bertelli, CR; Loureiro, G                            | Quality problems in complex systems even considering the application of quality initiatives during product development | 2015 | ISPE International Conference on Concurrent Engineering, Proceedings                                | c |       | 0     | 0 | WOS and Scopus |
| Lei, G; Guo, Y; Zhu, JG; Xu, W                       | Six-sigma robust topology and shape optimization for flux switching permanent magnet machines                          | 2015 | IEEE International Conference on Applied Superconductivity and Electromagnetic Devices, Proceedings | c |       | 0     | 0 | WOS and Scopus |
| Cheng, Y-L; Wee, H-M; Chen, P-S; Kuo, Y-Y; Chen, G-J | Innovative reservoir sediments reuse and design for sustainability of the hydroelectric power plants                   | 2014 | Renewable and Sustainable Energy Reviews                                                            | j | 6.798 | 3.12  | 2 | Scopus         |
| Gremyr, I; Elg, M                                    | A developmental view on implementation of quality management concepts                                                  | 2014 | International Journal of Quality and Service Sciences                                               | j |       |       | 0 | Scopus         |
| Yang, M; Gao, X; Liang, Y; Li, Y; Yu, T              | An innovative DFSS approach for multivariate production process                                                        | 2014 | Journal of Chemical and Pharmaceutical Research                                                     | j |       | 0.135 | 0 | Scopus         |
| Pyle, MJ; Liker, JK                                  | Imitation in large complex organizations: A case of design for six sigma in the automobile industry                    | 2014 | Journal of Enterprise Transformation                                                                | j |       |       | 1 | Scopus         |
| Yeung, SMC                                           | Integrate DLDDC into DFSS for reducing variations in programme delivery                                                | 2014 | International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage                                        | j |       | 0.14  | 0 | Scopus         |
| Sarkar, A; Mukhopadhyay, AR; Ghosh, SK               | Measurement system analysis for implementing design for Six Sigma                                                      | 2014 | International Journal of Productivity and Quality Management                                        | j |       | 0.376 | 3 | Scopus         |
| Cudney, E; Kanigolla, D                              | Measuring the impact of project-based learning in Six Sigma education                                                  | 2014 | Journal of Enterprise Transformation                                                                | j |       |       | 2 | Scopus         |
| Cheng, WK; Azman, AF; Hamdan, MH; Mansa, RF          | Application of Six Sigma in oil and gas industry: Converting operation data into business                              | 2014 | IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, Proceedings     | c |       | 0.103 | 0 | Scopus         |

|                                                   | <i>value for process prediction and quality control</i>                                                                |      |                                                                                                        |   |       |       |       |        |                |    |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|-------|-------|--------|----------------|----|
| Idris, MRM, Aladin, A                             | <i>Design an effective reliability demonstration test plan using Six Sigma approach</i>                                | 2014 | <i>IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, Proceedings</i> | c |       | 0.103 | 0     | Scopus |                |    |
| El-Sharkawy, A; Salahuddin, A; Komarisky, B       | <i>Design for Six Sigma (DFSS) for Optimization of Automotive Heat Exchanger and Underhood Air Temperature</i>         | 2014 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>                               | c |       | 0.337 | 7     | Scopus |                |    |
| Sundaram, V; Arthanari, T; Sathish Kumar, S       | <i>Optimization of TOC plumbing line pressure drop using 1D modeling</i>                                               | 2014 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>                               | c |       | 0.337 | 0     | Scopus |                |    |
| Iorga, D; Scarlat, C; Ionescu, S                  | <i>The Enterprise Dynamic Indicators Matrix: Top Management Tool for Stable and Mature Process Sustainability</i>      | 2014 | <i>European Conference on Innovation and Entrepreneurship, Proceedings</i>                             | c | 0     |       |       | WOS    |                |    |
| Wang, HMS; Wang, SP; Lee, W                       | <i>A case study for reducing client waiting time in a health evaluation center using Design for Six Sigma</i>          | 2014 | <i>EMJ - Engineering Management Journal</i>                                                            | j | 0.319 | 2     | 0.307 | 2      | WOS and Scopus | B2 |
| Ferreira, I; Cabral, JA; Saraiva, P; Oliveira, MC | <i>A multidisciplinary framework to support the design of injection mold tools</i>                                     | 2014 | <i>Structural and Multidisciplinary Optimization</i>                                                   | j | 2.208 | 1     | 1.603 | 4      | WOS and Scopus | A2 |
| Ericsson, E; Gingnell, L; Lilliesköld, J          | <i>Successful risk management approaches in product development organizations: A case study experience</i>             | 2014 | <i>IEEE PICMET, Proceedings</i>                                                                        | c |       | 0     |       | 0      | WOS and Scopus |    |
| Azis, Y; Osada, H                                 | <i>Managing innovation using design for six sigma (DFSS) approach in healthcare service organizations</i>              | 2013 | <i>International Journal of Innovation and Technology Management</i>                                   | j |       |       | 0.206 | 0      | Scopus         |    |
| Ye, T                                             | <i>A statistical approach for correlation/validation of hot-soak terminal temperature of a vehicle cabin CFD model</i> | 2013 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>                               | c |       |       | 0.337 | 1      | Scopus         |    |
| Kim, Y; Jeong, C; Lee, M; Yoo, J                  | <i>Development of cost saving and sloshing noise reductive baffles</i>                                                 | 2013 | <i>FISITA World Automotive Congress, Proceedings</i>                                                   | c |       |       |       | 0      | Scopus         |    |

[illegible]

|                                                 |                                                                                                                                           |      |                                                                                        |   |       |       |                |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|-------|----------------|
| Pulido, J                                       | <i>Effective Implementation of an Enterprise Reliability Program with Suppliers</i>                                                       | 2013 | <i>IEEE Annual Reliability and Maintainability Symposium, Proceedings</i>              | c | 0     | 0     | WOS and Scopus |
| Ericsson, E                                     | <i>Is there a need for a new process model in product development when implementing DFSS?</i>                                             | 2013 | <i>IEEE PICMET, Proceedings</i>                                                        | c | 0     | 1     | WOS and Scopus |
| Suffian, MDM; Ibrahim, S                        | <i>Adopting Six Sigma in formulating a defect prediction model for system testing</i>                                                     | 2012 | <i>International Journal of Digital Content Technology and its Applications</i>        | j | 0.118 | 0     | Scopus         |
| Gremyr, I; Fouquet, J-B                         | <i>Design for six sigma and lean product development</i>                                                                                  | 2012 | <i>International Journal of Lean Six Sigma</i>                                         | j | 0.562 | 13    | Scopus B3      |
| Lin, WT; Wang, ST; Hwang, CH; Li, MH; Cheng, YH | <i>Improved process performance in new product development of optical communications manufacturing by the integration of DFSS and ANP</i> | 2012 | <i>International Journal of Manufacturing Technology and Management</i>                | j | 0.183 | 0     | Scopus B3      |
| Gremyr, I; Gustavsson, S; Gideberg, A           | <i>The medication process - A design for Six Sigma project</i>                                                                            | 2012 | <i>International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage</i>                    | j | 0.14  | 0     | Scopus         |
| Chen, K-S; Wang, C-H; Wu, C-F                   | <i>A DMADV approach to optimization of night-vision system assembly</i>                                                                   | 2012 | <i>Advanced Science Letters</i>                                                        | j | 1.253 | 0.154 | 1 Scopus       |
| Kim, JH; Kim, IS; Lee, HW; Park, BO             | <i>A Study on the Role of TRIZ in DFSS</i>                                                                                                | 2012 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>               | c | 0.337 | 0     | Scopus         |
| Chackelson, C; Errasti, A; Tanco, M             | <i>A world class order picking methodology: An empirical validation</i>                                                                   | 2012 | <i>IFIP International Conference, Proceedings</i>                                      | c |       | 1     | Scopus         |
| Wei, W; Falzetta, F                             | <i>Applying DFSS method in NVH measurement to optimize vehicle wind noise treatment</i>                                                   | 2012 | <i>International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, Proceedings</i> | c |       | 0     | Scopus         |
| Na, WJ                                          | <i>CAE based multi-level optimization of a bus body constituted of aluminum extrusions</i>                                                | 2012 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>               | c | 0.337 | 0     | Scopus         |
| Kim, J; Ryu, N; Kim, Y                          | <i>Optimized Caliper Design for Low Drag Using DFSS Method</i>                                                                            | 2012 | <i>SAE Brake Colloquium and Exhibition, Proceedings</i>                                | c |       | 0     | Scopus         |

|                                                      |                                                                                                                                    |      |                                                                                                   |   |       |       |       |    |                |    |
|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|-------|-------|----|----------------|----|
| Haught, M; Kovach, JV; Tiwari, V                     | <i>Redesigning the SKU creation process using design for six sigma</i>                                                             | 2012 | <i>IIE Annual Conference and Expo, Proceedings</i>                                                | c |       |       |       | 0  | Scopus         |    |
| Fallon, L; Hendricks, A                              | <i>Test method for seat wrinkling and bagginess</i>                                                                                | 2012 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>                          | c |       | 0.337 |       | 0  | Scopus         |    |
| El-Sharkawy, A                                       | <i>Transient Thermal Analysis of Diesel Fuel Systems</i>                                                                           | 2012 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>                          | c |       | 0.337 |       | 0  | Scopus         |    |
| Raju, D; Vasconi, S                                  | <i>Virtual optimization of epicyclic gearbox planet bearings in wind turbines</i>                                                  | 2012 | <i>American Gear Manufacturers Association Fall Technical Meeting, Proceedings</i>                | c |       |       |       | 0  | Scopus         |    |
| Koziolek, S; Derlukiewicz, D                         | <i>Method of assessing the quality of the design process of construction equipment with the use of DFSS (Design for Six Sigma)</i> | 2012 | <i>Automation in Construction</i>                                                                 | j | 2.442 | 1     | 1.571 | 6  | WOS and Scopus |    |
| Tchidi, MF; He, Z; Li, YB                            | <i>Process and quality improvement using Six Sigma in construction industry</i>                                                    | 2012 | <i>Journal of Civil Engineering and Management</i>                                                | j | 1.53  | 7     | 0.907 | 9  | WOS and Scopus | B1 |
| Ericsson, E; Lillieskold, J                          | <i>Identifying weaknesses in the Design for Six Sigma concept through a pedagogical structure</i>                                  | 2012 | <i>IEEE PICMET, Proceedings</i>                                                                   | c |       | 0     |       | 1  | WOS and Scopus |    |
| Kompally, SK; Ramanath, V; Jeevanandan, K; Kunnil, M | <i>Recent advances in test vs finite element correlations through Design for Six Sigma tools</i>                                   | 2012 | <i>International Conference on Nuclear Engineering and The ASME Power Conference, Proceedings</i> | c |       | 0     |       | 0  | WOS and Scopus |    |
| Azis, Y; Osada, H                                    | <i>An empirical study of new value creation in financial service companies using design for Six Sigma approach</i>                 | 2011 | <i>International Journal of Productivity and Quality Management</i>                               | j |       |       | 0.376 | 11 | Scopus         |    |
| Qureshi, ZH; Ashraf, MA                              | <i>Bottom-up integration of quality in new product development using systems engineering</i>                                       | 2011 | <i>International Journal of Business and Systems Research</i>                                     | j |       |       | 0.205 | 1  | Scopus         | C  |
| Kumar, S; Prajapati, DR; Satsangi, PS                | <i>Design for Six Sigma to optimise the process parameters of a foundry</i>                                                        | 2011 | <i>International Journal of Productivity and Quality Management</i>                               | j |       |       | 0.376 | 1  | Scopus         |    |

|                                                                   |                                                                                                                                   |      |                                                                          |   |       |   |        |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------------|---|-------|---|--------|
| Li, BZ; Wu, S-S;<br>Yang, J-G; Shukla, SK                         | <i>An adaptive design for six sigma (ADFSS): a simulated annealing and regression analysis embedded approach</i>                  | 2011 | <i>Journal of Donghua University (English Edition)</i>                   | j |       | 1 | Scopus |
| Thompson, LL;<br>Jensen, C                                        | <i>A design for six sigma approach to optimize a front-wheel-drive transmission for improved efficiency and robustness</i>        | 2011 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i> | c | 0.337 | 1 | Scopus |
| Suffian, MDM;<br>Ibrahim, S                                       | <i>Adopting six sigma approach in predicting functional defects for system testing</i>                                            | 2011 | <i>IEEE Malaysian Conference in Software Engineering, Proceedings</i>    | c |       | 0 | Scopus |
| Andreassa, MC; Tiusso, JR                                         | <i>Design for reliability: Overview of the systemic approach for failure analysis in electronics</i>                              | 2011 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i> | c | 0.337 | 0 | Scopus |
| Balakrishnan, PV;<br>Perumal, J;<br>Salahudeen, AM;<br>Kannan, JS | <i>Design for six sigma (DFSS) of hydroformed engine cradle design for SUV application</i>                                        | 2011 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i> | c | 0.337 | 0 | Scopus |
| Brown, SJ                                                         | <i>Design Optimization of Front Bumper System for Low Speed Impact Insurance Industry Impact Test using DFSS and CAE Analysis</i> | 2011 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i> | c | 0.337 | 2 | Scopus |
| Pyszel, R                                                         | <i>Effects of fretting corrosion on lift glass</i>                                                                                | 2011 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i> | c | 0.337 | 0 | Scopus |
| Berger, L; Fallon, L;<br>Carpenter, MG                            | <i>Measurement of occupant pocketing kinematics during whiplash assessments</i>                                                   | 2011 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i> | c | 0.337 | 0 | Scopus |
| Hotton, R                                                         | <i>Optimization of scratch resistance for molded in color interior thermoplastic olefin injection molded plastics</i>             | 2011 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i> | c | 0.337 | 0 | Scopus |
| Imam, AS; Chinta, B;<br>Thorpe, S                                 | <i>Optimum constraint strategy for liftgates</i>                                                                                  | 2011 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i> | c | 0.337 | 0 | Scopus |

|                                                                   |                                                                                                                                                                          |      |                                                                                                                    |   |       |       |       |    |                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|-------|-------|----|-------------------|----|
| Jinmei, H                                                         | <i>RETRACTED ARTICLE:<br/>Research on product innovation<br/>in tourism development</i>                                                                                  | 2011 | <i>IEEE International Conference<br/>on Product Innovation<br/>Management, Proceedings</i>                         | c |       |       | 0     |    | Scopus            |    |
| Henshall, ED;<br>Campean, I; Brunson,<br>D                        | <i>Robust and reliable teamwork<br/>within engineering projects</i>                                                                                                      | 2011 | <i>SAE Technical Papers - World<br/>Congress and Exhibition,<br/>Proceedings</i>                                   | c |       | 0.337 | 0     |    | Scopus            |    |
| Mandadapu, S;<br>Chinta, B; Jutila, B;<br>Schoenefeld, M          | <i>Robust design of a light weight<br/>flush mount roof rack</i>                                                                                                         | 2011 | <i>SAE Technical Papers - World<br/>Congress and Exhibition,<br/>Proceedings</i>                                   | c |       | 0.337 | 2     |    | Scopus            |    |
| Yang, H                                                           | <i>Business process reengineering<br/>and functional design of<br/>information system based on<br/>DFSS: A case study of<br/>pharmaceutical wholesale<br/>enterprise</i> | 2011 | <i>Applied Mechanics and<br/>Materials</i>                                                                         | j | 0     | 0.113 | 0     |    | WOS and<br>Scopus | B1 |
| Baril, C; Yacout, S;<br>Clement, B                                | <i>Design for Six Sigma through<br/>collaborative multiobjective<br/>optimization</i>                                                                                    | 2011 | <i>Computers and Industrial<br/>Engineering</i>                                                                    | j | 2.086 | 7     | 1.63  | 11 | WOS and<br>Scopus |    |
| Kuei, C-H; Madu, CN;<br>Lin, C                                    | <i>Developing global supply chain<br/>quality management systems</i>                                                                                                     | 2011 | <i>International Journal of<br/>Production Research</i>                                                            | j | 1.693 | 12    | 1.445 | 15 | WOS and<br>Scopus | B1 |
| de Mast, J;<br>Diepstraten, G; Does,<br>RJMM                      | <i>Quality quandaries: Design for<br/>Six Sigma: Method and<br/>application</i>                                                                                          | 2011 | <i>Quality Engineering</i>                                                                                         | j | 0.883 | 5     | 0.58  | 8  | WOS and<br>Scopus | B1 |
| Meng, X; Wang, S;<br>Qiu, J; Zhang, Q; Zhu,<br>JG; Guo, Y; Liu, D | <i>Robust multilevel optimization of<br/>PMSM using Design for Six<br/>Sigma</i>                                                                                         | 2011 | <i>IEEE Transactions on Magnetcs</i>                                                                               | j | 1.277 | 13    | 0.602 | 11 | WOS and<br>Scopus | B1 |
| Goh, TN                                                           | <i>Six Sigma in industry: Some<br/>observations after twenty-five<br/>years</i>                                                                                          | 2011 | <i>Quality and Reliability<br/>Engineering International</i>                                                       | j | 1.457 | 8     | 1.3   | 16 | WOS and<br>Scopus | B1 |
| Bassler, D; Oehmen,<br>J; Seering, W; Ben-<br>Daya, M             | <i>A comparison of the integration<br/>of risk management principles in<br/>product development approaches</i>                                                           | 2011 | <i>International Conference on<br/>Engineering Design,<br/>Proceedings</i>                                         | c |       | 0     |       | 2  | WOS and<br>Scopus |    |
| Wu, J; Wang, Y;<br>Zhang, Q; Huang, P                             | <i>Improve burnishing formation<br/>yield applying Design for Six<br/>Sigma</i>                                                                                          | 2011 | <i>IEEE International Conference<br/>on Industrial Engineering and<br/>Engineering Management,<br/>Proceedings</i> | c |       | 0     | 0.103 | 0  | WOS and<br>Scopus |    |

|                                                        |                                                                                                                            |      |                                                                                     |   |   |       |    |                |    |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------------------|---|---|-------|----|----------------|----|
| Luiten, IGA                                            | <i>Thermal design in the Design for six sigma - DIDOV framework</i>                                                        | 2011 | <i>IEEE Semiconductor Thermal Measurement and Management Symposium, Proceedings</i> | c | 0 | 0.264 | 0  | WOS and Scopus |    |
| Downing, CG                                            | <i>Using design for Six Sigma practices to develop a "rose" Belt course</i>                                                | 2011 | <i>ASEE Annual Conference and Exposition, Proceedings</i>                           | c | 0 | 0.105 | 0  | WOS and Scopus |    |
| Ericsson, E; Von Würtemberg, LM; Lilliesköld, J        | <i>Who is the DFSS Black Belt?: An investigation of the competence profile of the role in theory and practice</i>          | 2011 | <i>IEEE PICMET, Proceedings</i>                                                     | c | 0 |       | 0  | WOS and Scopus |    |
| Montgomery, DC                                         | <i>A modern framework for achieving enterprise excellence</i>                                                              | 2010 | <i>International Journal of Lean Six Sigma</i>                                      | j |   | 0.562 | 28 | Scopus         | B3 |
| Amer, Y; Luong, L; Ashraf, MA; Lee, S-H                | <i>A systems approach to order fulfilment</i>                                                                              | 2010 | <i>International Journal of Operational Research</i>                                | j |   | 0.451 | 4  | Scopus         | B5 |
| Lin, CS; Chen, L-F; Yu, HC                             | <i>Application of DFSS for ODM electronic product development - An empirical study of a wireless communication Company</i> | 2010 | <i>Journal of Quality</i>                                                           | j |   | 0.122 | 0  | Scopus         |    |
| Mettas, A                                              | <i>Design for reliability: Overview of the process and applicable techniques</i>                                           | 2010 | <i>International Journal of Performability Engineering</i>                          | j |   | 0.36  | 4  | Scopus         | B3 |
| Watson, GH; DeYong, CF                                 | <i>Design for six sigma: Caveat emptor</i>                                                                                 | 2010 | <i>International Journal of Lean Six Sigma</i>                                      | j |   | 0.562 | 23 | Scopus         | B3 |
| Lee, M-C; Chang, T                                     | <i>Developing a lean design for Six Sigma through supply chain methodology</i>                                             | 2010 | <i>International Journal of Productivity and Quality Management</i>                 | j |   | 0.376 | 23 | Scopus         |    |
| Mandahawi, N; Al-Shihabi, S; Abdallah, AA; Alfarah, YM | <i>Reducing waiting time at an emergency department using design for Six Sigma and discrete event simulation</i>           | 2010 | <i>International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage</i>                 | j |   | 0.14  | 11 | Scopus         |    |
| Patidar, A                                             | <i>Application of design for six sigma methodologies to design automotive HVAC system</i>                                  | 2010 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>            | c |   | 0.337 | 1  | Scopus         |    |
| Long, P; Kovach, J; Ding, D                            | <i>Designing an IT change management process for mid-size accounting firms</i>                                             | 2010 | <i>IIE Annual Conference and Expo, Proceedings</i>                                  | c |   |       | 0  | Scopus         |    |

|                                                          |                                                                                                                                                          |      |                                                                                                                                                        |   |       |    |        |
|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|----|--------|
| Rivera, EA; Mastro, N; Zizelman, J; Kirwan, J; Ooyama, R | <i>Development of injector for the direct injection homogeneous market using design for six sigma</i>                                                    | 2010 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>                                                                               | c | 0.337 | 12 | Scopus |
| Zhao, Y; Jiang, F; Yan, Z                                | <i>Efficient integration for a hardware-in-the-loop (hil) system</i>                                                                                     | 2010 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>                                                                               | c | 0.337 | 1  | Scopus |
| Dhiauddin, M; Suffian, M; Abdullah, MR                   | <i>Establishing a defect prediction model using a combination of product metrics as predictors via six sigma methodology</i>                             | 2010 | <i>IEEE International Symposium on Information Technology, Proceedings</i>                                                                             | c |       | 0  | Scopus |
| Narayanan, H; Khoh, SB                                   | <i>Managing change towards design for Six Sigma™</i>                                                                                                     | 2010 | <i>IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology, Proceedings</i>                                                           | c |       | 0  | Scopus |
| Kim, CS; Hong, J; Shim, J; Won, Y; Kwon, Y-I             | <i>Multiphysics modeling and design of ultralarge multiwafer MOVPE reactor for group III-nitride light emitting diodes</i>                               | 2010 | <i>International Conference on Thermal, Mechanical and Multi-Physics Simulation, and Experiments in Microelectronics and Microsystems, Proceedings</i> | c |       | 0  | Scopus |
| Thanasiu, E; Chanko, T; Jen, H-W; Hubbard, CP            | <i>Research application of DFSS: Study of the impact of accelerated aging and recovery on low-Rh three-way catalyst activity for catalyst monitoring</i> | 2010 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>                                                                               | c | 0.337 | 0  | Scopus |
| Wu, JJ; Wang, YZ; Cai, WS; Shao, JJ                      | <i>RETRACTED ARTICLE: Improving quality and manufacturability by design for Six Sigma</i>                                                                | 2010 | <i>IEEE International Conference on Advanced Management Science, Proceedings</i>                                                                       | c |       | 0  | Scopus |
| Tchidi, MF; He, Z                                        | <i>RETRACTED ARTICLE: Six sigma axiomatic design method based on quality function deployment</i>                                                         | 2010 | <i>IEEE International Conference on Information Management and Engineering, Proceedings</i>                                                            | c |       | 0  | Scopus |
| Heemskerk, R; Adane, T; Wagner, R                        | <i>System dynamic modelling applied to wind turbine bearings</i>                                                                                         | 2010 | <i>European Wind Energy Conference and Exhibition, Proceedings</i>                                                                                     | c |       | 0  | Scopus |
| Tchidi, MF; He, Z                                        | <i>The requirements engineering process model based on Design for Six Sigma</i>                                                                          | 2010 | <i>IEEE International Conference on Information Management and Engineering, Proceedings</i>                                                            | c |       | 1  | Scopus |

|                                                   |                                                                                                                                                                                                                |      |                                                                                   |   |       |    |       |    |                |    |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------|---|-------|----|-------|----|----------------|----|
| Soderborg, NR                                     | <i>The role of design for six sigma in successful product development</i>                                                                                                                                      | 2010 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>          | c |       |    | 0.337 | 1  | Scopus         |    |
| Benguerel, E; Seyer, S; Geoffroy, N; Le Regent, A | <i>Upgrading the selenium removal process for CEZinc's acid plant effluents</i>                                                                                                                                | 2010 | <i>Lead-Zinc Symposium, Proceedings</i>                                           | c |       |    |       | 0  | Scopus         |    |
| Jou, YT; Chen, CH; Hwang, CH; Lin, WT; Huang, SJ  | <i>A study on the improvements of new product development procedure performance-an application of Design for Six Sigma in a semi-conductor equipment manufacturer</i>                                          | 2010 | <i>International Journal of Production Research</i>                               | j | 1.693 | 5  | 1.445 | 12 | WOS and Scopus | B1 |
| Amer, Y; Luong, L; Lee, SH                        | <i>Case study: Optimizing order fulfillment in a global retail supply chain</i>                                                                                                                                | 2010 | <i>International Journal of Production Economics</i>                              | j | 2.782 | 6  | 2.749 | 10 | WOS and Scopus | A1 |
| Hasenkamp, T                                      | <i>Engineering Design for Six Sigma - A systematic approach</i>                                                                                                                                                | 2010 | <i>Quality and Reliability Engineering International</i>                          | j | 1.457 | 10 | 1.3   | 11 | WOS and Scopus | B1 |
| Goh, TN; Lam, SW                                  | <i>Problem-based learning approach to application of statistical experimentation</i>                                                                                                                           | 2010 | <i>Quality and Reliability Engineering International</i>                          | j | 1.457 | 1  | 1.3   | 1  | WOS and Scopus | B1 |
| Chung, Y-C; Hsu, Y-W                              | <i>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</i> | 2010 | <i>Total Quality Management and Business Excellence</i>                           | j | 0.896 | 5  | 0.662 | 8  | WOS and Scopus |    |
| Goh, TN                                           | <i>Six triumphs and six tragedies of six sigma</i>                                                                                                                                                             | 2010 | <i>Quality Engineering</i>                                                        | j | 0.883 | 10 | 0.58  | 18 | WOS and Scopus | B1 |
| He, Y; Tangb, X; Changa, W                        | <i>Technical decomposition approach of critical to quality characteristics for Product Design for Six Sigma</i>                                                                                                | 2010 | <i>Quality and Reliability Engineering International</i>                          | j | 1.457 | 7  | 1.3   | 11 | WOS and Scopus | B1 |
| Koziolek, S; Derlukiewicz, D; Ptak, M             | <i>Design process innovation of mechanical objects with the use of Design For Six Sigma methodology</i>                                                                                                        | 2010 | <i>International Conference on Mechatronic Systems and Materials, Proceedings</i> | c |       | 1  |       | 6  | WOS and Scopus |    |

|                                                     |                                                                                                                       |      |                                                                                                                                  |   |       |       |                |           |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|-------|----------------|-----------|
| Tang, V; Otto, KN                                   | Multifunctional enterprise readiness: Beyond the policy of build-test-fix cyclic rework                               | 2010 | ASME International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Proceedings | c | 0     | 0     | WOS and Scopus |           |
| Kaplan, S; Bisgaard, S; Truesdell, D; Zetterholm, S | Design for Six Sigma in healthcare: developing an employee influenza vaccination process                              | 2009 | Journal For Healthcare Quality                                                                                                   | j | 1.507 | 0.468 | 4              | Scopus    |
| Aggogeri, F; Mazzola, M; O'Kane, J                  | Implementing DFSS to increase the performance level of an extrusion process                                           | 2009 | International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage                                                                     | j |       | 0.14  | 1              | Scopus    |
| Ray, S; Das, P                                      | Improving efficiency and effectiveness of APQP process by using DFSS tools                                            | 2009 | International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage                                                                     | j |       | 0.14  | 6              | Scopus    |
| Jugulum, R; Kamarthi, S; Zeid, I; Samuel, P         | Robust design of a radio-frequency identification system using Design for Six Sigma approach                          | 2009 | International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage                                                                     | j |       | 0.14  | 4              | Scopus    |
| Chakravorty, SS; Franza, RM                         | The implementation of Design for Six Sigma: A development experience                                                  | 2009 | International Journal of Product Development                                                                                     | j |       | 0.175 | 3              | Scopus B3 |
| Yang, K; Cai, X                                     | The integration of DFSS, lean product development and lean knowledge management                                       | 2009 | International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage                                                                     | j |       | 0.14  | 11             | Scopus    |
| Awad, MI; Ewing, A; Sedlak, G; Yi, T; Shanshal, Y   | Track roller and idler design improvement using DFSS                                                                  | 2009 | International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage                                                                     | j |       | 0.14  | 1              | Scopus    |
| Chinta, B; Mandadapu, S; Carpenter, MG              | Application of principle component analysis to low speed rear impact - Design for six sigma project at general motors | 2009 | SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings                                                                | c |       | 0.337 | 3              | Scopus    |
| Liebermann, G                                       | Design for six sigma in high value materials development                                                              | 2009 | AIChE Annual Meeting, Proceedings                                                                                                | c |       |       | 0              | Scopus    |
| Kiemele, MJ                                         | Designnovation™: The systematic application of innovation within a design for six sigma (DFSS) structure              | 2009 | Annual Technical Conference, Proceedings                                                                                         | c |       | 0.103 | 2              | Scopus    |

|                                                            |                                                                                                                                                                                      |      |                                                                                          |   |       |   |       |    |                |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|---|-------|----|----------------|
| Zhang, B                                                   | <i>DFSS for robust tooling design with concurrent virtual dimensional analysis (CVDA) methods</i>                                                                                    | 2009 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>                 | c |       |   | 0.337 | 0  | Scopus         |
| Gangal, M; Thakur, A; Roy, D; Kumar, P; Kelso, B; Marks, S | <i>Integrated, virtual plant design and commissioning methodology using digital manufacturing and lean principles</i>                                                                | 2009 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>                 | c |       |   | 0.337 | 0  | Scopus         |
| Hijawi, M; Levine, MA                                      | <i>Lessons learned for effective design verification</i>                                                                                                                             | 2009 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>                 | c |       |   | 0.337 | 0  | Scopus         |
| Bennur, M; Hogland, D; Abboud, E; Wang, T; Rudnick, M      | <i>Multi-disciplinary robust optimization for performances of noise and vibration and impact hardness and memory shake</i>                                                           | 2009 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>                 | c |       |   | 0.337 | 3  | Scopus         |
| Lathrop, R                                                 | <i>The digital solder paste</i>                                                                                                                                                      | 2009 | <i>IPC APEX Expo, Proceedings</i>                                                        | c |       |   |       | 0  | Scopus         |
| Grant, D; Mergen, AE                                       | <i>Towards The Use of Six Sigma In Software Development</i>                                                                                                                          | 2009 | <i>Total Quality Management and Business Excellence</i>                                  | j | 0.896 | 4 | 0.662 |    | WOS            |
| Banciu, F; Draghici, G; Turc, CG                           | <i>Holistic Approach on Integrated, Collaborative Product Design</i>                                                                                                                 | 2009 | <i>International Conference Modern Technologies, Quality and Innovation, Proceedings</i> | c |       | 1 |       |    | WOS            |
| Soković, M; Jovanović, J; Krivokapić, Z; Vujović, A        | <i>Basic quality tools in continuous improvement process</i>                                                                                                                         | 2009 | <i>Strojnicki Vestnik-Journal of Mechanical Engineering</i>                              | j | 0.677 | 3 | 0.405 | 5  | WOS and Scopus |
| Rusiński, E; Koziolęk, S; Jamroziak, K                     | <i>Quality assurance method for the design and manufacturing process of armoured vehicles [Metoda zapewnienia jakości procesu projektowo-konstrukcyjnego pojazdów opancerzonych]</i> | 2009 | <i>Eksploatacja I Niezawodność-Maintenance and Reliability</i>                           | j | 1.248 | 8 | 0.509 | 11 | WOS and Scopus |
| Negroni, DY; Trabasso, LG                                  | <i>A quality improving method to assist the Integrated Product Development process</i>                                                                                               | 2009 | <i>International Conference on Engineering Design, Proceedings</i>                       | c |       | 1 |       | 1  | WOS and Scopus |
| Shahin, A                                                  | <i>Design for Six Sigma (DFSS): Lessons learned from world-class companies</i>                                                                                                       | 2008 | <i>International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage</i>                      | j |       |   | 0.14  | 25 | Scopus         |

|                                                                                      |                                                                                                                 |      |                                                                                                            |   |       |       |    |        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|-------|----|--------|----|
| Savage, GJ; Son, YK                                                                  | <i>Design-for-six-sigma for multiple response systems</i>                                                       | 2008 | <i>International Journal of Product Development</i>                                                        | j |       | 0.175 | 7  | Scopus | B3 |
| Hasenkamp, T; Olme, A                                                                | <i>Introducing design for six sigma at SKF</i>                                                                  | 2008 | <i>International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage</i>                                        | j |       | 0.14  | 15 | Scopus |    |
| Manikandan, G; Kannan, SM; Jayabalan, V                                              | <i>Six Sigma inspired sampling plan design to minimise sample size for inspection</i>                           | 2008 | <i>International Journal of Productivity and Quality Management</i>                                        | j |       | 0.376 | 4  | Scopus |    |
| Kovach, J; Cho, BR                                                                   | <i>Solving multiresponse optimization problems using quality function-based robust design</i>                   | 2008 | <i>Quality Engineering</i>                                                                                 | j | 0.883 | 0.58  | 17 | Scopus | B1 |
| Zhang, B                                                                             | <i>A framework of DFSS application in Flexible Inspection System (FIS)</i>                                      | 2008 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>                                   | c |       | 0.337 | 0  | Scopus |    |
| Hsu, J; Awano, M; Hayahsi, K; Kunihiro, A; Yasin, A                                  | <i>An approach on robust design optimization of side impact crash analysis using FEM and DFSS</i>               | 2008 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>                                   | c |       | 0.337 | 2  | Scopus |    |
| Junior, HM; Turrioni, JB; Rosati, AC; Neto, DG; Goto, FK; Mologni, JF; Fernandes, MM | <i>Application of design for six sigma (DFSS) on an automotive technology development process</i>               | 2008 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>                                   | c |       | 0.337 | 1  | Scopus |    |
| Ranganathan, S; Redzic, C                                                            | <i>Application of design for six sigma in third party intensive programs</i>                                    | 2008 | <i>IEEE International Conference on Secure System Integration and Reliability Improvement, Proceedings</i> | c |       |       | 0  | Scopus |    |
| Kochem, M; Weyer, F; Holzmann, H                                                     | <i>Application of design for six sigma methods in the development and validation of chassis control systems</i> | 2008 | <i>FISITA World Automotive Congress, Proceedings</i>                                                       | c |       |       | 0  | Scopus |    |
| Axelsson, J                                                                          | <i>Applying design for six sigma to the concept development of an automotive HMI</i>                            | 2008 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>                                   | c |       | 0.337 | 0  | Scopus |    |
| Goh, TN; Tang, LC; Xie, M                                                            | <i>Applying statistical design of experiments as a change agent in industry</i>                                 | 2008 | <i>IIE Annual Conference and Expo, Proceedings</i>                                                         | c |       |       | 0  | Scopus |    |

|                                                                                               |                                                                                                                                        |      |                                                                                    |   |       |   |        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|---|--------|
| Chollar, GW; Morris, GK; Peplinski, JD                                                        | <i>Applying systems engineering and design for six sigma in a requirements-based cost modeling process</i>                             | 2008 | <i>IIE Annual Conference and Expo, Proceedings</i>                                 | c |       | 0 | Scopus |
| Egbert, N; McCoy, P; Schwerin, D; Jones, J; Karl, A                                           | <i>Design for process excellence-ensuring timely and cost-effective solutions</i>                                                      | 2008 | <i>Congress of International Council of the Aeronautical Sciences, Proceedings</i> | c |       | 0 | Scopus |
| Johns, F; Ketelsen, M; Peter, R                                                               | <i>Design for six sigma (DFSS) for an automotive supplier</i>                                                                          | 2008 | <i>FISITA World Automotive Congress, Proceedings</i>                               | c |       | 0 | Scopus |
| Shenvi, AA                                                                                    | <i>Design for six sigma: Software product quality</i>                                                                                  | 2008 | <i>India Software Engineering Conference, Proceedings</i>                          | c |       | 0 | Scopus |
| Kim, EJ; Sung, DU; Kim, JY; Jung, GS                                                          | <i>Development of durability test modes for suspension components under multi-axial loading</i>                                        | 2008 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>           | c | 0.337 | 2 | Scopus |
| Schenck, L; Chen, A; Lowinger, M; Troup, GM; Sinha, A; Ho, J; Rudeen, BL; Robison, S; Cruz, C | <i>Integrating design for six sigma Tools and Qbd concepts in hot melt extrusion process development</i>                               | 2008 | <i>AIChE Annual Meeting, Proceedings</i>                                           | c | 0.1   | 0 | Scopus |
| Heggelund, DG; Andresen, V                                                                    | <i>Productization of data</i>                                                                                                          | 2008 | <i>SPE Russian Oil and Gas Technical Conference and Exhibition, Proceedings</i>    | c |       | 0 | Scopus |
| Grabau, R; Sakowicz, JR                                                                       | <i>Robust assessment of USCAR electrical connectors using standardized signal-to-noise</i>                                             | 2008 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>           | c | 0.337 | 0 | Scopus |
| Jensen, C; Quinlan, J; Feiler, B                                                              | <i>Robust engineering and DFSS: How to maximize user delight and function and minimize cost</i>                                        | 2008 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>           | c | 0.337 | 2 | Scopus |
| Fischer, WJ                                                                                   | <i>SGT5-8000H product validation at irsching 4 test center</i>                                                                         | 2008 | <i>Verein Deutscher Ingenieure-Berichte Conference, Proceedings</i>                | c |       | 0 | Scopus |
| Sanftleben, H; Lewis, L; Stark, K; Young, M; Skrzat, M                                        | <i>The value of joint customer and supplier Quality Function Deployment (QFD) and Design for Six Sigma (DFSS) toolset applications</i> | 2008 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>           | c | 0.337 | 2 | Scopus |

|                                                    |                                                                                                                                                                                                 |      |                                                                                              |   |       |    |       |    |                |    |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|----|-------|----|----------------|----|
| Chung, YC; Hsu, YW; Tsai, CH                       | <i>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</i> | 2008 | <i>Total Quality Management and Business Excellence</i>                                      | j | 0.896 | 2  | 0.662 |    | WOS            |    |
| Yun, EK; Chun, KM                                  | <i>Critical to quality in telemedicine service management: Application of DFSS (Design for Six Sigma) and SERVQUAL</i>                                                                          | 2008 | <i>Nursing Economics</i>                                                                     | j | 0.934 | 4  | 0.534 | 10 | WOS and Scopus |    |
| Shimoyama, K; Oyama, A; Fujii, K                   | <i>Development of multi-objective Six Sigma approach for robust design optimization</i>                                                                                                         | 2008 | <i>Journal of Aerospace Computing Information and Communication</i>                          | j | 1     | 10 |       | 15 | WOS and Scopus |    |
| Liu, X; Wang, S; Qiu, J; Zhu, JG; Guo, Y; Lin, ZW  | <i>Robust optimization in HTS cable based on Design for Six Sigma</i>                                                                                                                           | 2008 | <i>IEEE Transactions on Magnetics</i>                                                        | j | 1.277 | 12 | 0.602 | 21 | WOS and Scopus | B1 |
| Narayanan, H; Khoh, SB                             | <i>Deploying Design For Six Sigma (TM) In New Product Development</i>                                                                                                                           | 2008 | <i>IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology, Proceedings</i> | c |       | 0  |       | 1  | WOS and Scopus |    |
| van Geffen, S; Duis, J; Miller, R                  | <i>Optical links in handheld multimedia devices</i>                                                                                                                                             | 2008 | <i>SPIE Proceedings</i>                                                                      | c |       | 0  | 0.216 | 0  | WOS and Scopus |    |
| Wang, S; Liu, X; Qiu, J; Jian, GZ; Guo, Y; Zhi, WL | <i>Robust optimization in HTS cable based on DEPSO and Design for Six Sigma</i>                                                                                                                 | 2008 | <i>IEEE Industry Applications Society Annual Meeting, Proceedings</i>                        | c |       | 0  | 0.1   | 0  | WOS and Scopus |    |
| Schmidt-Kretschmer, M; Warncke, TR                 | <i>Towards an integration of Six Sigma, Design for Six Sigma and Design Methodology</i>                                                                                                         | 2008 | <i>International Design Conference, Proceedings</i>                                          | c |       | 0  |       | 0  | WOS and Scopus |    |
| Chinbat, U; Takakuwa, S                            | <i>Using operation process simulation for a Six Sigma project of mining and iron production factory</i>                                                                                         | 2008 | <i>IEEE Winter Simulation Conference, Proceedings</i>                                        | c |       | 2  |       | 5  | WOS and Scopus |    |
| Ramakrishnan, S; Tsai, PF; Drayer, CM; Srihari, K  | <i>Using simulation with Design for Six Sigma in a server manufacturing environment</i>                                                                                                         | 2008 | <i>IEEE Winter Simulation Conference, Proceedings</i>                                        | c |       | 0  |       | 7  | WOS and Scopus |    |

|                                                    |                                                                                                                               |      |                                                                          |   |       |       |    |        |    |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------------|---|-------|-------|----|--------|----|
| Amer, Y; Ashraf, MA; Luong, L; Lee, S-H; Wang, WYC | <i>A systems approach to order fulfilment using Design for Six Sigma methodology</i>                                          | 2007 | <i>International Journal of Business and Systems Research</i>            | j |       | 0.205 | 13 | Scopus | C  |
| Ferryanto, L                                       | <i>Analytical Design for Six Sigma for multiple response products</i>                                                         | 2007 | <i>International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage</i>      | j |       | 0.14  | 6  | Scopus |    |
| Cronemyr, P                                        | <i>DMAIC and DMADV - Differences, similarities and synergies</i>                                                              | 2007 | <i>International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage</i>      | j |       | 0.14  | 16 | Scopus |    |
| Hu, M; Antony, J                                   | <i>Enhancing design decision-making through development of proper transfer function in Design for Six Sigma framework</i>     | 2007 | <i>International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage</i>      | j |       | 0.14  | 4  | Scopus |    |
| Savage, G                                          | <i>Probability constrained optimization as a tool for functional design for six sigma</i>                                     | 2007 | <i>Quality Engineering</i>                                               | j | 0.883 | 0.58  | 4  | Scopus | B1 |
| Chang, C-M; Su, C-T                                | <i>Service process design and/or redesign by fusing the powers of Design for Six Sigma and Lean</i>                           | 2007 | <i>International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage</i>      | j |       | 0.14  | 5  | Scopus |    |
| Stancliffe, M; Kroker, J; Wang, X                  | <i>Focusing core binder needs</i>                                                                                             | 2007 | <i>Modern Casting</i>                                                    | j |       | 0.103 | 4  | Scopus |    |
| Li, YQ; Cui, Z-S; Chen, J; Zhang, D-J; Ruan, X-Y   | <i>Structural multi-objective probabilistic design for six sigma</i>                                                          | 2007 | <i>Journal of Shanghai Jiaotong University (Science)</i>                 | j |       | 0.133 | 0  | Scopus |    |
| Stauffer, L; Pawar, T                              | <i>A comparison of Systematic Design and Design for Six Sigma</i>                                                             | 2007 | <i>International Conference on Engineering Design, Proceedings</i>       | c |       |       | 0  | Scopus |    |
| Cherian, T; Farhad, M; Wong, J; Wu, X              | <i>Combining DFSS and multi-body dynamics for vehicle ride tuning</i>                                                         | 2007 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i> | c |       | 0.337 | 0  | Scopus |    |
| Kovach, J; Cho, BR                                 | <i>Design for six sigma projects using quality function deployment priorities within multiresponse robust design problems</i> | 2007 | <i>IIE Annual Conference and Expo, Proceedings</i>                       | c |       |       | 4  | Scopus |    |
| Hsu, J; Kunihiro, A; Yasin, A; Nagumo, H;          | <i>Development of a robust design approach for occupant</i>                                                                   | 2007 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i> | c |       | 0.337 | 1  | Scopus |    |

|                                                            |                                                                                                                                |      |                                                                                |   |       |   |        |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------------------|---|-------|---|--------|
| Tajima, T; Sugimoto, K                                     | <i>protection performance in frontal impact using design for six sigma</i>                                                     |      |                                                                                |   |       |   |        |
| Zhang, B                                                   | <i>Development of advanced dimensional control method for Design for Six Sigma (DFSS)</i>                                      | 2007 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>       | c | 0.337 | 0 | Scopus |
| Choi, H-R; Kim, S-J; Han, S-W; Lee, S-H; Oh, Y-H; Lee, U-K | <i>Development of optimized actuator for active geometry control suspension</i>                                                | 2007 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>       | c | 0.337 | 0 | Scopus |
| Delor, JP; Wong, J                                         | <i>Future truck steering effort optimization</i>                                                                               | 2007 | <i>SAE Steering and Suspension Technology Symposium, Proceedings</i>           | c |       | 1 | Scopus |
| Biondo, W; Griffin, J                                      | <i>Improving a vehicle theft deterrent system's communication using Design for Six Sigma (DFSS)</i>                            | 2007 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>       | c | 0.337 | 1 | Scopus |
| Helgeson, SM; Stauffer, LA                                 | <i>Indian health service strategic planning using design for six sigma</i>                                                     | 2007 | <i>ASEM Annual National Conference, Proceedings</i>                            | c |       | 0 | Scopus |
| Schankin, DP; Sun, Z; Gehringer, MA; Khan, M; Heaton, J    | <i>Integration of independent front axles for gear mesh energy</i>                                                             | 2007 | <i>SAE Noise and Vibration Conference and Exhibition, Proceedings</i>          | c |       | 0 | Scopus |
| Hong, S; Oh, B; Kim, Y; Jeon, W; Jin, B                    | <i>Optimization of intake manifold design using DFSS (Design for Six Sigma)</i>                                                | 2007 | <i>SAE Asia Pacific Automotive Engineering Conference, Proceedings</i>         | c |       | 1 | Scopus |
| Kim, S; Kwag, K; Choi, H                                   | <i>Optimum design with DFSS for ride performance of 8×4 tipper truck development</i>                                           | 2007 | <i>SAE Commercial Vehicle Engineering Congress and Exhibition, Proceedings</i> | c |       | 0 | Scopus |
| Pawar, T; Stauffer, LA                                     | <i>Selecting the best design for six sigma roadmap</i>                                                                         | 2007 | <i>ASEM Annual National Conference, Proceedings</i>                            | c |       | 0 | Scopus |
| Agba, EI; Exner, E; Akinyemi, P                            | <i>Six sigma in machining process development</i>                                                                              | 2007 | <i>SME Technical paper</i>                                                     | c |       | 1 | Scopus |
| Mancini, DJ                                                | <i>The design for six sigma approach for the development of a carbon canister for Tier II, LEV II and PZEV emission levels</i> | 2007 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>       | c | 0.337 | 0 | Scopus |
| Jones, E; Fei, G                                           | <i>Using design for six sigma to develop real-world testing environments for RFID systems</i>                                  | 2007 | <i>IIE Annual Conference and Expo, Proceedings</i>                             | c |       | 0 | Scopus |

|                                                               |                                                                                                            |      |                                                                                                                                                         |   |       |   |       |    |                |    |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|---|-------|----|----------------|----|
| Qi, X; Wang, Y                                                | <i>Application of Simulation-Based DFSS</i>                                                                | 2007 | <i>Conference on Systems Science, Management Science and System Dynamics, Proceedings</i>                                                               | c |       | 0 |       |    | WOS            |    |
| Rajagopal, R; del Castillo, E                                 | <i>A Bayesian approach for multiple criteria decision making with applications in Design for Six Sigma</i> | 2007 | <i>Journal of the Operational Research Society</i>                                                                                                      | j | 1.225 | 7 | 1.026 | 7  | WOS and Scopus | B1 |
| Ishii, G                                                      | <i>A study of knowledge succession in engineering process management</i>                                   | 2007 | <i>IEEE PICMET, Proceedings</i>                                                                                                                         | c |       | 0 |       | 0  | WOS and Scopus |    |
| Franza, RM; Chakravorty, SS                                   | <i>Design for Six Sigma (DFSS): A case study</i>                                                           | 2007 | <i>IEEE PICMET, Proceedings</i>                                                                                                                         | c |       | 2 |       | 2  | WOS and Scopus |    |
| Gardner, M; Wiggs, G                                          | <i>Design for Six Sigma: The first 10 years</i>                                                            | 2007 | <i>ASME Turbo Expo, Proceedings</i>                                                                                                                     | c |       | 0 | 0.147 | 0  | WOS and Scopus |    |
| Shin, D; Baek, H; Oh, J; Kwak, D; Kim, K; Song, Y; Kim, J     | <i>Development of reliability verification system for robust package design</i>                            | 2007 | <i>International Conference on Thermal, Mechanical and Multi-Physics Simulation and Experiments in Micro-Electronics and Micro-Systems, Proceedings</i> | c |       | 0 |       | 0  | WOS and Scopus |    |
| Amer, Y; Luong, L; Lee, SH; Wang, WYC; Ashraf, MA; Qureshi, Z | <i>Implementing Design for Six Sigma to supply chain design</i>                                            | 2007 | <i>IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, Proceedings</i>                                                  | c |       | 0 | 0.103 | 1  | WOS and Scopus |    |
| Kovach, J; Cho, BR                                            | <i>A D-optimal design approach to robust design under constraints: A new Design for Six Sigma tool</i>     | 2006 | <i>International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage</i>                                                                                     | j |       |   | 0.14  | 20 | Scopus         |    |
| Al-Aomar, R                                                   | <i>A simulation-based DFSS for a lean service system</i>                                                   | 2006 | <i>International Journal of Product Development</i>                                                                                                     | j |       |   | 0.175 | 2  | Scopus         | B3 |
| Kalamdani, R; Khalaf, F                                       | <i>Application of Design for Six Sigma to manufacturing process design at Ford PTO</i>                     | 2006 | <i>International Journal of Product Development</i>                                                                                                     | j |       |   | 0.175 | 7  | Scopus         | B3 |
| Thomas, M; Singh, N                                           | <i>Complexity reduction in product design and development using Design for Six Sigma</i>                   | 2006 | <i>International Journal of Product Development</i>                                                                                                     | j |       |   | 0.175 | 10 | Scopus         | B3 |
| Gerhorst, F; Grömping, U; Lloyd-Thomas, D; Khalaf, F          | <i>Design for Six Sigma in product development at Ford Motor</i>                                           | 2006 | <i>International Journal of Product Development</i>                                                                                                     | j |       |   | 0.175 | 7  | Scopus         | B3 |

|                                                       |                                                                                                                                                  |      |                                                                                                 |   |       |       |    |        |    |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|-------|----|--------|----|
|                                                       | <i>Company in a case study on robust exhaust manifold design</i>                                                                                 |      |                                                                                                 |   |       |       |    |        |    |
| Johnson, JA; Gitlow, H; Widener, S; Popovich, E       | <i>Designing new housing at the University of Miami: A "Six Sigma"© DMADV/DFSS case study</i>                                                    | 2006 | <i>Quality Engineering</i>                                                                      | j | 0.883 | 0.58  | 12 | Scopus | B1 |
| Erlandson, PW                                         | <i>DFSS for shift quality using full-vehicle ADAMS model</i>                                                                                     | 2006 | <i>International Journal of Product Development</i>                                             | j |       | 0.175 | 3  | Scopus | B3 |
| Washington II, DM; Amori, R; Gearhart, C              | <i>A generic teaching case study for teaching Design for Six Sigma</i>                                                                           | 2006 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>                        | c |       | 0.337 | 0  | Scopus |    |
| Kirby, MR; Raczynski, C; Mavris, D                    | <i>An approach for strategic planning of future technology portfolios</i>                                                                        | 2006 | <i>AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference, Proceedings</i>            | c |       |       | 0  | Scopus |    |
| Cronin, DM; Ash, KS                                   | <i>Balancing cost and performance during design new techniques and processes to enable design trades</i>                                         | 2006 | <i>International Symposium of the International Council on Systems Engineering, Proceedings</i> | c |       |       | 0  | Scopus |    |
| Sastri, V                                             | <i>Design for six sigma and product development in the plastics industry</i>                                                                     | 2006 | <i>Annual Technical Conference, Proceedings</i>                                                 | c |       | 0.103 | 0  | Scopus |    |
| Logan, RW; Nitta, CK; Chidester, SK                   | <i>Design for Six Sigma with Critical -To-Quality metrics for research investments</i>                                                           | 2006 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>                        | c |       | 0.337 | 0  | Scopus |    |
| Washington II, DM; Wooldridge, S; Neal, P; Gentile, P | <i>Development of an empirically based volumetric flow rate transfer function for ports using airflow measurements</i>                           | 2006 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>                        | c |       | 0.337 | 0  | Scopus |    |
| Zhou, J; Li, D                                        | <i>Failure mode avoidance through design for Six Sigma and Transfer Function</i>                                                                 | 2006 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>                        | c |       | 0.337 | 2  | Scopus |    |
| MacKertich, N; Cleotelis, D                           | <i>How do we win this game when the rules keep changing? A case for the increased application of design for six sigma in systems engineering</i> | 2006 | <i>International Symposium of the International Council on Systems Engineering, Proceedings</i> | c |       |       | 0  | Scopus |    |
| Hanik, P                                              | <i>Increasing the economic impact of Six Sigma with TRIZ</i>                                                                                     | 2006 | <i>SPE International Conference on Polyolefins, Proceedings</i>                                 | c |       |       | 0  | Scopus |    |

|                                               |                                                                                                                        |      |                                                                                                 |   |       |       |       |        |                |    |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|-------|-------|--------|----------------|----|
| Kovach, J; Byung, RC; Fredendall, LD          | Latent benefits and connections within quality function deployment                                                     | 2006 | IIE Annual Conference and Expo, Proceedings                                                     | c |       |       | 0     | Scopus |                |    |
| Johnson, A                                    | Lessons learned from Six Sigma in RandD                                                                                | 2006 | SPE International Conference on Polyolefins, Proceedings                                        | c |       |       | 0     | Scopus |                |    |
| Stancliffe, M                                 | Phenolic urethane cold-box binders - A study of global properties, variables, causes and effects                       | 2006 | World Foundry Congress, Proceedings                                                             | c |       |       | 0     | Scopus |                |    |
| Shaya, NJ; Pietron, GM; Lee, S-H              | Practical application of DFSS on the development of electrical and electro-hydraulic controlled torque transfer clutch | 2006 | SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings                               | c |       | 0.337 | 1     | Scopus |                |    |
| Gowell, RW; Dreux, PC                         | The use of design for Six Sigma in a new business development opportunity                                              | 2006 | SPE International Conference on Polyolefins, Proceedings                                        | c |       |       | 0     | Scopus |                |    |
| Jikar, VK; Cudney, E; Ragsdell, KM; Hui, CT   | Unifying value methodology and robust design to achieve design for Six Sigma                                           | 2006 | SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings                               | c |       | 0.337 | 0     | Scopus |                |    |
| Park, S; Gil, Y                               | How Samsung Transformed Its Corporate RandD Center                                                                     | 2006 | Research Technology Management                                                                  | j | 3     | 0.522 |       | WOS    |                |    |
| Sun, ZH; Ranek, M; Voight, M; Steyer, G       | Manufacturing Tolerances and Axle System NVH Performance                                                               | 2006 | Sound and Vibration                                                                             | j | 0.045 | 0     | 0.131 | WOS    |                |    |
| Hu, M                                         | Robustness Improvement Through Design For Six Sigma Disciplines                                                        | 2006 | IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, Proceedings | c |       | 0     | 0.103 | WOS    |                |    |
| Li, YQ; Cui, ZS; Ruan, XY; Zhang, DJ          | CAE-Based Six Sigma robust optimization for deep- drawing process of sheet metal                                       | 2006 | International Journal of Advanced Manufacturing Technology                                      | j | 1.568 | 16    | 0.915 | 23     | WOS and Scopus | B1 |
| Lee, SW; Kwon, OJ                             | Robust airfoil shape optimization using Design for Six Sigma                                                           | 2006 | Journal of Aircraft                                                                             | j | 0.701 | 3     | 0.733 | 7      | WOS and Scopus | B1 |
| Baek, JY; Kim, BH; Lee, GB; Park, SE; Lee, HC | Design of the support system for the production control of injection forming process using DFSS methodology            | 2006 | International DAAAM Symposium, Proceedings                                                      | c |       | 0     |       | 0      | WOS and Scopus |    |

|                                                      |                                                                                                                                                    |      |                                                                                                 |   |       |    |        |
|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|----|--------|
| Yang, K                                              | <i>Design for Six Sigma and value creation</i>                                                                                                     | 2005 | <i>International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage</i>                             | j | 0.14  | 4  | Scopus |
| Gremyr, I                                            | <i>Exploring Design for Six Sigma from the viewpoint of Robust Design Methodology</i>                                                              | 2005 | <i>International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage</i>                             | j | 0.14  | 22 | Scopus |
| Smith, LR; Phadke, MS                                | <i>Some thoughts about problem solving in a DMAIC framework</i>                                                                                    | 2005 | <i>International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage</i>                             | j | 0.14  | 13 | Scopus |
| Kovach, J;<br>Stringfellow, P;<br>Turner, J; Cho, BR | <i>The house of competitiveness: The marriage of agile manufacturing, design for six sigma, and lean manufacturing with quality considerations</i> | 2005 | <i>Journal of Industrial Technology</i>                                                         | j |       | 13 | Scopus |
| Hu, M; Pieprzak, J                                   | <i>Using axiomatic design to improve conceptual design robustness in Design for Six Sigma (DFSS) methodology</i>                                   | 2005 | <i>International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage</i>                             | j | 0.14  | 3  | Scopus |
| Soderborg, NR                                        | <i>Challenges and approaches to design for six sigma in the automotive industry</i>                                                                | 2005 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>                        | c | 0.337 | 0  | Scopus |
| Turner, J; Kovach, J;<br>Stringfellow, P; Cho, BR    | <i>Combinations for competitiveness: Balancing production and quality</i>                                                                          | 2005 | <i>IIE Annual Conference and Expo, Proceedings</i>                                              | c |       | 0  | Scopus |
| Reichert, E; Rompf, D; Bick, W                       | <i>Combustion engine design under use of design for six sigma (DFSS)</i>                                                                           | 2005 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>                        | c | 0.337 | 1  | Scopus |
| Gianacakes, G;<br>Sampson, ME                        | <i>Design for six sigma (dfss) integrated with systems engineering toolsets systems engineering quality into products</i>                          | 2005 | <i>International Symposium of the International Council on Systems Engineering, Proceedings</i> | c |       | 0  | Scopus |
| Ragsdell, KM                                         | <i>Design stability</i>                                                                                                                            | 2005 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>                        | c | 0.337 | 0  | Scopus |
| Creveling, CM                                        | <i>Enhancing commercial systems engineering with design for six sigma</i>                                                                          | 2005 | <i>International Symposium of the International Council on Systems Engineering, Proceedings</i> | c |       | 0  | Scopus |

|                                                 |                                                                                                       |      |                                                                                                                       |   |       |    |        |     |                   |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|----|--------|-----|-------------------|
| Judd, TC                                        | <i>Program level design for six sigma</i>                                                             | 2005 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>                                              | c | 0.337 | 0  | Scopus |     |                   |
| Hu, M; Yang, K                                  | <i>Transfer function development in design for six sigma framework - Part i</i>                       | 2005 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>                                              | c | 0.337 | 0  | Scopus |     |                   |
| Chollar, GW                                     | <i>Tutorial on design for six sigma</i>                                                               | 2005 | <i>AIChE Spring National Meeting, Proceedings</i>                                                                     | c | 0.1   | 0  | Scopus |     |                   |
| Sun, ZH; Ranek, M; Voight, M; Steyer, G         | <i>Variation reduction of axle system NVH</i>                                                         | 2005 | <i>SAE Noise and Vibration Conference and Exhibition, Proceedings</i>                                                 | c |       | 5  | Scopus |     |                   |
| Grove, D; Campean, F; Henshall, E               | <i>A Course In Statistical Engineering</i>                                                            | 2005 | <i>International Journal of Engineering Education</i>                                                                 | j | 0.559 | 0  | 0.799  | WOS | B1                |
| Goh, TN                                         | <i>Some Practical Issues In Applying Six Sigma For Customer Satisfaction</i>                          | 2005 | <i>International Conference on Quality and Reliability, Proceedings</i>                                               | c |       | 0  |        | WOS |                   |
| Neagu, R; Hoerl, R                              | <i>A Six Sigma approach to predicting corporate defaults</i>                                          | 2005 | <i>Quality and Reliability Engineering International</i>                                                              | j | 1.457 | 6  | 1.3    | 12  | WOS and Scopus B1 |
| Patterson, A; Bonissone, P; Pavese, M           | <i>Six Sigma applied throughout the lifecycle of an automated decision system</i>                     | 2005 | <i>Quality and Reliability Engineering International</i>                                                              | j | 1.457 | 13 | 1.3    | 24  | WOS and Scopus B1 |
| Shimoyama, K; Oyama, A; Fujii, K                | <i>A new efficient and useful robust optimization approach - Design for multi-objective Six Sigma</i> | 2005 | <i>IEEE Congress on Evolutionary Computation, Proceedings</i>                                                         | c |       | 7  |        | 27  | WOS and Scopus    |
| Li, YQ; Cui, ZS; Ruan, XY; Zhang, DJ            | <i>Application of Six Sigma robust optimization in sheet metal forming</i>                            | 2005 | <i>International Conference and Workshop on Numerical Simulation of 3d Sheet Metal Forming Processes, Proceedings</i> | c |       | 6  |        | 8   | WOS and Scopus    |
| Luce, K; Trepanier, L; Ciochetto, F; Goldman, L | <i>Simulation and optimization as effective DFSS tools</i>                                            | 2005 | <i>IEEE Winter Simulation Conference, Proceedings</i>                                                                 | c |       | 1  |        | 6   | WOS and Scopus    |
| Seifert, MJ                                     | <i>The use of discrete event simulation in a Design for Six Sigma project</i>                         | 2005 | <i>IEEE Winter Simulation Conference, Proceedings</i>                                                                 | c |       | 1  |        | 1   | WOS and Scopus    |
| Rajagopalan, R; Francis, M; Suárez, W.          | <i>Developing novel catalysts with six sigma</i>                                                      | 2004 | <i>Research Technology Management</i>                                                                                 | j | 0.522 |    |        | 19  | Scopus            |

|                                                         |                                                                                                                                                     |      |                                                                                                     |   |       |    |        |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|----|--------|
| Hoerl, R                                                | <i>One perspective on the future of Six-Sigma</i>                                                                                                   | 2004 | <i>International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage</i>                                 | j | 0.14  | 48 | Scopus |
| Liao, L; Talya, SS; Kolonay, RM                         | <i>A robust and secure system for performing engineering analysis and design in a distributed environment</i>                                       | 2004 | <i>AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference, Proceedings</i> | c | 0.104 | 0  | Scopus |
| Tzannetakis, N; Donders, S; Van Peer, JD; Weal, P       | <i>A system approach to simulation-based design under uncertainty, through best in class simulation process integration and design optimization</i> | 2004 | <i>ASME Design Engineering Technical Conference, Proceedings</i>                                    | c | 0.107 | 0  | Scopus |
| Woyak, S; Kim, H; Mullins, J; Sobieszcanski-Sobieski, J | <i>A web centric architecture for deploying multi-disciplinary engineering design processes</i>                                                     | 2004 | <i>AIAA/ISSMO Multidisciplinary Analysis and Optimization Conference, Proceedings</i>               | c |       | 0  | Scopus |
| Hutcheson, RS; McAdams, DA; Donndelinger, JA; Stone, RB | <i>Applying functional modeling as a unifying basis for Design for Six Sigma execution</i>                                                          | 2004 | <i>ASME Design Engineering Technical Conference, Proceedings</i>                                    | c | 0.108 | 0  | Scopus |
| Fioravanti, A; Kaminski, PC                             | <i>Design for six sigma (DFSS): A technical and economical analysis of its application in the Vehicle Development Process</i>                       | 2004 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>                            | c | 0.337 | 0  | Scopus |
| Lussier, E; Coleman, G                                  | <i>Design for six sigma and phase gate integration case study</i>                                                                                   | 2004 | <i>IIE Annual Conference and Expo, Proceedings</i>                                                  | c |       | 0  | Scopus |
| Choudri, A                                              | <i>Design for six sigma for aerospace applications</i>                                                                                              | 2004 | <i>AIAA Space Conference and Exposition, Proceedings</i>                                            | c |       | 0  | Scopus |
| Aggour, KS; Barnett, JA; Bonissone, PP                  | <i>Designing quality into expert systems: A case study in automated insurance underwriting</i>                                                      | 2004 | <i>AAAI Sponsored Workshop, Proceedings</i>                                                         | c |       | 0  | Scopus |
| Shimoyama, K; Fujii, K; Kobayashi, H                    | <i>Development of realistic optimization method of TSTO spaceplane - Multi-objective and robust optimization</i>                                    | 2004 | <i>AIAA/ISSMO Multidisciplinary Analysis and Optimization Conference, Proceedings</i>               | c |       | 0  | Scopus |

|                                                                     |                                                                                                                                  |      |                                                                                              |   |       |       |       |        |                |    |
|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|-------|-------|--------|----------------|----|
| Hu, M; Pieprzak, JM; Glowa, J                                       | Essentials of design robustness in Design for Six Sigma (DFSS) methodology                                                       | 2004 | SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings                            | c |       | 0.337 | 2     | Scopus |                |    |
| Nanda, A; Surisetty, G; Mohapatra, S; Ad, S; Shuler, S; Mooijman, F | Method for designing and evaluating pedestrian protection energy absorbers for various car geometries                            | 2004 | SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings                            | c |       | 0.337 | 0     | Scopus |                |    |
| Feng, Q; Kapur, KC                                                  | Optimization models for analysis and improvement phases of DFSS (Design for Six Sigma)                                           | 2004 | IIE Annual Conference and Expo, Proceedings                                                  | c |       |       | 0     | Scopus |                |    |
| Wasiloff, JM; El-Haik, B                                            | Practical application of DFSS with a focus on axiomatic design - A transmission planetary case study                             | 2004 | SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings                            | c |       | 0.337 | 0     | Scopus |                |    |
| Ghosh, DK                                                           | Robust design - An important tool for business success                                                                           | 2004 | AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference, Proceedings | c |       | 0.104 | 0     | Scopus |                |    |
| Hu, M; Barth, B; Sears, R                                           | Six sigma disciplines in automotive applications                                                                                 | 2004 | SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings                            | c |       | 0.337 | 1     | Scopus |                |    |
| Hu, M; Barth, B; Sears, R; Pieprzak, J                              | Six sigma disciplines utilizing design for six sigma strategy in automotive applications                                         | 2004 | SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings                            | c |       | 0.337 | 1     | Scopus |                |    |
| Ryoo, K; Son, YK; Savage, GJ                                        | Probabilistic Robust Design of Multiple Response Systems For Functional Design For Six Sigma                                     | 2004 | ISSAT International Conference on Reliability and Quality In Design, Proceedings             | c |       | 0     |       | WOS    |                |    |
| Koch, PN; Yang, RJ; Gu, L                                           | Design for six sigma through robust optimization                                                                                 | 2004 | Structural and Multidisciplinary Optimization                                                | j | 2.208 | 85    | 1.603 | 126    | WOS and Scopus | A2 |
| Slocum, MS                                                          | Computer aided comprehensive Design for Six Sigma (DFSS) and Axiomatic Design (AD): Computer aided performance excellence (CAPE) | 2004 | IFIP World Computer Congress, Proceedings                                                    | c |       | 0     |       | 0      | WOS and Scopus |    |
| Goldman, LI; Campbell, C                                            | Crystal ball® and design for six sigma                                                                                           | 2004 | IEEE Winter Simulation Conference, Proceedings                                               | c |       | 1     |       | 2      | WOS and Scopus |    |

|                                                                    |                                                                                                                                   |      |                                                                                      |   |       |   |       |    |                      |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|---|-------|----|----------------------|
| Banuelas, R; Tennant, C; Tursley, I                                | <i>From Six Sigma to Design for Six Sigma</i>                                                                                     | 2004 | <i>International Conference on Quality, Reliability and Maintenance, Proceedings</i> | c |       | 0 |       | 0  | WOS and Scopus       |
| Graves, BA                                                         | <i>Breakthrough in Total Closed Loop Recycling</i>                                                                                | 2003 | <i>Products Finishing</i>                                                            | j |       |   | 0.1   | 0  | Scopus               |
| Mader, DP                                                          | <i>DFSS and your current design process</i>                                                                                       | 2003 | <i>Quality Progress</i>                                                              | j | 0.146 |   | 0.135 | 10 | Scopus               |
| Bañuelas, R; Antony, J                                             | <i>Going from six sigma to design for six sigma: An exploratory study using analytic hierarchy process</i>                        | 2003 | <i>TQM Magazine</i>                                                                  | j |       |   |       | 68 | Scopus               |
| Stamatis, DDH                                                      | <i>Design for Six Sigma (DFSS) and reliability</i>                                                                                | 2003 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>             | c |       |   | 0.337 | 0  | Scopus               |
| Mahajan, SK; Surella, MM; Single, TC                               | <i>Designing Six Sigma quality into a RWD IRS driveline system for improved vehicle-level NVH performance</i>                     | 2003 | <i>SAE Noise and Vibration Conference and Exhibition, Proceedings</i>                | c |       |   |       | 2  | Scopus               |
| Kim, HS; Kim, CB; Yim, HJ                                          | <i>Robust design for a brake judder of heavy duty trucks using design for six sigma</i>                                           | 2003 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>             | c |       |   | 0.337 | 0  | Scopus               |
| Kim, HS; Kim, CB; Yim, HJ                                          | <i>Quality improvement for brake judder using Design for Six Sigma with response surface method and sigma based robust design</i> | 2003 | <i>International Journal of Automotive Technology</i>                                | j | 0.876 | 8 | 0.847 | 7  | WOS and Scopus<br>B3 |
| Antony, J; Coronado, RB                                            | <i>Design for six sigma</i>                                                                                                       | 2002 | <i>IEEE Manufacturing Engineer</i>                                                   | j |       |   |       | 25 | Scopus               |
| Johnson, A                                                         | <i>Six Sigma in R&amp;D</i>                                                                                                       | 2002 | <i>Research Technology Management</i>                                                | j |       |   | 0.522 | 21 | Scopus               |
| Miller, RK; Haberkamp, WC; Badeau, KM; Liu, ZG; Shirk, RC; Wood, T | <i>Design, development and performance of a composite diesel particulate filter</i>                                               | 2002 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>             | c |       |   | 0.337 | 1  | Scopus               |
| Card, DN                                                           | <i>Managing software quality with defects</i>                                                                                     | 2002 | <i>IEEE Computer Software and Applications Conference, Proceedings</i>               | c |       |   |       | 4  | Scopus               |

|                                                                  |                                                                                                        |      |                                                                                                             |   |       |       |       |        |                |    |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|-------|-------|--------|----------------|----|
| Simons, N; Lindland, J                                           | <i>The relationship between ISO 9001:2000 and design for six sigma (DFSS)</i>                          | 2002 | <i>SAE Technical Papers - World Congress and Exhibition, Proceedings</i>                                    | c |       | 0.337 | 0     | Scopus |                |    |
| Mortimer, D                                                      | <i>Achieving Robust Designs Through The Use of 'Design For Six Sigma'</i>                              | 2002 | <i>International Conference on Statistics and Analytical Methods In Automotive Engineering, Proceedings</i> | c |       | 0     |       | WOS    |                |    |
| Aksit, MF; Chupp, RE; Dinc, OS; Demiroglu, M                     | <i>Advanced seals for industrial turbine applications: Design approach and static seal development</i> | 2002 | <i>Journal of Propulsion and Power</i>                                                                      | j | 1.134 | 10    | 0.948 | 16     | WOS and Scopus | A1 |
| Treichler, D; Carmichael, R; Kusmanoff, A; Lewis, J; Berthiez, G | <i>Design for six sigma: 15 lessons learned</i>                                                        | 2002 | <i>Quality Progress</i>                                                                                     | j | 0.146 | 18    | 0.135 | 50     | WOS and Scopus |    |
| Bongini, D; Citti, P; Mezzedim, V; Tognarelli, L                 | <i>New product monitoring in gas turbines</i>                                                          | 2001 | <i>Measurement and Control</i>                                                                              | j | 0.431 |       | 0.194 | 0      | Scopus         |    |
| Chupp, RE; Aksit, MF; Ghasripoor, F; Turnquist, NA; Demiroglu, M | <i>Advanced seals for industrial turbine applications</i>                                              | 2001 | <i>Joint Propulsion Conference and Exhibit, Proceedings</i>                                                 | c |       |       |       | 0      | Scopus         |    |
| Buss, P; Ivey, N                                                 | <i>Dow chemical Design for Six Sigma rail delivery project</i>                                         | 2001 | <i>IEEE Winter Simulation Conference, Proceedings</i>                                                       | c |       | 7     |       | 8      | WOS and Scopus |    |
| Eagan, P; Hussey, D                                              | <i>A Case Study Application of Design For Six Sigma on Environmental Design Problems</i>               | 2000 | <i>IEEE Electronics Goes Green, Proceedings</i>                                                             | c |       | 0     |       |        | WOS            |    |
| Bongini, D; Citti, P; Mezzedimi, V; Tognarelli, L                | <i>Gas Turbine Fuel System Robust Design</i>                                                           | 2000 | <i>International Conference on Quality, Reliability and Maintenance, Proceedings</i>                        | c |       | 0     |       |        | WOS            |    |
| Bongini, D; Citti, P; Mezzedimi, V; Tognarelli, L                | <i>New Product Introduction and Design For Six Sigma Processes Integration In Gas Turbine Design</i>   | 2000 | <i>International Conference on Quality, Reliability and Maintenance, Proceedings</i>                        | c |       | 0     |       |        | WOS            |    |

## APÊNDICE B – Lista de artigos publicados em periódicos acessados na íntegra

Um total de 120 artigos dos 125 publicados em periódicos pertencentes às bases de dados WOS e Scopus relacionados ao termo “*Design for Six Sigma*” foram acessados integralmente ao longo da condução desta pesquisa. Seguem a Tabela B.1 e a Tabela B.2 com a listagem completa dos 120 artigos que foi dividida em duas partes para acomodar todos os dados extraídos.

Tabela B.1 - Primeira parte (de duas) dos dados extraídos dos 120 artigos acessados

| Número ID | Autores                           | Título                                                                                                        | Abordagem da pesquisa | Setor | Área                   | Roteiro              | Tipo do projeto | Menciona SS? | Objetivo                                | Bem-sucedido? |
|-----------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------|------------------------|----------------------|-----------------|--------------|-----------------------------------------|---------------|
| 1         | Rajagopal, R; del Castillo, E     | <i>A Bayesian approach for multiple criteria decision making with applications in Design for Six Sigma</i>    | T                     | M     | Manufacturing industry | n                    | n               | Y            |                                         |               |
| 2         | Wang, HMS; Wang, SP; Lee, W       | <i>A case study for reducing client waiting time in a health evaluation center using Design for Six Sigma</i> | CS                    | S     | Healthcare             | IDDOV, DMADV, DMADOV | QuI, CoS        | Y            | <i>reduce waiting time / cycle time</i> | Y             |
| 3         | Grove, D; Campean, F; Henshall, E | <i>A Course In Statistical Engineering</i>                                                                    | T                     | M     | Automotive industry    | DCOV                 | n               | N            |                                         |               |
| 4         | Gremyr, I; Elg, M                 | <i>A developmental view on implementation of quality management concepts</i>                                  | C                     | S     | Healthcare             | DMADV                | QuI, CoS        | Y            | <i>reduce medication process error</i>  | Y             |
| 5         | Kovach, J; Cho, BR                | <i>A D-optimal design approach to robust design under constraints: A new Design for Six Sigma tool</i>        | C                     | M     | General Business       | n                    | QuI, CoS        | Y            |                                         |               |
| 6         | Montgomery, DC                    | <i>A modern framework for achieving enterprise excellence</i>                                                 | L                     | b     | General Business       | DMADV                | QuI             | Y            |                                         |               |

|    |                                                            |                                                                                                                                                                       |    |   |                               |                            |          |   |                                                                                                  |   |
|----|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---|-------------------------------|----------------------------|----------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 7  | Ferreira, I;<br>Cabral, JA;<br>Saraiva, P;<br>Oliveira, MC | <i>A multidisciplinary framework to support the design of injection mold tools</i>                                                                                    | CS | M | <i>Manufacturing industry</i> | IDOV                       | QuI      | N | <i>improve the mold design process</i>                                                           | Y |
| 8  | Al-Aomar, R                                                | <i>A simulation-based DFSS for a lean service system</i>                                                                                                              | T  | S | <i>Healthcare</i>             | IDOV                       | QuI, CoS | Y | <i>design a dental clinic service system</i>                                                     | Y |
| 9  | Neagu, R; Hoerl, R                                         | <i>A Six Sigma approach to predicting corporate defaults</i>                                                                                                          | CS | S | <i>Finance</i>                | DMADV                      | CoS      | Y | <i>build alerting system that enhance the predictability power of the Probability of Default</i> | Y |
| 11 | Jou, YT; Chen, CH; Hwang, CH; Lin, WT; Huang, SJ           | <i>A study on the improvements of new product development procedure performance-an application of Design for Six Sigma in a semi-conductor equipment manufacturer</i> | CS | M | <i>Manufacturing industry</i> | DMADV                      | QuI      | Y | <i>improve the performance of New Product Development procedures</i>                             | Y |
| 10 | Amer, Y; Luong, L; Ashraf, MA; Lee, SH                     | <i>A systems approach to order fulfilment</i>                                                                                                                         | T  | b | <i>Logistics</i>              | IDOV, IDDOV                | QuI      | Y | <i>improve order fulfillment</i>                                                                 | Y |
| 12 | Amer, Y; Ashraf, MA; Luong, L; Lee, SH; Wang, WYC          | <i>A systems approach to order fulfilment using Design for Six Sigma methodology</i>                                                                                  | T  | b | <i>Logistics</i>              | IDOV, IDDOV                | QuI      | Y | <i>improve order fulfillment</i>                                                                 | Y |
| 13 | Suffian, MDM; Ibrahim, S                                   | <i>Adopting Six Sigma in formulating a defect prediction model for system testing</i>                                                                                 | T  | b | <i>General Business</i>       | DMADV                      | QuI      | Y | <i>build a defect prediction model for system testing</i>                                        | Y |
| 14 | Aksit, MF; Chupp, RE; Dinc, OS; Demiroglu, M               | <i>Advanced seals for industrial turbine applications: Design approach and static seal development</i>                                                                | CS | M | <i>Manufacturing industry</i> | IDOV                       | QuI      | N | <i>improve sealing in turbines</i>                                                               | Y |
| 15 | Azis, Y; Osada, H                                          | <i>An empirical study of new value creation in financial service companies using design for Six Sigma approach</i>                                                    | S  | S | <i>Finance</i>                | DMADV, DMEDI, DFACE, IDDOV | QuI      | Y | <i>improve new value creation</i>                                                                | Y |

|    |                                                       |                                                                                                                                                                                                 |    |   |                        |                                 |          |   |                                                                       |
|----|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---|------------------------|---------------------------------|----------|---|-----------------------------------------------------------------------|
| 16 | Chung, YC;<br>Hsu, YW; Tsai,<br>CH                    | <i>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</i> | S  | M | Manufacturing industry | IDOV                            | n        | Y |                                                                       |
| 17 | Yang, M; Gao, X; Liang, Y; Li, Y; Yu, T               | <i>An innovative DFSS approach for multivariate production process</i>                                                                                                                          | C  | b | General Business       | IDOV                            | n        | Y |                                                                       |
| 18 | Ferryanto, L                                          | <i>Analytical Design for Six Sigma for multiple response products</i>                                                                                                                           | T  | M | Manufacturing industry | DCOV                            | QuI      | Y | <i>minimise distortion and achieve a full-scale deflection of 3in</i> |
| 19 | Kalamdani, R; Khalaf, F                               | <i>Application of Design for Six Sigma to manufacturing process design at Ford PTO</i>                                                                                                          | CS | M | Manufacturing industry | I2DOV, CDOV, IDDOV, DCOV, DMADV | n        | Y | <i>improve assembly, heat treatment, grinding and casting</i>         |
| 20 | Lin, CS; Chen, LF; Yu, HC                             | <i>Application of DFSS for ODM electronic product development - An empirical study of a wireless communication Company</i>                                                                      | CS | M | Manufacturing industry | DMADV                           | QuI      | Y | <i>improve design for ODM electronic</i>                              |
| 21 | Varshapetian, A; Semenova, WE                         | <i>Aspects of integration management methods</i>                                                                                                                                                | L  | M | General Business       | ICOV                            | n        | Y |                                                                       |
| 22 | Kumar, S; Luthra, S; Govindan, K; Kumar, N; Haleem, A | <i>Barriers in green lean six sigma product development process: an ISM approach</i>                                                                                                            | C  | M | Automotive industry    | n                               | n        | Y |                                                                       |
| 23 | Soković, M; Jovanović, J; Krivokapić, Z; Vujović, A   | <i>Basic quality tools in continuous improvement process</i>                                                                                                                                    | L  | b | General Business       | DMADV, IDOV                     | n        | Y |                                                                       |
| 24 | Qureshi, ZH; Ashraf, MA                               | <i>Bottom-up integration of quality in new product development using systems engineering</i>                                                                                                    | C  | b | General Business       | IDOV, IDDOV                     | QuI      | Y |                                                                       |
| 25 | Graves, BA                                            | <i>Breakthrough in Total Closed Loop Recycling</i>                                                                                                                                              | CS | M | Chemical process       | n                               | QuI, CoS | Y | <i>improve filters rust cleaning</i>                                  |

|    |                                                               |                                                                                                                                               |    |   |                         |                                              |               |   |                                                                                      |   |
|----|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---|-------------------------|----------------------------------------------|---------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 26 | Yang, H                                                       | Business process reengineering and functional design of information system based on DFSS: A case study of pharmaceutical wholesale enterprise | T  | M | Pharmaceutical Industry | n                                            | n             | Y |                                                                                      |   |
| 27 | Li, YQ; Cui, ZS; Ruan, XY; Zhang, DJ                          | CAE-Based Six Sigma robust optimization for deep- drawing process of sheet metal                                                              | T  | M | Manufacturing industry  | DMADOV                                       | QuI           | Y | improve design quality and shorten design cycle of sheet metal                       | Y |
| 28 | Amer, Y; Luong, L; Lee, SH                                    | Case study: Optimizing order fulfillment in a global retail supply chain                                                                      | T  | b | Logistics               | IDOV                                         | QuI           | Y | improve order fulfillment                                                            | Y |
| 29 | Thomas, M; Singh, N                                           | Complexity reduction in product design and development using Design for Six Sigma                                                             | T  | M | Automotive industry     | n                                            | QuI, CoS      | Y | reduce complexity in a particular fluid line connection                              | Y |
| 30 | Yun, EK; Chun, KM                                             | Critical to quality in telemedicine service management: Application of DFSS (Design for Six Sigma) and SERVQUAL                               | T  | S | Healthcare              | DMADV                                        | QuI           | Y | improve telemedicine in Korea                                                        | Y |
| 32 | Carvalho, MS; Magalhães, DS; Varela, ML; Sa, JO; Gonçalves, I | Definition of a collaborative working model to the logistics area                                                                             | CS | b | Logistics               | DMADV, IDOV, DIDES, IIDOV, CDOV, DCOV, IDEAS | QuI           | Y | improve efficiency of communication and collaboration among associates               | Y |
| 31 | Magalhães, DS; Carvalho, MS; Varela, ML                       | Definition of a collaborative working model to the logistics area                                                                             | CS | b | Logistics               | DMADV                                        | QuI           | Y | build an online community to all the logistics associates in Car Multimedia division | Y |
| 33 | Mettas, A                                                     | Design for reliability: Overview of the process and applicable techniques                                                                     | C  | b | General Business        | n                                            | n             | Y |                                                                                      |   |
| 34 | Antony, J; Coronado, RB                                       | Design for six sigma                                                                                                                          | L  | b | General Business        | IDOV                                         | QuI, CoS, ReE | Y |                                                                                      |   |

|    |                                                                  |                                                                                                                            |    |   |                        |                            |               |   |                                                           |
|----|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---|------------------------|----------------------------|---------------|---|-----------------------------------------------------------|
| 35 | Shahin, A                                                        | <i>Design for Six Sigma (DFSS): Lessons learned from world-class companies</i>                                             | L  | b | General Business       | DMADV, IDOV, DCOV          | QuI, CoS      | Y |                                                           |
| 36 | Gremyr, I; Fouquet, JB                                           | <i>Design for six sigma and lean product development</i>                                                                   | S  | b | General Business       | DMADV, DMADOV, DCOV        | CoS           | Y |                                                           |
| 37 | Yang, K                                                          | <i>Design for Six Sigma and value creation</i>                                                                             | L  | b | General Business       | IDOV, DMADV                | CoS, QuI      | Y |                                                           |
| 38 | Nicolaescu, S; Kifor, CV; Lobonț, L                              | <i>Design for six sigma applied on software development projects from automotive industry</i>                              | CS | M | Automotive industry    | DMADV, IDDOV, CDOV, RADIOV | QuI           | Y | improve software development projects                     |
| 39 | Kaplan, S; Bisgaard, S; Truesdell, D; Zetterholm, S              | <i>Design for Six Sigma in healthcare: developing an employee influenza vaccination process.</i>                           | CS | S | Healthcare             | DMADV                      | CoS           | Y | develop vaccination process for employees                 |
| 40 | Gerhorst, F; Grömping, U; Lloyd-Thomas, D; Khalaf, F             | <i>Design for Six Sigma in product development at Ford Motor Company in a case study on robust exhaust manifold design</i> | CS | M | Automotive industry    | DCOV                       | n             | N | develop a new approach in the manifold design             |
| 41 | Baril, C; Yacout, S; Clement, B                                  | <i>Design for Six Sigma through collaborative multiobjective optimization</i>                                              | T  | M | Automotive industry    | IDOV                       | QuI           | Y |                                                           |
| 42 | Koch, PN; Yang, RJ; Gu, L                                        | <i>Design for six sigma through robust optimization</i>                                                                    | T  | M | Automotive industry    | n                          | QuI           | Y | develop a vehicle structural design for side impact crash |
| 43 | Kumar, S; Prajapati, DR; Satsangi, PS                            | <i>Design for Six Sigma to optimise the process parameters of a foundry</i>                                                | CS | M | Manufacturing industry | n                          | n             | Y | optimise the process parameters of a foundry              |
| 44 | Treichler, D; Carmichael, R; Kusmanoff, A; Lewis, J; Berthiez, G | <i>Design for six sigma: 15 lessons learned</i>                                                                            | L  | M | General Business       | n                          | QuI, CoS, ReE | Y |                                                           |
| 45 | Watson, GH; DeYong, CF                                           | <i>Design for six sigma: Caveat emptor</i>                                                                                 | L  | b | General Business       | DMADV, IDOV, ICOV, DMADOV, | n             | Y |                                                           |

|    |                                                 |                                                                                                                         |    |   |                            | DCCDI,<br>DMEDI                   |               |   |                                                                                 |   |  |
|----|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---|----------------------------|-----------------------------------|---------------|---|---------------------------------------------------------------------------------|---|--|
| 46 | Savage, GJ; Son, YK                             | <i>Design-for-six-sigma for multiple response systems</i>                                                               | T  | b | <i>General Business</i>    | n                                 | QuI, CoS      | Y |                                                                                 |   |  |
| 47 | Johnson, JA; Gitlow, H; Widener, S; Popovich, E | <i>Designing new housing at the University of Miami: A "Six Sigma"© DMADV/DFSS case study</i>                           | CS | b | <i>Construction</i>        | DMADV                             | ReE, QuI      | Y | <i>design a new dormitory at UM, increase the number of on-campus residents</i> | Y |  |
| 48 | Lee, MC; Chang, T                               | <i>Developing a lean design for Six Sigma through supply chain methodology</i>                                          | L  | b | <i>Logistics</i>           | DMADV, DMADOV, DCCDI, IDOV, DMEDI | ReE, CoS      | Y |                                                                                 |   |  |
| 49 | Riley, BW; Kovach, JV; Carden, L                | <i>Developing a policies and procedures manual for a consumer lending department: A Design for Six Sigma case study</i> | CS | S | <i>Finance</i>             | DMADV                             | QuI, ReE, CoS | Y | <i>develop a manual for banking operations</i>                                  | Y |  |
| 50 | Kuei, CH; Madu, CN; Lin, C                      | <i>Developing global supply chain quality management systems</i>                                                        | S  | b | <i>Logistics</i>           | n                                 | QuI           | N |                                                                                 |   |  |
| 51 | Rajagopalan, R; Francis, M; Suárez, W           | <i>Developing novel catalysts with six sigma</i>                                                                        | CS | b | <i>Chemical process</i>    | n                                 | QuI, CoS      | Y | <i>develop a novel catalysts</i>                                                | Y |  |
| 52 | Shimoyama, K; Oyama, A; Fujii, K                | <i>Development of multi-objective Six Sigma approach for robust design optimization</i>                                 | T  | b | <i>General Business</i>    | n                                 | QuI           | N |                                                                                 |   |  |
| 53 | Mader, DP                                       | <i>DFSS and your current design process</i>                                                                             | C  | b | <i>General Business</i>    | n                                 | QuI, CoS      | Y |                                                                                 |   |  |
| 54 | Erlandson, PW                                   | <i>DFSS for shift quality using full-vehicle ADAMS model</i>                                                            | CS | M | <i>Automotive industry</i> | DCOV                              | QuI           | N | <i>improve Automatic transmission shift quality</i>                             | Y |  |
| 55 | Potra, S; Pugna, A                              | <i>DFSS in marketing: Designing an innovative value co-creation campaign</i>                                            | CS | S | <i>Marketing</i>           | DMEDI                             | QuI           | Y | <i>develop a marketing crowd sourcing campaign</i>                              | Y |  |
| 56 | Cronemyr, P                                     | <i>DMAIC and DMADV - Differences, similarities and synergies</i>                                                        | L  | b | <i>General Business</i>    | DMADV, DMADOV, DMEDI,             | QuI, CoS      | Y |                                                                                 |   |  |

|    |                                          |                                                                                                                           |    |   |                                 | IDOV,<br>DMAIC,<br>DCOV |          |   |                                                                              |   |
|----|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---|---------------------------------|-------------------------|----------|---|------------------------------------------------------------------------------|---|
| 57 | Li, Q; Savage, GJ; Son, YK               | <i>Economic, robust and quality design of engineering systems using a hybrid six sigma-second moment approach</i>         | T  | M | <i>Manufacturing industry</i>   | n                       | QuI, CoS | Y |                                                                              |   |
| 59 | Hasenkamp, T                             | <i>Engineering Design for Six Sigma - A systematic approach</i>                                                           | C  | b | <i>General Business</i>         | n                       | QuI      | Y |                                                                              |   |
| 58 | Hu, M; Antony, J                         | <i>Enhancing design decision-making through development of proper transfer function in Design for Six Sigma framework</i> | C  | b | <i>General Business</i>         | IDOV                    | QuI      | Y |                                                                              |   |
| 60 | Gremyr, I                                | <i>Exploring Design for Six Sigma from the viewpoint of Robust Design Methodology</i>                                     | C  | b | <i>Manufacturing industry</i>   | IDOV, IDDOV, DMADV      | QuI      | Y |                                                                              |   |
| 61 | Bañuelas, R; Antony, J                   | <i>Going from six sigma to design for six sigma: An exploratory study using analytic hierarchy process</i>                | L  | b | <i>General Business</i>         | DMADV                   | QuI, CoS | Y |                                                                              |   |
| 62 | Park, S; Gil, Y                          | <i>How Samsung Transformed Its Corporate RandD Center</i>                                                                 | C  | b | <i>Research and Development</i> | n                       | QuI      | N | <i>improve R&amp;D process</i>                                               | Y |
| 63 | Pyle, MJ; Liker, JK                      | <i>Imitation in large complex organizations: A case of design for six sigma in the automobile industry</i>                | CS | b | <i>Automotive industry</i>      | n                       | CoS      | Y | <i>improve processes at GM</i>                                               | N |
| 64 | Surange, VG                              | <i>Implementation of Six Sigma to Reduce Cost of Quality: A Case Study of Automobile Sector</i>                           | CS | M | <i>Automotive industry</i>      | DMADV                   | QuI      | Y | <i>reduction in rejection of gear box housing due to taper in cross-hole</i> | Y |
| 65 | Ericsson, E; Gingnell, L; Lilliesköld, J | <i>Implementing Design for Six Sigma in large Swedish product developing organisations – an interview study</i>           | S  | M | <i>Manufacturing industry</i>   | IDDOV, DMADV, DCOV      | QuI      | N | <i>5 companies, 5 goals</i>                                                  | Y |
| 66 | Aggogeri, F; Mazzola, M; O'Kane, J       | <i>Implementing DFSS to increase the performance level of an extrusion process</i>                                        | CS | M | <i>Manufacturing industry</i>   | DMADV                   | QuI      | Y | <i>improve the performance level of the extrusion process</i>                | Y |

|    |                                                                                |                                                                                                                                           |    |   |                               |                    |          |   |                                                                          |   |
|----|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---|-------------------------------|--------------------|----------|---|--------------------------------------------------------------------------|---|
| 67 | Lin, WT; Wang, ST; Hwang, CH; Li, MH; Cheng, YH                                | <i>Improved process performance in new product development of optical communications manufacturing by the integration of DFSS and ANP</i> | CS | M | <i>Manufacturing industry</i> | DMADV              | QuI      | N | <i>develop a transnational optical communications original equipment</i> | Y |
| 68 | Ray, S; Das, P                                                                 | <i>Improving efficiency and effectiveness of APQP process by using DFSS tools</i>                                                         | C  | b | <i>General Business</i>       | DMADV              | QuI, CoS | Y |                                                                          |   |
| 69 | Mitchell, EM; Kovach, JV                                                       | <i>Improving supply chain information sharing using Design for Six Sigma</i>                                                              | CS | S | <i>Logistics</i>              | DMADV              | n        | Y | <i>Improving supply chain information sharing</i>                        | Y |
| 70 | Cheng, YL; Wee, HM; Chen, PS; Kuo, YY; Chen, GJ                                | <i>Innovative reservoir sediments reuse and design for sustainability of the hydroelectric power plants</i>                               | CS | b | <i>Power Industry</i>         | DMADV              | QuI      | N | <i>develop a cured brick from reservoir sediments</i>                    | Y |
| 71 | Yeung, SMC                                                                     | <i>Integrate DLDDC into DFSS for reducing variations in programme delivery</i>                                                            | T  | S | <i>Teaching</i>               | n                  | QuI      | Y | <i>increase consistency and reduce variation on curriculum</i>           | Y |
| 72 | Hasenkamp, T; Olme, A                                                          | <i>Introducing design for six sigma at SKF</i>                                                                                            | C  | M | <i>Manufacturing industry</i> | IDDOV, ICOV, DCOV  | QuI      | Y | <i>improve Product Development Process</i>                               | Y |
| 73 | Hassan, MF; Keat, MK; Yunus, MZ; Adzila, S; Arifin, AMT; Rahman, MNA; Haq, RHA | <i>Investigation of existing laptop computer towards sustainable development using design for six sigma and design for disassembly</i>    | CS | M | <i>Hardware development</i>   | DMADV              | QuI      | Y | <i>develop a new design concept of laptop computer</i>                   | Y |
| 74 | Kannengiesser, U; Gero, JS                                                     | <i>Is designing independent of domain? Comparing models of engineering, software and service design</i>                                   | C  | S | <i>General Business</i>       | ICOV, DMADV, IDDOV | n        | N |                                                                          |   |
| 75 | Alvarez, JC                                                                    | <i>Lean design for Six Sigma: An integrated approach to achieving product reliability and low-cost manufacturing</i>                      | T  | M | <i>Manufacturing industry</i> | IDOV               | QuI, CoS | Y | <i>reducing the opportunity of water leak occurrence</i>                 | Y |
| 76 | Kovach, JV; Fredendall, LD                                                     | <i>Learning During Design for Six Sigma Projects-A Preliminary</i>                                                                        | CS | S | <i>Teaching</i>               | DMADV              | QuI, ReE | Y | <i>redesigning an operational process</i>                                | Y |

|    |                                                  |                                                                                                                                    |    |   |                               |                            |     |   |                                                                   |   |
|----|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---|-------------------------------|----------------------------|-----|---|-------------------------------------------------------------------|---|
|    |                                                  | <i>Investigation in Behavioral Healthcare</i>                                                                                      |    |   |                               |                            |     |   |                                                                   |   |
| 77 | Azis, Y; Osada, H                                | <i>Managing innovation using design for six sigma (DFSS) approach in healthcare service organizations</i>                          | C  | S | <i>Healthcare</i>             | DMADV, DFACE, IDDOV, DMEDI | QuI | Y | <i>improve innovation management</i>                              | Y |
| 78 | Sun, ZH; Ranek, M; Voight, M; Steyer, G          | <i>Manufacturing Tolerances and Axle System NVH Performance</i>                                                                    | CS | M | <i>Manufacturing industry</i> | n                          | n   | N | <i>improve system robustness to typical product variations</i>    | Y |
| 79 | Sarkar, A; Mukhopadhyay, AR; Ghosh, SK           | <i>Measurement system analysis for implementing design for Six Sigma</i>                                                           | T  | b | <i>General Business</i>       | DMADV, IDOV, I2DOV, CDOV   | n   | Y |                                                                   |   |
| 80 | Cudney, E; Kanigolla, D                          | <i>Measuring the impact of project-based learning in Six Sigma education</i>                                                       | S  | M | <i>Teaching</i>               | DMADV                      | QuI | Y |                                                                   |   |
| 81 | Koziołek, S; Derlukiewicz, D                     | <i>Method of assessing the quality of the design process of construction equipment with the use of DFSS (Design for Six Sigma)</i> | CS | M | <i>Manufacturing industry</i> | ICOV                       | QuI | Y | <i>improve construction machinery</i>                             | Y |
| 82 | Lei, G; Liu, C; Jafari, M; Zhu, J; Guo, Y        | <i>Multilevel Robust Design Optimization of a Superconducting Magnetic Energy Storage Based on a Benchmark Study</i>               | CS | M | <i>Power Industry</i>         | n                          | n   | N | <i>improve Superconducting magnetic energy storage</i>            | Y |
| 83 | Bongini, D; Citti, P; Mezzedim, V; Tognarelli, L | <i>New product monitoring in gas turbines</i>                                                                                      | CS | M | <i>Manufacturing industry</i> | IDOV                       | QuI | N | <i>develop the design of the gas fuel system</i>                  | Y |
| 84 | Hoerl, R                                         | <i>One perspective on the future of Six-Sigma</i>                                                                                  | L  | b | <i>General Business</i>       | DMADV, DMADOV              | QuI | Y |                                                                   |   |
| 85 | Nagalingam, SV; Kuik, SS; Amer, Y                | <i>Performance measurement of product returns with recovery for sustainable manufacturing</i>                                      | CS | b | <i>Logistics</i>              | IDOV                       | CoS | Y | <i>develop a framework for performance assessment to evaluate</i> | Y |

|    |                                                                 |                                                                                                                                                                                      |    |   |                               |                          |          |   | quantitatively<br>product returns                                   |      |
|----|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---|-------------------------------|--------------------------|----------|---|---------------------------------------------------------------------|------|
| 86 | Echeveste, ME;<br>Rozenfeld, H;<br>Sonego, M                    | <i>Potential application of Six Sigma tool in the integrated product development process</i>                                                                                         | S  | M | <i>Manufacturing industry</i> | I2DOV,<br>CDOV,<br>DMADV | QuI      | Y |                                                                     |      |
| 87 | Savage, GJ                                                      | <i>Probability constrained optimization as a tool for functional design for six sigma</i>                                                                                            | T  | b | <i>General Business</i>       | DCOV                     | CoS      | Y | <i>optimize the electrical mechanical servo system</i>              | Y    |
| 88 | Goh, TN; Lam, SW                                                | <i>Problem-based learning approach to application of statistical experimentation</i>                                                                                                 | T  | b | <i>Automotive industry</i>    | IDOV                     | n        | Y |                                                                     |      |
| 89 | Tchidi, MF; He, Z; Li, YB                                       | <i>Process and quality improvement using Six Sigma in construction industry</i>                                                                                                      | CS | S | <i>Construction</i>           | DCOV                     | QuI      | Y | <i>develop a composite steel-concrete model</i>                     | Y    |
| 90 | Jahanzaib, M;<br>Athar Masood, S;<br>Jamil, U;<br>Akhtar, K     | <i>Product design variables optimization using Design for Six Sigma (DFSS) approach</i>                                                                                              | C  | M | <i>Manufacturing industry</i> | IDOV                     | QuI, CoS | Y | <i>to seek optimum design values for a bolted joint</i>             | Y    |
| 91 | Rusiński, E;<br>KozioŁek, S;<br>Jamrozak, K                     | <i>Quality assurance method for the design and manufacturing process of armoured vehicles [Metoda zapewnienia jakości procesu projektowo-konstrukcyjnego pojazdów opancerzonych]</i> | C  | M | <i>Arms industry</i>          | n                        | ReE, QuI | N |                                                                     |      |
| 92 | Kim, HS; Kim, CB; Yim, HJ                                       | <i>Quality improvement for brake judder using Design for Six Sigma with response surface method and sigma based robust design</i>                                                    | CS | M | <i>Automotive industry</i>    | DMAIC                    | QuI      | Y | <i>quality improvement of the brake judder of heavy-duty trucks</i> | Y SS |
| 93 | de Mast, J;<br>Diepstraten, G;<br>Does, RJMM                    | <i>Quality quandaries: Design for Six Sigma: Method and application</i>                                                                                                              | C  | b | <i>General Business</i>       | DIDOV,<br>DMADV          | QuI      | Y | <i>reduce the number of solder defects</i>                          | Y    |
| 94 | Mandahawi, N;<br>Al-Shihabi, S;<br>Abdallah, AA;<br>Alfarah, YM | <i>Reducing waiting time at an emergency department using design for Six Sigma and discrete event simulation</i>                                                                     | CS | S | <i>Healthcare</i>             | DMADV                    | QuI, CoS | Y | <i>develop a triage process (to reduce waiting time)</i>            | Y    |

|     |                                                                   |                                                                                                                                                                                                         |    |   |                        |                                         |     |   |                                                           |   |
|-----|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---|------------------------|-----------------------------------------|-----|---|-----------------------------------------------------------|---|
| 95  | Chung, YC;<br>Hsu, YW                                             | 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 | S  | M | Manufacturing industry | IDOV                                    | n   | Y |                                                           |   |
| 96  | Lucas, AG;<br>Primus, K;<br>Kovach, JV;<br>Fredendall, LD         | Rethinking behavioral health processes by using design for six sigma                                                                                                                                    | S  | S | Healthcare             | DMADV                                   | QuI | N | redesign the provider's intake process                    | Y |
| 97  | Lee, SW; Kwon, OJ                                                 | Robust airfoil shape optimization using Design for Six Sigma                                                                                                                                            | CS | M | Aircraft industry      | n                                       | QuI | N | develop a robust airfoil shape optimization technique     | Y |
| 98  | Jugulum, R;<br>Kamarthi, S;<br>Zeid, I; Samuel, P                 | Robust design of a radio-frequency identification system using Design for Six Sigma approach                                                                                                            | CS | M | Manufacturing industry | DMADV                                   | QuI | Y | design a radio-frequency identification (RFID) system     | Y |
| 99  | Meng, X; Wang, S;<br>Qiu, J; Zhang, Q;<br>Zhu, JG; Guo, Y; Liu, D | Robust multilevel optimization of PMSM using Design for Six Sigma                                                                                                                                       | T  | b | Manufacturing industry | DMAIC                                   | QuI | Y |                                                           |   |
| 100 | Liu, X; Wang, S;<br>Qiu, J; Zhu, JG;<br>Guo, Y; Lin, ZW           | Robust optimization in HTS cable based on Design for Six Sigma                                                                                                                                          | CS | M | Manufacturing industry | n                                       | QuI | Y | optimize the structural parameters of HTS cable conductor | Y |
| 101 | Chang, CM; Su, CT                                                 | Service process design and/or redesign by fusing the powers of Design for Six Sigma and Lean                                                                                                            | CS | S | Software development   | DMADV, DMADOV, IDOV, ICOV, DMEDI, DCCDI | QuI | Y | redesign the software development processes               | Y |
| 102 | Patterson, A;<br>Bonissone, P;<br>Pavese, M                       | Six Sigma applied throughout the lifecycle of an automated decision system                                                                                                                              | CS | M | Automation             | IEBD                                    | QuI | Y | develop an automated decision-making system               | Y |

|     |                                                      |                                                                                                                                                    |    |   |                               |             |               |   |                                                          |      |
|-----|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---|-------------------------------|-------------|---------------|---|----------------------------------------------------------|------|
| 103 | Goh, TN                                              | <i>Six Sigma in industry: Some observations after twenty-five years</i>                                                                            | L  | M | <i>General Business</i>       | n           | n             | Y |                                                          |      |
| 104 | Johnson, A                                           | <i>Six Sigma in R&amp;D</i>                                                                                                                        | C  | b | <i>General Business</i>       | n           | QuI           | Y | <i>apply SS and DFSS at R&amp;D</i>                      | Y    |
| 105 | Manikandan, G;<br>Kannan, SM;<br>Jayabalan, V        | <i>Six Sigma inspired sampling plan design to minimise sample size for inspection</i>                                                              | T  | b | <i>General Business</i>       | PIDOV       | QuI           | Y | <i>develop a sampling plan</i>                           | Y    |
| 106 | Goh, TN                                              | <i>Six triumphs and six tragedies of six sigma</i>                                                                                                 | L  | b | <i>General Business</i>       | n           | QuI, CoS      | Y |                                                          |      |
| 107 | Kovach, J; Cho, BR                                   | <i>Solving multiresponse optimization problems using quality function-based robust design</i>                                                      | T  | M | <i>Manufacturing industry</i> | n           | QuI, CoS, ReE | Y |                                                          |      |
| 108 | Smith, LR; Phadke, MS                                | <i>Some thoughts about problem solving in a DMAIC framework</i>                                                                                    | C  | M | <i>Manufacturing industry</i> | n           | QuI, CoS      | Y | <i>designing hardware and/or software systems</i>        | Y SS |
| 109 | Ferryanto, L                                         | <i>Structuring a design for Six Sigma project: Paper helicopter robust and optimal design</i>                                                      | CS | b | <i>Teaching</i>               | DCOV        | n             | N | <i>design a papercopter</i>                              | Y    |
| 110 | Lei, G; Wang, T;<br>Zhu, J; Guo, Y;<br>Wang, S       | <i>System-Level Design Optimization Method for Electrical Drive Systems - Robust Approach</i>                                                      | T  | M | <i>Manufacturing industry</i> | n           | QuI           | Y | <i>system-level design optimization of drive systems</i> | Y    |
| 111 | He, Y; Tangb, X; Changa, W                           | <i>Technical decomposition approach of critical to quality characteristics for Product Design for Six Sigma</i>                                    | T  | M | <i>Automotive industry</i>    | IDOV        | QuI           | Y | <i>improve the car body noise vibration harshness</i>    | Y    |
| 112 | Kovach, J;<br>Stringfellow, P;<br>Turner, J; Cho, BR | <i>The house of competitiveness: The marriage of agile manufacturing, design for six sigma, and lean manufacturing with quality considerations</i> | L  | M | <i>General Business</i>       | IADDME      | QuI           | Y |                                                          |      |
| 113 | Chakravorty, SS;<br>Franza, RM                       | <i>The implementation of Design for Six Sigma: A development experience</i>                                                                        | CS | M | <i>Manufacturing industry</i> | IDOV, DMADV | n             | Y | <i>build an electric tiedown prototype</i>               | Y    |

|     |                                                   |                                                                                                                  |    |   |                               |                                 |          |   |                                                                                                                        |   |
|-----|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---|-------------------------------|---------------------------------|----------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 114 | Yang, K; Cai, X                                   | <i>The integration of DFSS, lean product development and lean knowledge management</i>                           | L  | M | <i>Manufacturing industry</i> | IDOV, DMADV                     | QuI, ReE | Y |                                                                                                                        |   |
| 115 | Gremyr, I; Gustavsson, S; Gideberg, A             | <i>The medication process - A design for Six Sigma project</i>                                                   | CS | S | <i>Healthcare</i>             | DMADV                           | QuI      | Y | <i>designing the medication process in a Hospital</i>                                                                  | Y |
| 116 | Rafique, SMSBM                                    | <i>The use of Design for Six Sigma (DFSS) methodology in product design</i>                                      | CS | M | <i>Manufacturing industry</i> | DMADV                           | QuI      | Y | <i>develop an outdoor wireless access point device</i>                                                                 | Y |
| 117 | Grant, D; Mergen, AE                              | <i>Towards The Use of Six Sigma In Software Development</i>                                                      | T  | b | <i>Software development</i>   | DMADV                           | QuI      | Y | <i>develop an ATM application written in Visual Basic (VB)</i>                                                         | Y |
| 118 | Awad, MI; Ewing, A; Sedlak, G; Yi, T; Shanshal, Y | <i>Track roller and idler design improvement using DFSS</i>                                                      | CS | M | <i>Manufacturing industry</i> | DCOV                            | QuI, CoS | N | <i>improve the life expectancy of track rollers and idlers for an off-road machine</i>                                 | Y |
| 119 | Hu, M; Pieprzak, J                                | <i>Using axiomatic design to improve conceptual design robustness in Design for Six Sigma (DFSS) methodology</i> | T  | M | <i>Manufacturing industry</i> | I2DOV, CDOV, IDDOV, DCOV, DMADV | QuI      | Y | <i>improve the Lash Adjuster</i>                                                                                       | Y |
| 120 | Wang, FK; Yeh, CT; Chu, TP                        | <i>Using the design for Six Sigma approach with TRIZ for new product development</i>                             | CS | M | <i>Manufacturing industry</i> | IDDOV, IDOV, DMADV              | QuI, ReE | Y | <i>developing a new product called very-high-bit-rate digital subscriber line 2 comprising multiple-dwelling units</i> | Y |

Tabela B.2 - Segunda parte (de duas) dos dados extraídos dos 120 artigos acessados

| Número ID | Bem-sucedido? | Fatores de sucesso / Por que não?                                                          | vantagens                  | desvantagens                                                          | Desafios                                                                                                                                                                  | Empresa                   | software                                                    | Ferramentas e técnicas                                                                                                                                      |
|-----------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1         |               |                                                                                            |                            |                                                                       |                                                                                                                                                                           |                           |                                                             | CTQ, reliability, capability, distribution (tf), pareto frontier, Monte Carlo simulation                                                                    |
| 2         | Y             | <i>strong leadership at the top, demand for reengineering of process came from the CEO</i> |                            |                                                                       | <i>Limited budget, uncooperative employees, incomplete information systems, differences in the organizational structure and culture, lack of incentive for innovation</i> | Chang Gung Medical Center | Arena, Excel                                                | Customer's voice, project charter, survey, capability, ctq, qfd, flow chart, simulation, Monte Carlo Methodpilot process, reliability, process standardized |
| 3         |               |                                                                                            |                            |                                                                       |                                                                                                                                                                           |                           |                                                             |                                                                                                                                                             |
| 4         | Y             | <i>previous SS knowledge</i>                                                               | <i>structured approach</i> | <i>not well defined as SS, many changes needed to fit the process</i> | <i>Management of changes</i>                                                                                                                                              |                           |                                                             |                                                                                                                                                             |
| 5         |               |                                                                                            |                            |                                                                       |                                                                                                                                                                           |                           | Matlab, Minitab, JMP, Design Expert                         |                                                                                                                                                             |
| 6         |               | <i>job of champions, theory of psychology</i>                                              |                            |                                                                       |                                                                                                                                                                           |                           |                                                             |                                                                                                                                                             |
| 7         | Y             | <i>use of computational resources</i>                                                      |                            |                                                                       | <i>Computational cost of optimization</i>                                                                                                                                 |                           | SolidWorks®, MOLDFLOW, ModeFRONTIER, ABAQUS, Excel, Minitab | pareto, simulation, project charter, regression, anova, Axiomatic design, voc, Design of Experiments, reliability                                           |

|    |   |                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                      |                                                     |           |                                                                                                                    |
|----|---|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8  | Y | use of simulation                                                                              | <i>Incorporating service quality and process effectiveness into the early stages of the process design is expected to shorten system development time, lower development cost and reduce design changes in the later stages.</i> | <i>identifying process CTQ and parameters. Structuring feasible baseline of the service process. Optimising variables and improving performance.</i> |                                                     | Minitab   | QFD, process mapping (flow chart), CTQ, p-diagram, simulation, DOE, voc                                            |
| 9  | Y | <i>focus and discipline that was brought in by using DMADV, keeping the customers involved</i> | <i>structured approach</i>                                                                                                                                                                                                       | <i>Obtain a consistent definition of 'default'</i>                                                                                                   |                                                     |           | Ctq, msa, Gantt chart, customers voice, Monte Carlo simulation, capability, transfer function, logistic regression |
| 10 | Y | <i>target on continuous improvement</i>                                                        |                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                      |                                                     | SMARTEA M | flow charts, questionnaire (survey), Likert scale, pca, capability                                                 |
| 11 | Y | <i>customised adaptation</i>                                                                   | <i>It provides the flexibility to tailor-make process control and accommodate changing needs as they arise</i>                                                                                                                   | <i>intangible component of service design</i>                                                                                                        | Motorola, GE, Allied Signals, Honeywell and Seagate | Matlab    | Voice of the customer, qfd, fishbone, flowchart, fuzzy logic, survey, simulation                                   |
| 12 | Y |                                                                                                | <i>little application of this methodology is found in the design of service</i>                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                      | Motorola, GE, Allied Signals, Honeywell and Seagate |           | Voice of the customer, qfd, fishbone, flowchart, fuzzy logic, survey, Monte Carlo simulation                       |
| 13 | Y | <i>clearly determine goals, issues, data to be collected or measured</i>                       | <i>statistical approach is powerful</i>                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                      |                                                     |           | schematic diagram (flow chart), msa, regression analysis, SOP                                                      |

|    |   |                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                     |                                                                                                                               |                                                                                                                                                                        |
|----|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 14 | Y |                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                     | GE                                                                                                                            | ctq, flow chart, voc, capability, transfer functions                                                                                                                   |
| 15 | Y | <i>Defined and prioritised customer value from the customer point of view, use of internet and e-commerce, Adjusted Six Sigma vocabularies with service environment, systematic methodologies, Selected experienced team</i> | <i>DFSS focus on eliminating ambiguity at the front end by defining critical to quality (CTQs) characteristics through carefully translated VOC</i> | <i>finding an innovative idea, and guiding and realizing an innovative idea</i>                                               | Caterpillar, GE Financial Services, American Express, Bank of America and Mark & Spencer money<br><br>ctq, voc, qfd, project charter, capability, simulation, piloting |
| 16 |   | <i>implementation level, Management commitment and involvement, the clear definition of customer requirements, project selection, reviews and tracking, continuing education and training, teamwork and communication</i>    | <i>Cost reduction</i>                                                                                                                               | Dow Chemical, WR Grace, Delphi Automotive, NCR Corporation, GE                                                                | voc, ctq, qfd, pilot test, dfmea                                                                                                                                       |
| 17 |   |                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                     | <i>There is no a unified model with specific tools for DFSS despite various patterns researchers and enterprises proposed</i> | qfd, house of quality, fmea, fuzzy, doe, pca, control chart, simulation                                                                                                |
| 18 | Y |                                                                                                                                                                                                                              | <i>It provides early identification of customer critical factors. This speeds up</i>                                                                | Ford Motor Company                                                                                                            | transfer function, doe, pareto, monte carlo based simulation                                                                                                           |

|    |   |                                                                                                                      |                                                                                                                                                   |                    |                |                                                                                                      |
|----|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |   |                                                                                                                      | <i>delivery, improves quality, and reduces cost.</i>                                                                                              |                    |                |                                                                                                      |
| 19 | Y | <i>Understanding the physics involved in the transformation from raw material to finished products</i>               | <i>at the early design stage, prototype parts, machines and tools are not available</i>                                                           | Ford Motor Company | magma, Minitab | transfer function, p-diagram, doe, voc, vob, simulation                                              |
| 20 | Y |                                                                                                                      |                                                                                                                                                   |                    |                | Kano model, reliability, stress analysis, ctq, voc, pilot, stress simulation                         |
| 21 |   |                                                                                                                      | <i>practical use of all considered methods (ss, lean, dfss, toc) demands a maturity of management, a certain level of preparation, experience</i> |                    |                |                                                                                                      |
| 22 |   |                                                                                                                      |                                                                                                                                                   |                    |                |                                                                                                      |
| 23 |   |                                                                                                                      | <i>the selection of the most appropriate quality tools is not always an easy task</i>                                                             |                    |                | Flow chart, Pareto diagram, Check sheet, Control chart, distribution, Cause-and-effect diagram       |
| 24 |   | <i>integration of quality at the earlier design stages, proactive integration of quality into the product design</i> |                                                                                                                                                   | Raytheon           |                | voc, ctq, MSA, transfer function, capability, risk analysis, qfd, hoq, doe, simulations, regressions |
| 25 | Y | <i>Potential FMEA to make it a robust solution</i>                                                                   | <i>robust solution, time reduction, efficiency improved, environmentally friendly, savings</i>                                                    | Honeywell          |                | Potential FMEA, doe, prototype (pilot test)                                                          |
| 26 |   |                                                                                                                      |                                                                                                                                                   |                    |                |                                                                                                      |

|    |   |                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                            |                                                                                                                    |                                                      |        |                                                                                            |
|----|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 27 | Y |                                                                                                                                                                                   | <i>increasing sigma level, the design cost and product cost may increase too</i>                                                                           | <i>sigma level should be carefully determined by the designer according to the importance and cost of products</i> |                                                      |        | distribution (regression), control chart, DOE, ANOVA, simulation, reliability              |
| 28 | Y | <i>customised adaptation</i>                                                                                                                                                      | <i>It provides the flexibility to tailor-make process control and accommodate changing needs as they arise</i>                                             | <i>intangible component of service design</i>                                                                      | Motorola, GE, Allied Signals, Honeywell, and Seagate | Matlab | Voice of the customer, qfd, fishbone, flowchart, fuzzy logic, survey, hoq, doe, simulation |
| 29 | Y |                                                                                                                                                                                   | <i>dfss can handle variability very well (from manufacturing and from customer demand) and DFSS knowledge can manage such complex projects efficiently</i> | <i>dfss is an operational approach, not a strategic one</i>                                                        |                                                      |        | voc, transfer function, doe                                                                |
| 30 | Y |                                                                                                                                                                                   | <i>provides a checklist on the whole process and indicators to take corrective actions</i>                                                                 |                                                                                                                    |                                                      |        | CTQ, voc, sipoc                                                                            |
| 31 | Y | <i>increasing involvement of associates, wide margin of continuous evolution</i>                                                                                                  |                                                                                                                                                            | <i>resistance by some part of the target population, even with training</i>                                        | Bosch Group                                          |        | CTQ, capacity, flow chart, pilot test, triz                                                |
| 32 | Y | <i>high adherence of target population. Involvement of the associates. wide margin of continuous evolution, because it must always be pursued by the target population needs.</i> |                                                                                                                                                            |                                                                                                                    | Bosch Group                                          |        | survey, ctq                                                                                |

|    |   |                                                                                                      |                                                                                                                                |                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                 |
|----|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 33 |   |                                                                                                      | <i>diminuir gasto com garantia, aumentar satisfação do cliente</i>                                                             |                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                           | voc, doe, fmea, ctq, simulation                                                                                                                                                                                 |
| 34 |   | <i>selection of team members, their roles, metrics, tools and techniques are the key ingredients</i> |                                                                                                                                |                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                    | GE                                                                                                        | voc, ctq, QFD, DOE, risk analysis, flow chart, triz, dfmea, capability, control chart                                                                                                                           |
| 35 |   | <i>role of project leaders, training</i>                                                             | <i>enhanced customer satisfaction, improved long-term profitability, increased product reliability, improved profit margin</i> | <i>harder than SS to apply, no standard structured approach</i>                                          | <i>Engineers tend to resist the introduction of any new scientific methodology into their research activities, education/training is especially necessary, companies providing time, space and the necessary financial support</i> | Dow Chemical, WR Grace, Delphi Automotive, NCR Corporation, Samsung SDI, GE, Ford Motor Company, Motorola | "depends on the company"                                                                                                                                                                                        |
| 36 |   | <i>team work, project group has freedom in terms of what tools they may use</i>                      | <i>decrease in cost and development time, DFSS has increased the organisations' confidence</i>                                 | <i>Extensive documentation, cross-functional expertise needed in application of most tools suggested</i> |                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                           | QFD, Design of Experiments, Pugh matrix                                                                                                                                                                         |
| 37 |   |                                                                                                      |                                                                                                                                |                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                           | surveys, quality function deployment (qfd), customer value analysis (voc), theory of inventive problem solving, axiomatic design, Pugh concept selection, design of experiment methods, and computer simulation |
| 38 | Y |                                                                                                      | <i>best way to ensure that all requirements</i>                                                                                |                                                                                                          | <i>convincing engineers that improvement is needed, quality</i>                                                                                                                                                                    |                                                                                                           | voc, brainstorming, Kano model, sipoc,                                                                                                                                                                          |

|    |      |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                 |                                      |                                                                                                     |                                        |                                                                                                                                      |
|----|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |      |                                                                                                                                                                                                                                     | <i>and customer needs are integrated</i>                                                                                                                                        |                                      | <i>maintenance, changes that impact customer satisfaction</i>                                       |                                        | qfd, House of quality, project charter                                                                                               |
| 39 | Y    | <i>existence of a well-documented process (use to guide and training)</i>                                                                                                                                                           | <i>creation of a well-documented process, feedback allows to improve processes in the future, process can be easily adapted to other needs, prevent waste of time and money</i> |                                      |                                                                                                     | Cooley Dickinson Hospital              | pareto chart, voc, ctq, flow chart, fmea, pilot test, survey                                                                         |
| 40 | Y    | <i>Project selection aligned to product development. Project selection selective and customer focused. The documentation of projects and transfer functions is important to facilitate the accumulation of corporate knowledge.</i> | <i>Design for Six Sigma is about being result-driven rather than activity-driven</i>                                                                                            |                                      | <i>linkage between phases of pdp, influence effectively design decisions</i>                        | Ford Motor Company                     | survey, Kano modeling, qfd, functional diagram, axiomatic design, transfer function, FMEA, control plan, Monte Carlo simulation, doe |
| 41 |      |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                 |                                      |                                                                                                     | Excel                                  | ctq, pareto, reliability, simulation, Monte Carlo simulation                                                                         |
| 42 | Y    |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                 |                                      |                                                                                                     |                                        | doe, simulation, reliability                                                                                                         |
| 43 | Y SS |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                 |                                      |                                                                                                     |                                        |                                                                                                                                      |
| 44 |      | <i>long term effort with top management commitment, careful preparation, week discussions, a substantial</i>                                                                                                                        | <i>more effective and less expensive</i>                                                                                                                                        | <i>The investment is significant</i> | <i>Culture change, all employees must understand how it works and why it benefits the customer,</i> | Delphi Automotive, Pendleton Group, GE |                                                                                                                                      |

|    |   |                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                |                                                                                                             |
|----|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |   | <i>structured compensation system, training leaders earlier in the process, making results public,</i>            | <i>the business and themselves,</i>                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                |                                                                                                             |
| 45 |   |                                                                                                                   | <i>Many models to follow. Problems in alignment with the engineering design process with all of the DFSS models. There are three unique applications of DFSS: product, service, and business process improvement. Does each of them need a unique model or should follow the same?</i> |                                                                                                                                |                                                                                                             |
| 46 |   | <i>tries to eliminate all loss of quality costs</i>                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Matlab                                                                                                                         |                                                                                                             |
| 47 | Y |                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                        | The University of Miami                                                                                                        | fmea, triz, brainstorming, gantt chart, project charter, kano, survey, qfd, ctq, pugh matrix, risk analysis |
| 48 |   |                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Motorola, GE, Allied Signals, Honeywell, and Seagate                                                                           | DOE, QFD, TRIZ, pugh                                                                                        |
| 49 | Y | <i>simplicity of the approach, involvement of users, multiple surveys and brainstorming session, to structure</i> | <i>improving customer satisfaction, building new customer relationships</i>                                                                                                                                                                                                            | <i>difficult to translate methods that were originally developed for production environments for use in service operations</i> | Project charter, sipoc, survey, voc, ctq                                                                    |

|    |   |                                                                                                                                                                    |                                                              |                                                                                        |                    |                                                                                                 |
|----|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |   | <i>and include useful attributes/features in the manual addressing the banker's needs, not the design team thoughts</i>                                            |                                                              |                                                                                        |                    |                                                                                                 |
| 50 |   |                                                                                                                                                                    |                                                              |                                                                                        |                    |                                                                                                 |
| 51 | Y | <i>cross-functional team</i>                                                                                                                                       | <i>time reduction</i>                                        |                                                                                        |                    | flow chart, ctq, cause and effect matrix, fmea                                                  |
| 52 |   |                                                                                                                                                                    |                                                              |                                                                                        |                    |                                                                                                 |
| 53 |   | <i>application driven by top management, quality training (managers should be trained before engineers), start with easy projects and then move to the hardest</i> | <i>reduction on warranty claims, reduction of cycle time</i> | <i>all the organization should be trained</i>                                          |                    | process map (flow chart), fmea, cause and effect matrix, risks, qfd, simulation                 |
| 54 | Y | <i>must be performed very early in the product development cycle</i>                                                                                               |                                                              |                                                                                        | Ford Motor Company | p-diagram, transfer function, response surface (doe), simulation, anova                         |
| 55 | Y | <i>using a certified methodology, bring quality tools to marketing</i>                                                                                             | <i>first time right design</i>                               |                                                                                        |                    | voc, kano, survey, hoq, qfd                                                                     |
| 56 |   | <i>(a) committed leadership, (b) use of top talent resources full time, and (c) supporting infrastructure</i>                                                      |                                                              | <i>clarify when to use DMAIC, when to use DMADV, and when neither of the two fits.</i> | Siemens, GE        | project charter, kano, ctq, sipoc, fmea, survey, qfd, triz, simulation, doe, pugh, control plan |
| 57 |   |                                                                                                                                                                    |                                                              |                                                                                        |                    | anova, transfer function, simulation,                                                           |

|    |   |  |                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                                                                                                   |
|----|---|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |   |  |                                                                                                                                                                                                             |                         | Monte Carlo estimates                                                                                                             |
| 58 |   |  | <i>no well-established procedure</i>                                                                                                                                                                        |                         | qfd, voice of customer, kano, doe, p-diagram, pugh matrix, vmea, axiomatic design                                                 |
| 59 |   |  |                                                                                                                                                                                                             |                         | voc, cts, ctq, transfer function, p-diagram, qfd, hoq, simulations                                                                |
| 60 |   |  | <i>focus on customer satisfaction, robustness, and predictable cost levels</i>                                                                                                                              | Motorola                | Quality Function Deployment (QFD), brainstorming, Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ), Pugh concept selection matrix, FMEA |
| 61 |   |  |                                                                                                                                                                                                             |                         | <i>to decide when choose SS or DFSS</i>                                                                                           |
| 62 | Y |  | <i>improved productivity and efficiency</i>                                                                                                                                                                 |                         | <i>insufficient to develop new and innovative research fields, they need a more systematic approach</i>                           |
| 63 | N |  | <i>incorporate DFSS into a learning culture is not only to copy another enterprise, even when using the same consultants/consultings not concerned in teaching or learning, but only telling what to do</i> | General Motors, Hyundai | qfd, pugh selection, taguchi methods, doe, dfmea                                                                                  |
| 64 | Y |  | <i>reduced time to market, cost avoidance, lost profit</i>                                                                                                                                                  |                         | <i>benefits may result in additional savings to</i>                                                                               |
|    |   |  |                                                                                                                                                                                                             |                         | project charter, gauge R&R, sipoc, cause and effect analysis,                                                                     |

|    |   |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                 |                   |                                                                                                                      |
|----|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |   |                                                                                                                                      | <i>avoidance, improved employee morale, enhanced image for the organization, and other intangibles</i>                                                                                              | <i>organization but are hard to quantify</i>                                                    |                   | pareto, ctq, ctp, msa, capability, doe, regression analysis, pilot study                                             |
| 65 | Y |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                     | <i>most difficult activities in PD lack concrete support in DFSS</i>                            |                   | voc, kano analysis, qfd, hoq, fmea, doe, triz, risk management, pugh analysis, p-diagram, boundary diagram, survey   |
| 66 | Y | <i>allows manufacturing managers to follow a series of experimental steps which cover fundamental aspects of quality improvement</i> | <i>it can be used to test alternative scenarios</i>                                                                                                                                                 |                                                                                                 | Minitab           | qfd, correlation matrix (hoq), ctq, fmea, voc, vop, capability, qfd, control chart, cause-effect diagram, anova, doe |
| 67 | Y |                                                                                                                                      | <i>development time reduction</i>                                                                                                                                                                   |                                                                                                 | Flexsim           | IDEF0(flowchart), survey, simulation                                                                                 |
| 68 |   |                                                                                                                                      | <i>makes apqp more objective, measurable and robust. It helps to eliminate the defects like incomplete/inappropriate customer requirements thus resulting in timely completion of the projects.</i> |                                                                                                 |                   | ctq, brainstorming, fmea, qfd,                                                                                       |
| 69 | Y |                                                                                                                                      | <i>new design based on user's needs; involved all experts</i>                                                                                                                                       | <i>other organizations may need to use a somewhat different type of DFSS approach depending</i> | Sharepoint, Excel | project charter, SIPOC, flowchart, survey, affinity diagram, brainstorming, benchmarking                             |

|    |   |                                                                                                 |                                                                                   |                                                                                                                                        |                                                                                                     |                                        |                                                                                                                                                                                                   |
|----|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |   | <i>on the problem they are trying to solve.</i>                                                 |                                                                                   |                                                                                                                                        |                                                                                                     |                                        |                                                                                                                                                                                                   |
| 70 | Y |                                                                                                 |                                                                                   |                                                                                                                                        |                                                                                                     |                                        | project chart, flow chart, ctq, kano model, dfmea, prototype                                                                                                                                      |
| 71 | Y | <i>exposition to Six Sigma concept</i>                                                          |                                                                                   |                                                                                                                                        | <i>Data collected is basically qualitative which may not suffice to validate</i>                    |                                        | simulation, pilot test                                                                                                                                                                            |
| 72 | Y | <i>innovation process manager, infrastructure (educational material and checklist support),</i> | <i>engineering effectiveness can be increased by</i>                              | <i>knowledge and experience are necessary, even with good infrastructure. DFSS is not as consistently defined and understood as SS</i> | <i>PDP allignment, providing training and infrastructure, lack of clarity in terms of resources</i> | SKF                                    | check list, Benchmarking, qfd, house of quality, kano model, scorecard, voc, pugh, simulation, prototyping, DOE, DFMEA, vmea, transfer functions, mapping, pdiagram, sensitivity analysis, anova, |
| 73 | Y |                                                                                                 |                                                                                   |                                                                                                                                        |                                                                                                     | Solidworks, CAD                        | survey, qfd, flow chart, cad, voc                                                                                                                                                                 |
| 74 |   |                                                                                                 |                                                                                   |                                                                                                                                        |                                                                                                     |                                        | qfd, hoq, voice of customer, voice of business, doe, simulation                                                                                                                                   |
| 75 | Y | <i>NPD process optimized and oriented toward customers</i>                                      | <i>reduced timing and cost, increased reliability</i>                             |                                                                                                                                        |                                                                                                     |                                        | design failure mode and effect analysis, capability analysis, ctq, risk priority number, reliability, simulation                                                                                  |
| 76 | Y |                                                                                                 |                                                                                   |                                                                                                                                        |                                                                                                     |                                        |                                                                                                                                                                                                   |
| 77 | Y | <i>Follow a Roadmap</i>                                                                         | <i>grasp customer value and interpret into insight information, shifting from</i> |                                                                                                                                        | <i>qualities are highly intangible and behaviour oriented</i>                                       | GE Healthcare, Heartland Health, Sharp |                                                                                                                                                                                                   |

|    |   |                                                                                                  | <i>subjective to objective judgment</i>                                                                                                                               | <i>which is difficult to quantify</i>                                          | Healthcare, Virtua Health, Quest Diagnostics |                                                                                                                               |
|----|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 78 | Y |                                                                                                  |                                                                                                                                                                       |                                                                                | Matlab/Simulink, Excel                       | simulation, DOE, Anova, capability, Monte Carlo optimization                                                                  |
| 79 |   |                                                                                                  |                                                                                                                                                                       |                                                                                |                                              | msa, gauge R&R, reliability, pugh matrix, simulation, voc, qfd, robust design, tolerance design, dfmea                        |
| 80 |   |                                                                                                  | <i>structured method, translate market demands in specifications</i>                                                                                                  | <i>companies does not feel that the tools are integrated to de npd process</i> |                                              | voice of customer, qfd, pugh matrix, simulation                                                                               |
| 81 | Y | <i>involvement of managers, setting the right importance weights to guide managers decisions</i> | <i>possibility to avoid potential defects, customer needs and sales (correlations established on paper). long-term effect on the profitability of the enterprise.</i> |                                                                                |                                              | ctq, regression, survey, brainstorming, check-lists, Kano model, Quality Function Deployment (QFD), FMEA, hoq                 |
| 82 | Y |                                                                                                  |                                                                                                                                                                       |                                                                                |                                              |                                                                                                                               |
| 83 | Y |                                                                                                  |                                                                                                                                                                       |                                                                                | Nuovo Pignone                                | ctq, qfd, brainstorming, house of quality, pugh concept, risk analysis, transfer function, simulation, reliability, prototype |
| 84 |   |                                                                                                  |                                                                                                                                                                       | <i>There is still no generally accepted DFSS approach or methodology, this</i> | GE                                           |                                                                                                                               |

|    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                           |                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                |                                               |                       |                                                     |
|----|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------|
|    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                           |                                                                                   | <i>situation has prevented DFSS from being spread and assimilated as rapidly as the DMAIC approach</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                |                                               |                       |                                                     |
| 85 | Y |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                           |                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                |                                               |                       | fishbone, mathematical model,                       |
| 86 |   | <i>the culture of innovation. the use of a problem-solving method based on quality tools and statistical techniques to monitor and assess the risks involved in NPD. quality programs with established goals and decisions based on a more technical and less empirical vision</i> | <i>partnership with universities, do not mitigate the resources among many departments (only R&amp;D)</i> | <i>DFSS is a new subject. The use of statistics is not seen as something easy</i> | <i>use the right tool at the right time throughout the product development cycle. The engineers do not know how the specifications were obtained, since they are dictated by the mother company. Communication between the engineers for product development for commercialization and the engineers/PhDs in technological development is not integrated. The doctors want time for their researches, while the engineers want to meet the deadlines</i> | WABCO<br>Freios Brasil,<br>AGCO -<br>Equipamentos<br>Agrícolas | Minitab, Pro-<br>Engineer, MS<br>Project, CAD | qfd, pugh matrix, doe |                                                     |
| 87 | Y |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                           | <i>DFSS naturally tries to eliminate all loss of quality costs</i>                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                |                                               |                       | Matlab                                              |
| 88 |   | <i>The knowledge of design engineers for the correct application of these statistical</i>                                                                                                                                                                                          |                                                                                                           |                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                |                                               |                       | Excel,<br>Minitab<br>doe, Monte Carlo<br>simulation |

|    |      |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                               |                                                                                                                                                           |
|----|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |      | <i>experimentation,<br/>proper training</i>                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                               |                                                                                                                                                           |
| 89 | Y    |                                                                                                                                                                            | <i>result fully meet<br/>customers<br/>requirements and the<br/>production volume is<br/>controlled, a huge<br/>amount of waste is<br/>reduced</i>                                      | <i>hard to evaluate<br/>whether their work is<br/>applicable in other<br/>industry than<br/>manufacturing</i> | SIPOC, sigma level,<br>brainstorm, transfer<br>function, Monte Carlo<br>simulation, pilot<br>production, risk<br>analysis, capability                     |
| 90 | Y    |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                               | Opt Quest -<br>Crystal Ball,<br>Excel<br>Ctq, voice of<br>customer, qfd, house<br>of quality, dfmea,<br>capability, simulation,<br>transfer function, doe |
| 91 |      | <i>top management<br/>commitment</i>                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                               |                                                                                                                                                           |
| 92 | Y SS |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                               | doe, ctq, finite<br>element analysis,<br>simulation                                                                                                       |
| 93 | Y    |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                               | survey, pugh matrix,<br>doe, control chart, qfd                                                                                                           |
| 94 | Y    | <i>use of simulation</i>                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                               | ProModel,<br>Arena<br>flow chart, sigma<br>level, voc, simulation,<br>project charter, ctq,<br>capability, qfd                                            |
| 95 |      |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                         | WR Grace                                                                                                      | voc, capability, pilot<br>run, qfd, doe, seven<br>quality tools                                                                                           |
| 96 | Y    | <i>support of senior<br/>leaders, the<br/>individuals selected<br/>for the project team,<br/>and the learning<br/>collaborative<br/>approach,<br/>collaborative effort</i> | <i>the project brought<br/>together different<br/>workers and the<br/>knowledge resultant<br/>would be impossible to<br/>obtain without seeking<br/>costly outside<br/>consultation</i> |                                                                                                               | SIPOC, flowchart,<br>affinity diagrams,<br>survey, brainstorming                                                                                          |
| 97 | Y    |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                               |                                                                                                                                                           |
| 98 | Y    |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                               | Robust Design, doe                                                                                                                                        |

|     |      |                                                                                                                                                           |                                                                                 |                                                                                  |                                                                                                                                                                                             |                            |                                                                                                                          |
|-----|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 99  |      |                                                                                                                                                           |                                                                                 |                                                                                  |                                                                                                                                                                                             | GE                         | simulation                                                                                                               |
| 100 | Y    |                                                                                                                                                           |                                                                                 |                                                                                  |                                                                                                                                                                                             | GE                         |                                                                                                                          |
| 101 | Y    | <i>combined approach of both DFSS and Lean</i>                                                                                                            | <i>ensure accelerating the development of new services</i>                      | <i>unlike DMAIC , the phases or steps of DFSS are not universally recognised</i> | <i>measuring the level of service quality</i>                                                                                                                                               |                            | project charter, voc, ctq, triz, mapa de valor , pilot test, control plan, house of quality                              |
| 102 | Y    |                                                                                                                                                           |                                                                                 |                                                                                  |                                                                                                                                                                                             | GE                         | ctq, msa, fuzzy, regression analysis,                                                                                    |
| 103 |      |                                                                                                                                                           |                                                                                 |                                                                                  |                                                                                                                                                                                             |                            | Minitab                                                                                                                  |
| 104 | Y    | <i>Commitment and leadership from the top, standardized project selection, understanding customer early in the process, good metrics, common language</i> |                                                                                 | <i>scientists usually resist until they have a model to follow (like DMAIC)</i>  | <i>discerning and improving the true "value added" tasks</i>                                                                                                                                |                            |                                                                                                                          |
| 105 | Y    |                                                                                                                                                           |                                                                                 |                                                                                  |                                                                                                                                                                                             |                            |                                                                                                                          |
| 106 |      |                                                                                                                                                           |                                                                                 |                                                                                  |                                                                                                                                                                                             |                            | Minitab, JMP                                                                                                             |
| 107 |      |                                                                                                                                                           |                                                                                 |                                                                                  |                                                                                                                                                                                             |                            | QFD, Robust design                                                                                                       |
| 108 | Y SS |                                                                                                                                                           | <i>improving reliability, less warranty provided, and customer satisfaction</i> | <i>only at the design phase, very early in the process</i>                       |                                                                                                                                                                                             |                            |                                                                                                                          |
| 109 | Y    |                                                                                                                                                           |                                                                                 |                                                                                  | <i>to apply scientific and inductive methodology, to deploy the robust consumer input, to generate more efficient design iterations, to attain excellent R&amp;D activities with strong</i> | Minitab, Solver, SDI Tools | voc, ctq, project charter, qfd, triz, house of quality, doe, pareto chart, regression model, p-diagram, fmea, simulation |

|     |   |                                                                                             |                                                                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                           |
|-----|---|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |   |                                                                                             |                                                                                                                        |                                                                                                                                      | <i>focus on manufacturability, quality, and cost</i>                                                                                                                                                                |                                                                                                                           |
| 110 | Y |                                                                                             | <i>meet customer needs with low defect rates</i>                                                                       |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                     | Matlab / Simulink                                                                                                         |
| 111 | Y |                                                                                             |                                                                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                     | ctq, qfd, axiomatic design, fuzzy topsis, voice of customer, simualtion                                                   |
| 112 |   | <i>Cultural change</i>                                                                      | <i>flexibility and innovation</i>                                                                                      |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                           |
| 113 | Y | <i>properly identify the problem and the voc. This makes all the other stages smoothier</i> | <i>Simple procedures should be used to rank order the requirements and focus design effort</i>                         | <i>As requirements change, the methodology has to be repeated.</i>                                                                   | <i>the customer does not always know all of its requirements up front. Management need to understand the reason for well delineate the problems or they can give up of the implementation when it became harder</i> | GE, Allied Signal, Raytheon, Delphi Automotive, Tenneco, Ford Motor Company, General Motors, WR Grace<br><br>ctq, voc     |
| 114 |   |                                                                                             | <i>help PD process to achieve high product value. DFSS deploy quality, reliability and robustness at all PD stages</i> | <i>Application of DFSS tools will not ensure that the design engineers will use the most appropriate technologies and practices.</i> |                                                                                                                                                                                                                     | Samsung<br><br>voc, simulation                                                                                            |
| 115 | Y |                                                                                             | <i>concrete operational improvements, greater understanding of the complexity of several customer groups</i>           | <i>necessity of continuous development of the process</i>                                                                            | <i>assessing implicit patient needs and the need for organisational maturity in order to support the DFSS project and handle project results</i>                                                                    | GE<br><br>Project charter, ctq, sipoc, qfd, risk assessment, voice of customer, flowchart, pareto, brainstorm, pilot test |

|     |   |                                                                                      |                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                 |                                                                                                                                          |
|-----|---|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 116 | Y | <i>align the DMADV to the Product Development process</i>                            |                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Minitab, Pro-Engineer, Abaqus   | Team charter, voc, affinity diagram, kano analysis, qfd, house of quality, ctq, fmea, fishbone, brainstorm, prototyping, simulation, doe |
| 117 | Y | <i>a more proactive approach to software development</i>                             | <i>reduced time to market</i>                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                 | GE                              |                                                                                                                                          |
| 118 | Y |                                                                                      |                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                 | RecurDyn, Crystal Ball, Minitab | voc, p-diagram, doe, anova, simulation                                                                                                   |
| 119 | Y | <i>Address conceptual robustness to design</i>                                       | <i>used in earlier design stage</i>                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Ford Motor Company              | axiomatic design, voc, cts, ctq                                                                                                          |
| 120 | Y | <i>A clear, documented, and useful new product and process development framework</i> | <i>help reduce the product development cost and time. potential to positively impact the productivity, customer satisfaction, and bottom-line performance of the organization</i> | <i>managers at all levels must commit to investing resources to initiate, promote, actualize, and support the program. Specifically, providing employees with training, resources, knowledge, and authority to solve problems is crucial for the success of a DFSS project.</i> |                                 | triz, project charter, voc, risk analysis, brainstorming, qfd, ctq, dfmea, doe, kano analysis, simulation                                |

## APÊNDICE C – Lista de livros citados pelos periódicos acessados

Um total de 441 livros foi citado pelos 120 artigos acessados integralmente. Segue a Tabela C.1 com a listagem completa desses livros. Os títulos de livro em azul mostram livros relacionados a DFSS, em verde mostram livros relacionados a SS e em vermelho, relacionados a outros tópicos. Os livros estão organizados de acordo com a ordem em que são citados nos artigos.

Tabela C.1 - Listagem de livros citados em cada um dos 120 artigos acessados na íntegra

| artigo | quant. geral | n | Livro                                                                                     | Autores                                   | cap                           | autores cap | Edition | Ano  | Editora                      | País | Cidade       |
|--------|--------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------|-------------|---------|------|------------------------------|------|--------------|
| 1      | 5            | 1 | <i>Bayesian Inference In Statistical Analysis</i>                                         | Box, GEP;<br>Tiao, GC                     |                               |             |         | 1992 | John Wiley & Sons            | USA  | New York, NY |
|        |              | 2 | <i>Implementing Six Sigma: Smarter solutions using statistical methods</i>                | Breyfogle III,<br>FW                      |                               |             | 2nd     | 2003 | John Wiley & Sons            | USA  | New York, NY |
|        |              | 3 | <i>Applied Multivariate Analysis: Using Bayesian and Frequentist Methods of Inference</i> | Press, SJ                                 |                               |             | 2nd     | 1982 | Robert E. Krieger Publishing | USA  | Malabar, FL  |
|        |              | 4 | <i>Multiple Criteria Optimization: Theory, Computation and Application</i>                | Steuer, RE                                |                               |             |         | 1989 | Robert E. Krieger Publishing | USA  | Malabar, FL  |
|        |              | 5 | <i>Handbooks in Operations Research and Management Science. Vol 1: Optimization</i>       | Nemhauser, GL; Rinnooy Kan, AHG; Todd, MJ | <i>Stochastic Programming</i> | Wets, RJB   |         | 1989 | Elsevier Science Publishers  | NLD  | Amsterdam    |

|   |    |    |   |                                                                                                     |                                              |                                                                                                              |      |                                        |     |                             |
|---|----|----|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------------------|-----|-----------------------------|
| 2 | 3  | 6  | 1 | <i>JURAN Institute's Six Sigma breakthrough and beyond-quality performance breakthrough methods</i> | De Feo, JA;<br>Barnard, WW                   |                                                                                                              | 2005 | McGraw-Hill<br>Publishing              | USA | New York, NY                |
|   |    | 7  | 2 | <i>Simulation with Arena</i>                                                                        | Kelton, WD;<br>Sadowski, RP;<br>Sturrock, DT | 3rd                                                                                                          | 2004 | McGraw-Hill<br>Publishing              | USA | New York, NY                |
|   |    | 8  | 3 | <i>The certified Six Sigma Master Black Belt handbook</i>                                           | Kubiak, TM                                   |                                                                                                              | 2012 | ASQ Quality Press                      |     |                             |
| 3 | 5  | 9  | 1 | <i>Engineering for corporate success in the new millennium</i>                                      | Jones, RP                                    |                                                                                                              | 1999 | Royal Academy of<br>Engineering        | GBR | London                      |
|   |    | 10 | 2 | <i>Logic: The Theory of Inquiry</i>                                                                 | Dewey, J                                     |                                                                                                              | 1938 | Holt and Co                            | USA | New York, NY                |
|   |    | 11 | 3 | <i>Designing Environments for Constructive Learning</i>                                             | Duffy, T;<br>Lowyck, J;<br>Jonassen, D       | <i>Constructivism and the design of learning environments: context and authentic activities for learning</i> | 1993 | Springer-Verlag                        | DEU | Heidelberg                  |
|   |    | 12 | 4 | <i>Global Vehicle Reliability: Prediction and Optimization Techniques.</i>                          | Strutt, J; Hall, P                           | <i>Design verification using customer correlated life prediction modelling</i>                               | 2003 | Professional Engineering<br>Publishing | GBR | Bury; St Edmunds;<br>London |
|   |    | 13 | 5 | <i>Knowing, Learning and Instruction: Essays in Honor of Robert Glaser</i>                          | Resnick, LB                                  | <i>Cognitive apprenticeship: teaching the crafts of reading, writing and mathematics</i>                     | 1989 | Lawrence Erlbaum<br>Associates         | USA | Hillsdale, NJ               |
| 4 | 16 | 14 | 1 | <i>Social Research Methods</i>                                                                      | Bryman, A                                    |                                                                                                              | 2001 | Oxford University<br>Press             | USA | New York, NY                |
|   |    | 15 | 2 | <i>The SAGE Handbook of Workplace Learning</i>                                                      | Malloch, M;<br>Cairns, L;                    | <i>Informal learning at work: conditions, processes and logics</i>                                           | 2011 | Sage Publications                      | GBR | London                      |

|    |    |                                                                               |                            |                                                                  |                              |      |                                |     |                   |
|----|----|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------|------|--------------------------------|-----|-------------------|
|    |    |                                                                               | Evans, K;<br>O'Connor, BN  |                                                                  |                              |      |                                |     |                   |
| 16 | 3  | <i>Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research</i>      | Glaser, BG;<br>Strauss, A  |                                                                  |                              | 1967 | Sociology Press                | USA | Mill Valley, CA   |
| 17 | 4  | <i>Introduction to Action Research – Social Research for Social Change</i>    | Greenwood, DJ;<br>Levin, M |                                                                  |                              | 2007 | Sage Publications              | USA | Thousand Oaks, CA |
| 18 | 5  | <i>Understanding Practice: Perspectives on activity and context</i>           | Lave, J;<br>Chaiklin, S    | <i>Thinking and acting with iron</i>                             | Keller, JD;<br>Keller, CM    | 1993 | Cambridge University Press     | GBR | Cambridge         |
| 19 | 6  | <i>Innovation and Change in Organizations</i>                                 | King, N;<br>Anderson, N    |                                                                  |                              | 1995 | Routledge                      | GBR | London            |
| 20 | 7  | <i>InterViews: An Introduction to Qualitative Research Interviewing</i>       | Kvale, S                   |                                                                  |                              | 1996 | Sage Publications              | USA | Thousand Oaks, CA |
| 21 | 8  | <i>Power, Action and Belief: A New Sociology of Knowledge?</i>                | Law, J                     | <i>The powers of association</i>                                 | Latour, B                    | 1986 | Routledge and Kegan Paul       | GBR | London            |
| 22 | 9  | <i>The Knowledge-Creating Company</i>                                         | Nonaka, I;<br>Takeuchi, H  |                                                                  |                              | 1995 | Oxford University Press        | USA | New York, NY      |
| 23 | 10 | <i>Measuring Performance in Public and Nonprofit Organizations</i>            | Poister, TH                |                                                                  |                              | 2003 | Jossey-Bass                    | USA | San Francisco, CA |
| 24 | 11 | <i>Measuring Performance in Public and Nonprofit Organizations</i>            | Dunnette, MD;<br>Hough, LM | <i>Organizational development: theory, practice and research</i> | Porras, JI;<br>Robertson, PJ | 1993 | Consulting Psychologists Press | USA | Palo Alto, CA     |
| 25 | 12 | <i>Organizational Culture and Leadership</i>                                  | Schein, E                  |                                                                  |                              | 1985 | Jossey-Bass                    | USA | San Francisco, CA |
| 26 | 13 | <i>Plans and Situated Actions: The Problem of Human-Machine Communication</i> | Suchman, L                 |                                                                  |                              | 1987 | Cambridge University Press     | USA | New York, NY      |

|    |    |                                                 |                   |                                                                                                       |                             |      |                                   |     |                      |
|----|----|-------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------|-----------------------------------|-----|----------------------|
| 5  | 10 | 27                                              | 14                | <i>The Gold Standard: The Challenge of Evidence-based Medicine and Standardization in Health Care</i> | Timmermans, S; Berg, M      | 2004 | Temple University Press           | USA | Philadelphia, PA     |
|    |    | 28                                              | 15                | <i>Sensemaking in Organizations</i>                                                                   | Weick, KE                   | 1995 | Sage Publications                 | USA | Thousand Oaks, CA    |
|    |    | 29                                              | 16                | <i>Case Study Research - Design and Methods</i>                                                       | Yin, RK                     | 1994 | Sage Publications                 | USA | Thousand Oaks, CA    |
|    |    | 30                                              | 1                 | <i>Optimum Experimental Designs</i>                                                                   | Atkinson, AC; Doney, NA     | 1992 | Oxford University Press           | GBR | Oxford               |
|    |    | 31                                              | 2                 | <i>Quality by Experimental Design</i>                                                                 | Barker, TB                  | 1994 | Marcel Dekker                     | USA | New York, NY         |
|    |    | 32                                              | 3                 | <i>Quality by Design: Taguchi Methods and US Industry</i>                                             | Ealey, LA                   | 1994 | Richard D Irwin                   | USA | Burr Ridge, IL       |
|    |    | 33                                              | 4                 | <i>Design and Analysis of Experiments</i>                                                             | Montgomery, DC              | 1997 | John Wiley & Sons                 | USA | New York, NY         |
|    |    | 34                                              | 5                 | <i>Quality engineering using robust design</i>                                                        | Phadke, MS                  | 1989 | Prentice Hall                     | USA | Englewood Cliffs, NJ |
|    |    | 35                                              | 6                 | <i>Optimum Design of experiments</i>                                                                  | Pukelsheim, F               | 1995 | Chapman & Hall                    | USA | New York, NY         |
|    |    | 36                                              | 7                 | <i>Taguchi techniques for quality engineering</i>                                                     | Ross, PJ                    | 1996 | McGraw-Hill                       | USA | New York, NY         |
|    |    | 37                                              | 8                 | <i>Introduction to Quality Engineering: Designing Quality into Products and Processes</i>             | Taguchi, G                  | 1986 | Krauss International Publications | USA | New York, NY         |
|    |    | 38                                              | 9                 | <i>Systems of Experimental Design: Engineering Methods to Optimize Quality and Minimize Cost</i>      | Taguchi, G                  | 1987 | Quality Resources                 | USA | White Plains, NJ     |
| 39 | 10 | <i>Introduction to Off-line Quality Control</i> | Taguchi, G; Wu, Y | 1985                                                                                                  | American Supplier Institute | USA  | Dearborn, MI                      |     |                      |

|   |    |    |   |                                                                                                                                         |                                            |     |      |                                           |     |                        |
|---|----|----|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----|------|-------------------------------------------|-----|------------------------|
| 6 | 5  | 40 | 1 | <i>Out of the Crisis</i>                                                                                                                | Deming, WE                                 |     | 1986 | MIT Center for Advanced Engineering Study | USA | Cambridge, MA          |
|   |    | 41 | 2 | <i>Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed</i>                                                           | George, ML                                 |     | 2002 | McGraw-Hill Publishing                    | USA | New York, NY           |
|   |    | 42 | 3 | <i>Design and Analysis of Experiments</i>                                                                                               | Montgomery, DC                             | 7th | 2009 | John Wiley & Sons                         | USA | Hoboken, NJ            |
|   |    | 43 | 4 | <i>Introduction to Statistical Quality Control</i>                                                                                      | Montgomery, DC                             | 6th | 2009 | John Wiley & Sons                         | USA | Hoboken, NJ            |
|   |    | 44 | 5 | <i>Commercializing Great Products with Design for Six Sigma</i>                                                                         | Perry, RC; Bacon, DW                       |     | 2007 | Prentice Hall                             | USA | Upper Saddle River, NJ |
| 7 | 5  | 45 | 1 | <i>Managing six sigma: a practical guide to understanding, assessing, and implementing the strategy that yields bottom-line success</i> | Breyfogle III, FW; Cupello, JM; Meadows, B | 1st | 2001 | John Wiley & Sons                         | USA | New York, NY           |
|   |    | 46 | 2 | <i>Design for six sigma in technology and product development</i>                                                                       | Creveling, CM; Slutsky, JL; Antis Jr, D    |     | 2003 | Prentice Hall                             | USA | NJ                     |
|   |    | 47 | 3 | <i>The principles of design</i>                                                                                                         | Suh, NP                                    | 1st | 1990 | Oxford University Press                   | USA | New York, NY           |
|   |    | 48 | 4 | <i>Axiomatic design: advances and applications</i>                                                                                      | Suh, NP                                    |     | 2001 | Oxford University Press                   | USA | New York, NY           |
|   |    | 49 | 5 | <i>Design for six sigma: a roadmap for product development</i>                                                                          | Yang, K; El-Haik, B                        |     | 2003 | McGraw-Hill                               | USA | New York, NY           |
| 8 | 14 | 50 | 1 | <i>Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances,</i>                                                                       | Banks, J                                   |     | 1998 | John Wiley & Sons                         |     |                        |

|    |    |                                                                                                                   |                         |     |      |                    |
|----|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----|------|--------------------|
|    |    | <i>Applications, and Practice</i>                                                                                 |                         |     |      |                    |
| 51 | 2  | <i>Implementing Six Sigma: Smarter solutions using statistical methods</i>                                        | Breyfogle III, FW       |     | 2003 | John Wiley & Sons  |
| 52 | 3  | <i>Service Design for Six Sigma</i>                                                                               | El-Haik, B; Roy, DM     |     | 2005 | John Wiley & Sons  |
| 53 | 4  | <i>Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use them</i>                                                 | Feld, WM                |     | 2000 | CRC Press          |
| 54 | 5  | <i>Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean speed</i>                                                | George, ML              |     | 2002 | McGraw Hill        |
| 55 | 6  | <i>Lean Six Sigma for Service: How to use lean speed and Six Sigma quality to improve service and transaction</i> | George, ML              |     | 2003 | McGraw-Hill        |
| 56 | 7  | <i>Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations</i>               | Harry, MJ; Schroeder, R |     | 2000 | Doubleday          |
| 57 | 8  | <i>Simulation Modeling and analysis</i>                                                                           | Law, AM; Kelton, WD     | 3rd | 1991 | McGraw-Hill        |
| 58 | 9  | <i>Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production</i>                                                    | Ohno, T                 |     | 1998 | Productivity Press |
| 59 | 10 | <i>Quality engineering using robust design</i>                                                                    | Phadke, MS              |     | 1989 | Prentice Hall      |
| 60 | 11 | <i>Introduction to Quality Engineering: Designing Quality into Products and Processes</i>                         | Taguchi, G              |     | 1986 | Quality Resources  |
| 61 | 12 | <i>Lean Thinking</i>                                                                                              | Womack, JP; Jones, DT   |     | 1996 | Simon and Schuster |

|    |    |    |    |                                                                                                          |                                             |     |      |                           |     |                      |
|----|----|----|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----|------|---------------------------|-----|----------------------|
|    |    | 62 | 13 | <i>The machine that changed the world: The story of Lean Production</i>                                  | Womack, JP;<br>Jones, DT;<br>Roos, D        |     | 1990 | Harper Collins            |     |                      |
|    |    | 63 | 14 | <i>Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development</i>                                           | Yang, K; El-Haik, B                         |     | 2003 | McGraw-Hill               |     |                      |
|    |    | 64 | 1  | <i>Leading Six Sigma: A Step-by-Step Guide Based on Experience with GE and Other Six Sigma Companies</i> | Snee, RO;<br>Hoerl, RW                      |     | 2003 | Prentice Hall             | USA | Englewood Cliffs, NJ |
|    |    | 65 | 2  | <i>Operations Management for Competitive Advantage</i>                                                   | Chase, RB;<br>Aquilano, NJ;<br>Jacobs, FR   | 9th | 2001 | McGraw-Hill               | USA | New York, NY         |
|    |    | 66 | 3  | <i>Continuous-Time Finance</i>                                                                           | Merton, RC                                  |     | 1996 | Blackwell                 | USA | Malden, MA           |
|    |    | 67 | 4  | <i>Fundamentals of Investments</i>                                                                       | Alexander, GJ;<br>Sharpe, WF;<br>Bailey, JV | 3rd | 2000 | Prentice Hall             | USA | Englewood Cliffs, NJ |
| 9  | 10 | 68 | 5  | <i>Corporate Finance</i>                                                                                 | Ross, SA;<br>Westerfield, RW; Jaffe, JF     | 6th | 2001 | McGraw-Hill               | USA | New York, NY         |
|    |    | 69 | 6  | <i>Applied Multivariate Statistical Analysis</i>                                                         | Johnson, RA;<br>Wichern, DW                 | 4th | 1998 | Prentice Hall             | USA | Englewood Cliffs, NJ |
|    |    | 70 | 7  | <i>Applied Logistic Regression</i>                                                                       | Hosmer DW,<br>Lemeshow S                    | 2nd | 2000 | John Wiley & Sons         | USA | New York, NY         |
|    |    | 71 | 8  | <i>Introduction to Probability Models</i>                                                                | Ross, SM                                    | 8th | 2002 | Academic Press            | USA | New York, NY         |
|    |    | 72 | 9  | <i>Introduction to Applied Mathematics</i>                                                               | Strang, G                                   |     | 1986 | Wellesley Cambridge Press | USA | Wellesley, MA        |
|    |    | 73 | 10 | <i>Applied Life Data Analysis</i>                                                                        | Nelson, W                                   |     | 1982 | John Wiley & Sons         | USA | Hoboken, NJ          |
| 10 | 4  | 74 | 1  | <i>New products management for the 1980s</i>                                                             | Booz, AJ;<br>Allen, BJ;<br>Hamilton, PJ     |     | 1982 |                           | USA | New York, NY         |

|    |   |    |   |                                                                                                      |                                                        |     |      |                            |     |                        |
|----|---|----|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----|------|----------------------------|-----|------------------------|
|    |   | 75 | 2 | <i>Design for Six Sigma</i>                                                                          | Brue, G;<br>Launsby, R                                 |     | 2002 | McGraw-Hill                | USA | New York, NY           |
|    |   | 76 | 3 | <i>Multivariate data analysis</i>                                                                    | Hair, JF;<br>Anderson, R;<br>Taham, RL;<br>Black, WC   | 6th | 2006 | Macmillan                  | USA | New York, NY           |
|    |   | 77 | 4 | <i>Applied multivariate techniques</i>                                                               | Sharma, S                                              |     | 1995 | John Wiley & Sons          | USA | New York, NY           |
|    |   | 78 | 1 | <i>Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications</i>                                               | Dubois, D;<br>Prade, H                                 |     | 1980 | Academic Press             | USA | New York, NY           |
|    |   | 79 | 2 | <i>The Six Sigma revolution</i>                                                                      | Eckes, G                                               |     | 2001 | John Wiley & Sons          | USA | Chichester, NH         |
|    |   | 80 | 3 | <i>Service Design for Six Sigma</i>                                                                  | El-Haik, B;<br>Roy, DM                                 |     | 2005 | John Wiley & Sons          | USA | New York, NY           |
| 11 | 4 | 81 | 4 | <i>Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence</i> | Jang, J-SR;<br>Sun, C-T;<br>Mitzutani, E               |     | 1997 | Prentice Hall              | USA | Upper Saddle River, NJ |
|    |   | 82 | 1 | <i>Design for Six Sigma</i>                                                                          | Brue, G;<br>Launsby, R                                 |     | 2003 | McGraw-Hill                | USA |                        |
|    |   | 83 | 2 | <i>Service Design for Six Sigma</i>                                                                  | El-Haik, B;<br>Roy, DM                                 |     | 2005 | John Wiley & Sons          | USA | New York, NY           |
| 12 | 4 | 84 | 3 | <i>Strategic Logistics Management</i>                                                                | Lambert, D;<br>Stock, J                                |     | 2000 | McGraw-Hill                | USA | New York, NY           |
|    |   | 85 | 4 | <i>Design for Six Sigma</i>                                                                          |                                                        |     | 2002 | Rath and Strong Publishers | USA | MA                     |
| 13 | 1 | 86 | 1 | <i>Foundations of Software Testing: ISTQB Certification</i>                                          | Graham, G;<br>Veenendaal, EV;<br>Evans, I;<br>Black, R |     | 2007 | Thomson Learning           | GBR |                        |
| 14 | 2 | 87 | 1 | <i>Implementing Six Sigma: Smarter solutions using statistical methods</i>                           | Breyfogle III, FW                                      |     | 1999 | John Wiley & Sons          | USA | New York, NY           |

|    |   |    |   |                                                                                                             |                                            |      |                           |     |                   |
|----|---|----|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------|---------------------------|-----|-------------------|
| 15 | 7 | 88 | 2 | <i>The Six Sigma Way: How GE, Motorola and Other Top Performing Companies are Honing Their Performance</i>  | Pande, PS; Neuman, RP; Cavanagh, RR        | 2000 | McGraw-Hill               | USA | New York, NY      |
|    |   | 89 | 1 | <i>World Class Applications of Six Sigma: Real World Examples of Success</i>                                | Antony, J; Banuelas, R; Kumar, A           | 2006 | Butterworth-Heinemann     | GBR | Oxford            |
|    |   | 90 | 2 | <i>The McGraw Hill 36 hours Six Sigma course</i>                                                            | Brue, G; Howes, R                          | 2006 | McGraw-Hill               | USA | New York, NY      |
|    |   | 91 | 3 | <i>Design for Six Sigma</i>                                                                                 | Brue, G; Launsby, R                        | 2003 | McGraw-Hill               | USA | New York, NY      |
|    |   | 92 | 4 | <i>Design for Six Sigma: The Revolutionary Process for Achieving Extraordinary Profits</i>                  | Chowdhury, S                               | 2005 | Dearborn Trade Publishing | USA | Chicago, IL       |
|    |   | 93 | 5 | <i>Leading for Innovation: and Organizing for Results</i>                                                   | Hesselbein, F; Goldsmith, M; Somerville, I | 2002 | Jossey-Bass               | USA | San Francisco, CA |
|    |   | 94 | 6 | <i>Leading Six Sigma: A Step-by-Step Guide Based on Experience with GE and Other Six Sigma Companies</i>    | Snee, RO; Hoerl, RW                        | 2003 | Pearson Education         | USA | New York, NY      |
|    |   | 95 | 7 | <i>Design Driven Innovation: Changing the Rules of Competition by Radically Innovating What Things Mean</i> | Verganti, R                                | 2009 | Harvard Business Press    | USA | New York, NY      |
|    |   | 96 | 1 | <i>Design for Six Sigma: The Revolutionary Process for Achieving Extraordinary Profits</i>                  | Chowdhury, S                               | 2005 | Dearborn Trade Publishing |     |                   |
|    |   | 97 | 2 | <i>Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy</i>                                                      | Harry, MJ; Schroeder, R                    | 2000 | Doubleday                 | USA | New York, NY      |
| 16 | 6 |    |   |                                                                                                             |                                            |      |                           |     |                   |

|    |     |     |   |                                                                                                          |                               |     |      |                        |     |                        |
|----|-----|-----|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----|------|------------------------|-----|------------------------|
|    |     |     |   | <i>Revolutionizing the World's Top Corporations</i>                                                      |                               |     |      |                        |     |                        |
|    | 98  | 3   |   | <i>Psychometric Theory</i>                                                                               | Nunnally, JC                  | 2nd | 1978 | McGraw-Hill            | USA |                        |
|    | 99  | 4   |   | <i>Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance</i>                               | Porter, ME                    |     | 1990 | The Free Press         | USA | New York, NY           |
|    | 100 | 5   |   | <i>Leading Six Sigma: A Step-by-Step Guide Based on Experience with GE and Other Six Sigma Companies</i> | Snee, RO; Hoerl, RW           |     | 2003 | Prentice Hall          | USA | Upper Saddle River, NJ |
|    | 101 | 6   |   | <i>Design for Six Sigma: Launching New Products and Services without Failure</i>                         | Tennant, G                    |     | 2002 | Gower Publishing       | GBR | Hampshire              |
| 17 | 0   |     |   |                                                                                                          |                               |     |      |                        |     |                        |
|    | 102 | 1   |   | <i>Taguchi Methods Explained: Practical Steps To Robust Design</i>                                       | Bagghi, TP                    |     | 1993 | Prentice Hall of India | IND | New Delhi              |
|    | 103 | 2   |   | <i>Design and Modeling for Computer Experiments</i>                                                      | Fang, KT; Li, R; Sudjianto, A |     | 2006 | Chapman & Hall         | USA | Boca Raton, FL         |
| 18 | 4   |     |   | <i>Business Dynamics: System thinking and Modeling for a Complex World</i>                               | Sterman, JD                   |     | 2002 | McGraw-Hill            | USA | Boston, MA             |
|    | 105 | 4   |   | <i>The Principles of Design</i>                                                                          | Suh, NP                       |     | 1990 | Oxford Press           | USA | New York, NY           |
|    | 106 | 1   |   | <i>Six Sigma The Pragmatic Approach, Student Literature</i>                                              | Magnusson, K                  | 2nd | 2003 |                        |     |                        |
| 19 | 2   |     |   | <i>Quality Engineering using robust design</i>                                                           | Phadke, MS                    |     | 1989 | Prentice Hall          |     |                        |
| 20 | 0   |     |   |                                                                                                          |                               |     |      |                        |     |                        |
| 21 | 14  | 108 | 1 | <i>Theory of Constraints</i>                                                                             | Cohen, O; Fedurko, E          |     | 2012 | Strategic Solution     | EST | Tallinn                |

|     |    |                                                                                                              |                                        |          |                       |     |                |
|-----|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------|-----------------------|-----|----------------|
| 109 | 2  | <i>Goldratt's Theory of Constraints: A Systems Approach to Continuous Improvement</i>                        | Dettmer, W                             | 2001     | ASQ Quality Press     | USA | Milwaukee, WI  |
| 110 | 3  | <i>Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed</i>                                | George, ML                             | 2002     | McGraw-Hill           | USA | New York, NY   |
| 111 | 4  | <i>Using DMAIC to improve speed, quality, and cost</i>                                                       | George, M;<br>Rowlands, D;<br>Price, M | 2005     | McGraw-Hill           | USA | New York, NY   |
| 112 | 5  | <i>Handbook of Production management methods</i>                                                             | Halevi, G                              | 2007     | Butterworth-Heinemann | GBR | Oxford         |
| 113 | 6  | <i>JIT is flow</i>                                                                                           | Hirano, H;<br>Furuya, M;<br>Bodek, N   | 2006     | QCI International     | USA | Red Bluff, CA  |
| 114 | 7  | <i>Velocity: Combining Lean, Six Sigma and the Theory of Constraints to Achieve Breakthrough Performance</i> | Jacob, D;<br>Bergland, S;<br>Cox, J    | 2010     | The Free Press        | USA | New York, NY   |
| 115 | 8  | <i>The global manufacturing revolution</i>                                                                   | Koren, Y                               | 2010     | John Wiley & Sons     | USA | Hoboken, NJ    |
| 116 | 9  | <i>Creating a lean culture</i>                                                                               | Mann, D                                | 2005     | Productivity Press    | USA | New York, NY   |
| 117 | 10 | <i>Taiichi Ohno's workplace management</i>                                                                   | Ono, T                                 | 2007     | Gemba Press           | USA | Mukilteo, WA   |
| 118 | 11 | <i>The ultimate improvement cycle</i>                                                                        | Sproull, R                             | 2009     | CRC Press             | USA | Boca Raton, FL |
| 119 | 12 | <i>Design for Six Sigma</i>                                                                                  | Taguchi, S                             | 2003     | Quality Press         | GBR | London         |
| 120 | 13 | <i>The machine that changed the world</i>                                                                    | Womack, J;<br>Jones, D; Roos, D        | 1990     | Rawson Associates     | USA | New York, NY   |
| 121 | 14 | <i>Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development</i>                                               | Yang, K; El-Haik, B                    | 2nd 2009 | McGraw-Hill           | USA | New York, NY   |

|    |   |     |   |                                                                                  |                                      |      |                                                       |                   |                |              |
|----|---|-----|---|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------|-------------------------------------------------------|-------------------|----------------|--------------|
| 22 | 7 | 122 | 1 | <i>Restoring our competitive edge: competing through manufacturing</i>           | Hayes, RH; Wheelwright, SC           | 1984 | Wiley                                                 | USA               | New York, NY   |              |
|    |   | 123 | 2 | <i>Implementing Lean Software Development: From Concept to Cash</i>              | Poppendieck, M; Poppendieck, T       | 2007 | Pearson Education                                     | GBR               | London         |              |
|    |   | 124 | 3 | <i>Green and Competitive: Ending the Stalemat</i>                                | Porter, M; Vander, LC                | 1996 | Business and the Environment, Earth Scan Publications | GBR               | London         |              |
|    |   | 125 | 4 | <i>Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices</i>                   | Rogers, DS; Tibben-Lembke, RS        | 1999 | Reverse Logistics Executive Council                   | USA               | Pittsburgh, PA |              |
|    |   | 126 | 5 | <i>J4000: Implementation of Lean Operation Standard</i>                          |                                      | 1999 | Society of Automotive Engineers                       | USA               | Warrendale, PA |              |
|    |   | 127 | 6 | <i>Interpretive Structural Modeling: Methodology for Large-Scale Systems</i>     | Sage, AP                             | 1977 | McGraw-Hill                                           | USA               | New York, NY   |              |
|    |   | 128 | 7 | <i>Design for Six Sigma: Launching New Products and Services without Failure</i> | Tennant, G                           | 2002 | Gower Publishing                                      | GBR               | Hampshire      |              |
| 23 | 4 | 129 | 1 | <i>Implementing Quality – A Practical Guide to Tools and Techniques</i>          | Basu, R                              | 2004 | Thomson Learning                                      | GBR               |                |              |
|    |   | 130 | 2 | <i>The Team Handbook</i>                                                         | Scholtes, P; Brian, JL; Streibel, BJ | 2003 | Joiner/Oriel Inc                                      | USA               | Madison, WI    |              |
|    |   | 131 | 3 | <i>Six Sigma Demystified: a self-teaching guide</i>                              | Keller, P                            | 2005 | McGraw-Hill                                           | USA               | New York, NY   |              |
|    |   | 132 | 4 | <i>Essentials of Lean Six Sigma</i>                                              | Taghizadegan, S                      | 2006 | Butterworth-Heinemann                                 | GBR               |                |              |
| 24 | 9 | 133 | 1 | <i>Systems Engineering and Analysis</i>                                          | Blanchard, BS; Fabrycky, WJ          | 4th  | 2006                                                  | Pearson Education | USA            | NJ           |
|    |   | 134 | 2 | <i>Design for Six Sigma</i>                                                      | Brue, G; Launsby, R                  |      | 2003                                                  | McGraw-Hill       | USA            | New York, NY |

|    |     |     |                                                                |                                                                                          |                                            |                              |                   |              |                      |
|----|-----|-----|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------|-------------------|--------------|----------------------|
|    | 135 | 3   | <i>Quality Handbook</i>                                        | Juran, JM;<br>Godfrey, AB                                                                | 1999                                       | McGraw-Hill                  | USA               | New York, NY |                      |
|    | 136 | 4   | <i>Systems Engineering Principles and Practice</i>             | Kossiakoff, A;<br>Sweet, WN                                                              | 2003                                       | John Wiley & Sons            | USA               | NJ           |                      |
|    | 137 | 5   | <i>The importance of Modelling and Simulation in DFSS</i>      | Peplinski, J                                                                             | 2004                                       | Statistical Design Institute | USA               | McKinney, TX |                      |
|    | 138 | 6   | <i>Normal Accidents: Living with High-risk technologies</i>    | Perrow, C                                                                                | 1994                                       | Basic Books                  | USA               | New York, NY |                      |
|    | 139 | 7   | <i>Design for Six Sigma</i>                                    | Quinn, D.                                                                                | 2002                                       | Rath and Strong Publishers   | USA               | MA           |                      |
|    | 140 | 8   | <i>The Mechanical Design Process.</i>                          | Ullman, DG                                                                               | 1997                                       | McGraw-Hill                  | USA               | New York, NY |                      |
|    | 141 | 9   | <i>Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development</i> | Yang, K; El-Haik, B                                                                      | 2003                                       | McGraw-Hill                  | USA               | New York, NY |                      |
| 25 | 0   |     |                                                                |                                                                                          |                                            |                              |                   |              |                      |
| 26 | 0   |     |                                                                |                                                                                          |                                            |                              |                   |              |                      |
| 27 | 2   | 142 | 1                                                              | <i>Robust engineering</i>                                                                | Taguchi, G;<br>Chowdhury, S;<br>Taguchi, S | 2000                         | McGraw-Hill       | USA          | New York, NY         |
|    |     | 143 | 2                                                              | <i>Implementing Six Sigma: Smarter solutions using statistical methods</i>               | Breyfogle III, FW                          | 2003                         | John Wiley & Sons | USA          | Hoboken, NJ          |
| 28 | 14  | 144 | 1                                                              | <i>Supply Chain Excellence: A Handbook for Dramatic Improvement Using the SCOR Model</i> | Bolstorff, P;<br>Rosenbaum, R              | 2nd                          | 2007              | Amacom       | USA                  |
|    |     | 145 | 2                                                              | <i>Global Supply Chain Management and International Logistics</i>                        | Branch, AE                                 | 2009                         | Routledge         | USA; GBR     | New York, NY; London |
|    |     | 146 | 3                                                              | <i>Design for Six Sigma</i>                                                              | Brue, G;<br>Launsby, R                     | 2003                         | McGraw-Hill       | USA          |                      |

|    |     |    |                                                                               |                                           |      |                            |     |                |
|----|-----|----|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------|----------------------------|-----|----------------|
|    | 147 | 4  | <i>All About Six Sigma</i>                                                    | Brusse, W                                 | 2006 | McGraw-Hill                | USA |                |
|    | 148 | 5  | <i>The Six Sigma revolution</i>                                               | Eckes, G                                  | 2001 | John Wiley & Sons          | USA | Chichester, NH |
|    | 149 | 6  | <i>Simulation-based Lean Six Sigma and Design for Six Sigma</i>               | El-Haik, B; Al-Aomar, R                   | 2006 | John Wiley & Sons          | USA | New York, NY   |
|    | 150 | 7  | <i>Service Design for Six Sigma</i>                                           | El-Haik, B; Roy, DM                       | 2005 | John Wiley & Sons          | USA | New York, NY   |
|    | 151 | 8  | <i>Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed</i> | George, ML                                | 2003 | McGraw-Hill                | USA |                |
|    | 152 | 9  | <i>Lean Six Sigma for Supply Chain Management. The 10 step solution</i>       | Martin, J                                 | 2007 | McGraw-Hill                | USA |                |
|    | 153 | 10 | <i>Design for Six Sigma</i>                                                   |                                           | 2002 | Rath and Strong Publishers | USA | MA             |
|    | 154 | 11 | <i>Six Sigma Basic Tools and Techniques</i>                                   | Summers, DCS                              | 2007 | Pearson / Prentice Hall    | USA |                |
|    | 155 | 12 | <i>Taguchi's Quality Engineering Handbook</i>                                 | Taguchi, G; Chowdhury, S; Yuin, W         | 2005 | John Wiley & Sons          | USA | NJ             |
|    | 156 | 13 | <i>Voice of the Customer: Capture and Analysis</i>                            | Yang, K                                   | 2008 | McGraw-Hill                | USA | New York, NY   |
|    | 157 | 14 | <i>Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development</i>                | Yang, K; El-Haik, B                       | 2003 | McGraw-Hill                | USA |                |
| 29 | 158 | 1  | <i>The PDMA TOOLBOOK 2 for New Product Development</i>                        | Belliveau, P; Griffin, A; Sommermeyer, SM | 2004 | Hoboken, NJ                | USA | Wiley          |
|    | 159 | 2  | <i>Design for Six Sigma: In Technology and Product Development</i>            | Creveling, CM; Slutsky, JL; Antis Jr; D   | 2003 | Prentice Hall              | USA | NJ             |
|    | 160 | 3  | <i>Axiomatic Quality: Integrating Axiomatic</i>                               | El-Haik, BS                               | 2005 | Wiley-Interscience         | USA | NJ             |

|    |   |     |    |                                                                               |                        |  |      |                               |     |  |                  |  |
|----|---|-----|----|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------|--|------|-------------------------------|-----|--|------------------|--|
|    |   |     |    | <i>Design with six sigma, reliability and quality engineering</i>             |                        |  |      |                               |     |  |                  |  |
|    |   | 161 | 4  | <i>Conquering Complexity in Your Business</i>                                 | George, ML; Wilson, SA |  | 2004 | McGraw-Hill                   |     |  |                  |  |
|    |   | 162 | 5  | <i>Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed</i> | George, ML             |  | 2002 | McGraw-Hill                   |     |  |                  |  |
|    |   | 163 | 6  | <i>The structure of appearance</i>                                            | Goodman, N             |  | 1966 | Bobbs-Merrill                 | USA |  | Indianapolis, IN |  |
|    |   | 164 | 7  | <i>Product Development for the Lean Enterprise</i>                            | Kennedy, MN            |  | 2003 | The Oklea Press               | USA |  | Richmond, VA     |  |
|    |   | 165 | 8  | <i>The Knowledge-Creating Company</i>                                         | Nonaka, I; Takeuchi, H |  | 1995 | Oxford University Press       | USA |  | New York, NY     |  |
|    |   | 166 | 9  | <i>Engineering Design: A systematic approach</i>                              | Pahl, G; Beitz, W      |  | 1996 | Springer                      | USA |  | New York, NY     |  |
|    |   | 167 | 10 | <i>The mathematical theory of communication</i>                               | Shannon, CE; Weaver, W |  | 1949 | Urbana                        |     |  |                  |  |
|    |   | 168 | 11 | <i>The principles of design</i>                                               | Suh, NP                |  | 1990 | Oxford University Press       | USA |  | New York, NY     |  |
|    |   | 169 | 12 | <i>Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development</i>                | Yang, K                |  | 2003 | McGraw-Hill                   | USA |  |                  |  |
| 30 | 0 |     |    |                                                                               |                        |  |      |                               |     |  |                  |  |
|    |   | 170 | 1  | <i>Logistics &amp; Supply Chain Management</i>                                | Christopher, ML        |  | 1992 | Pitman Publishing             | GBR |  | London           |  |
|    |   | 171 | 2  | <i>The Birth of Enterprise 2.0</i>                                            | Rangaswami, MR         |  | 2006 | S.H. Group Ed.                |     |  |                  |  |
| 31 | 4 | 172 | 3  | <i>Design for Six Sigma</i>                                                   | Chowdhury, S           |  | 2002 | Financial Times Prentice Hall |     |  |                  |  |
|    |   | 173 | 4  | <i>Design for Six Sigma for Service</i>                                       | Yang, K                |  | 2005 | McGraw-Hill Education         |     |  |                  |  |
| 32 | 2 | 174 | 1  | <i>Design for Six Sigma: The Revolutionary</i>                                | Chowdhury, S           |  | 2002 | Financial Times Prentice Hall | USA |  |                  |  |

|    |   |     |   |                                                                                                            |                                     |     |      |                                 |     |              |  |
|----|---|-----|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----|------|---------------------------------|-----|--------------|--|
| 33 | 0 | 175 | 2 | <i>Process for Achieving Extraordinary Profits</i>                                                         | Yang, K                             |     | 2005 | McGraw-Hill                     | USA |              |  |
|    |   |     |   | <i>Design for Six Sigma for service</i>                                                                    |                                     |     |      |                                 |     |              |  |
| 34 | 1 | 176 | 1 | <i>Six Sigma: The breakthrough management strategy revolutionising the World's Top Corporation</i>         | Harry, M; Schroeder, R              | 1st | 2000 |                                 |     |              |  |
| 35 | 6 | 177 | 1 | <i>The power of Six Sigma</i>                                                                              | Chowdhury, S                        |     | 2001 | Prentice Hall                   | GBR | London       |  |
|    |   | 178 | 2 | <i>Six Sigma: The breakthrough management strategy revolutionising the World's Top Corporation</i>         | Harry, M; Schroeder, R              | 1st | 2000 | Currency / Doubleday            | USA | New York, NY |  |
|    |   | 179 | 3 | <i>The Six Sigma Way: How GE, Motorola and Other Top Performing Companies are Honing Their Performance</i> | Pande, PS; Neuman, RP; Cavanagh, RR |     | 2000 | McGraw-Hill                     | USA | New York, NY |  |
|    |   | 180 | 4 | <i>Six Sigma for Quality and Productivity Promotion</i>                                                    | Park, SH                            |     | 2003 | Asian Productivity Organization | JPN | Tokyo        |  |
|    |   | 181 | 5 | <i>Design for Six Sigma: Launching New Products and Services without Failure</i>                           | Tennant, G                          |     | 2002 | Gower Publishing                | USA |              |  |
|    |   | 182 | 6 | <i>Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development</i>                                             | Yang, K; El-Haik, B                 |     | 2003 | McGraw-Hill                     | USA |              |  |
| 36 | 8 | 183 | 1 | <i>Social Research Methods</i>                                                                             | Bryman, A                           |     | 2001 | Oxford University Press         | USA | New York, NY |  |

|    |   |     |   |                                                                                                                   |                                               |     |      |                           |     |                        |
|----|---|-----|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----|------|---------------------------|-----|------------------------|
| 37 | 6 | 184 | 2 | <i>Design for Six Sigma: The Revolutionary Process for Achieving Extraordinary Profits</i>                        | Chowdhury, S                                  |     | 2002 | Dearborn Trade Publishing | USA | Chicago, IL            |
|    |   | 185 | 3 | <i>Design for six sigma in technology and product development</i>                                                 | Creveling, CM;<br>Slutsky, JL;<br>Antis Jr, D |     | 2003 | Prentice Hall             | USA | Upper Saddle River, NJ |
|    |   | 186 | 4 | <i>Design for Six Sigma: A holistic approach to design and Innovation</i>                                         | Jugulum, R;<br>Samuel, P                      |     | 2008 | John Wiley & Sons         | USA | Hoboken, NJ            |
|    |   | 187 | 5 | <i>The Toyota Product Development System</i>                                                                      | Morgan, JM;<br>Liker, JK                      |     | 2006 | Productivity Press        | USA | New York, NY           |
|    |   | 188 | 6 | <i>Design for Six Sigma: Launching New Products and Services without Failure</i>                                  | Tennant, G                                    |     | 2002 | Gower Publishing          | GBR | Aldershot              |
|    |   | 189 | 7 | <i>The machine that changed the world</i>                                                                         | Womack, J;<br>Jones, D; Roos, D               |     | 1990 | Rawson Associates         | USA | New York, NY           |
|    |   | 190 | 8 | <i>Case Study Research - Design and Methods</i>                                                                   | Yin, RK                                       | 2nd | 1994 | Sage Publications         | USA | Thousand Oaks, CA      |
|    |   | 191 | 1 | <i>Design for Six Sigma: The Revolutionary Process for Achieving Extraordinary Profits</i>                        | Chowdhury, S                                  |     | 2002 | Dearborn Trade Publishing | USA |                        |
|    |   | 192 | 2 | <i>Managing Customer Value</i>                                                                                    | Gale, BT                                      |     | 1994 | The Free Press            | USA |                        |
|    |   | 193 | 3 | <i>Lean Six Sigma for Service: How to use lean speed and Six Sigma quality to improve service and transaction</i> | George, M                                     |     | 2003 | McGraw-Hill               | USA | New York, NY           |
|    |   | 194 | 4 | <i>The toyota way</i>                                                                                             | Liker, JK                                     |     | 2004 | McGraw-Hill               | USA | New York, NY           |
|    |   | 195 | 5 | <i>The machine that changed the world</i>                                                                         | Womack, J;<br>Jones, D; Roos, D               |     | 1990 | Rawson Associates         | USA | New York, NY           |

|    |   |     |   |                                                                                                            |                                      |     |      |                              |     |                        |
|----|---|-----|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----|------|------------------------------|-----|------------------------|
| 38 | 5 | 196 | 6 | <i>Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development</i>                                             | Yang, K; El-Haik, B                  |     | 2003 | McGraw-Hill                  | USA | New York, NY           |
|    |   | 197 | 1 | <i>Software Design for Six Sigma: a roadmap for excellence</i>                                             | Basem, H; Shaout, A                  |     | 2010 | John Wiley & Sons            | USA |                        |
|    |   | 198 | 2 | <i>Design for Six Sigma in Product and Service Development: Applications and Case Studies</i>              | Cudney, EA; Furterer, SL             |     | 2012 | Taylor & Francis Group       | USA |                        |
|    |   | 199 | 3 | <i>Applying Design for Six Sigma to Software and Hardware Systems</i>                                      | Maass, E; McNair, PD                 |     | 2010 | Pearson Education            | USA |                        |
|    |   | 200 | 4 | <i>The Six Sigma Way: How GE, Motorola and Other Top Performing Companies are Honing Their Performance</i> | Pande, PS; Neuman, RP; Cavanagh, RR  |     | 2000 | McGraw-Hill                  | USA |                        |
| 39 | 6 | 201 | 5 | <i>The Six Sigma Handbook</i>                                                                              | Pyzdek, T; Keller, P                 |     | 2010 | McGraw-Hill                  | USA |                        |
|    |   | 202 | 1 | <i>Curing health care: new strategies for quality improvement</i>                                          | Berwick, DM; Godfrey, A; Roessner, J |     | 1990 | Jossey-Bass                  | USA | San Francisco, CA      |
|    |   | 203 | 2 | <i>Advancing Quality Improvement Research: Challenges and Opportunities</i>                                | Chao, S                              |     | 2007 | The National Academies Press | USA | Washington, DC         |
|    |   | 204 | 3 | <i>The Six Sigma revolution</i>                                                                            | Eckes, G                             |     | 2001 | John Wiley & Sons            | USA | New York, NY           |
|    |   | 205 | 4 | <i>Juran on leadership for quality</i>                                                                     | Juran, JM                            |     | 1988 | The Free Press               | USA | New York, NY           |
|    |   | 206 | 5 | <i>Juran's quality control handbook</i>                                                                    | Juran, JM; Godfrey, AB               | 5th | 1988 | McGraw-Hill                  | USA | New York, NY           |
|    |   | 207 | 6 | <i>Six Sigma beyond the factory floor: deployment strategies for financial services,</i>                   | Snee, RO; Hoerl, RW                  |     | 2003 | Prentice Hall                | USA | Upper Saddle River, NJ |

|    |    |     |    |                                                                                                                                               |                                            |                                                                                                           |      |                                                                      |     |                   |
|----|----|-----|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------------------------------------------------|-----|-------------------|
|    |    |     |    | healthcare and the rest<br>of the real economy                                                                                                |                                            |                                                                                                           |      |                                                                      |     |                   |
| 40 | 0  |     |    |                                                                                                                                               |                                            |                                                                                                           |      |                                                                      |     |                   |
|    |    | 208 | 1  | Implementing Six Sigma:<br>Smarter solutions using<br>statistical methods                                                                     | Breyfogle III,<br>FW                       |                                                                                                           | 1999 | John Wiley & Sons                                                    | USA | New York, NY      |
|    |    | 209 | 2  | Multiple criteria<br>problem solving                                                                                                          | Zionts, S                                  | The interactive<br>surrogate worth<br>trade-off (ISWT)<br>method for<br>multiobjective<br>decision making | 1977 | Springer-Verlag                                                      | DEU |                   |
|    |    | 210 | 3  | Multiobjective decision<br>making: Theory and<br>methodology                                                                                  | Chankong, V;<br>Haimes, YY                 |                                                                                                           | 1983 | Elsevier Science<br>Publishers                                       | NLD |                   |
|    |    | 211 | 4  | Design for Six Sigma in<br>Technology and Product<br>Development                                                                              | Creveling, CM;<br>Slutscky, J;<br>Antis, D |                                                                                                           | 2003 | Prentice Hall                                                        | USA | NJ                |
| 41 | 11 | 212 | 5  | Simulation Modeling<br>and analysis                                                                                                           | Law, AM;<br>Kelton, WD                     |                                                                                                           | 1982 | McGraw-Hill                                                          | USA | New York, NY      |
|    |    | 213 | 6  | Introduction to<br>reliability engineering                                                                                                    | Lewis, EE                                  | 2nd                                                                                                       | 1996 | John Wiley & Sons                                                    | USA |                   |
|    |    | 214 | 7  | Nonlinear multiobjective<br>optimization                                                                                                      | Miettinen, K.                              |                                                                                                           | 1999 | Kluwer                                                               | USA | Boston, MA        |
|    |    | 215 | 8  | Compromise decision<br>support problem and the<br>adaptive linear<br>programming algorithm.<br>Structural optimization:<br>Status and promise | Mistree, F;<br>Hughes, OF;<br>Bras, B      |                                                                                                           | 1993 | Progress in<br>Astronautics and<br>aeronautics<br>american institute | USA | Washington,<br>DC |
|    |    | 216 | 9  | Quality engineering<br>using robust design                                                                                                    | Phadke, MS                                 |                                                                                                           | 1989 | Prentice Hall                                                        | USA | NJ                |
|    |    | 217 | 10 | Sensitivity analysis                                                                                                                          | Saltelli, A;<br>Chan, K; Scott,<br>EM      |                                                                                                           | 2000 | John Wiley & Sons                                                    | GBR |                   |

|    |    |     |    |                                                                                                            |                                           |     |      |                           |     |                      |
|----|----|-----|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----|------|---------------------------|-----|----------------------|
| 42 | 11 | 218 | 11 | <i>Taguchi on robust technology development: bringing quality engineering upstream</i>                     | Taguchi, G                                |     | 1993 | ASME Press                | USA | New York, NY         |
|    |    | 219 | 1  | <i>Statistical Models in Engineering</i>                                                                   | Hahn, GJ;<br>Shapiro, SS                  |     | 1994 | John Wiley & Sons         | USA | New York, NY         |
|    |    | 220 | 2  | <i>Monte Carlo Methods</i>                                                                                 | Hammersley, JM;<br>Handscomb, DC          |     | 1964 | Chapman & Hall            | GBR | London               |
|    |    | 221 | 3  | <i>The nature of Six Sigma Quality</i>                                                                     | Harry, MJ                                 |     | 1997 | Motorola University Press | USA | Shaumburg, IL        |
|    |    | 222 | 4  | <i>Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations</i>        | Harry, MJ;<br>Schroeder, R                |     | 2000 | Doubleday                 | USA | New York, NY         |
|    |    | 223 | 5  | <i>Methods of Structural Safety</i>                                                                        | Madsen, HO;<br>Krenk, S; Lind, NC         |     | 1986 | Prentice Hall             | USA | Englewood Cliffs, NJ |
|    |    | 224 | 6  | <i>Structural Reliability: Analysis and Prediction</i>                                                     | Melchers, RE                              | 2nd | 1999 | John Wiley & Sons         | USA | New York, NY         |
|    |    | 225 | 7  | <i>Design and Analysis of Experiments</i>                                                                  | Montgomery, DC                            | 7th | 2009 | John Wiley & Sons         | USA | New York, NY         |
|    |    | 226 | 8  | <i>The Six Sigma Way: How GE, Motorola and Other Top Performing Companies are Honing Their Performance</i> | Pande, PS;<br>Neuman, RP;<br>Cavanagh, RR |     | 2000 | McGraw-Hill               | USA | New York, NY         |
|    |    | 227 | 9  | <i>Quality Engineering using robust design</i>                                                             | Pradke, MS                                |     | 1989 | Prentice Hall             | USA | Englewood Cliffs, NJ |
|    |    | 228 | 10 | <i>Taguchi techniques for quality engineering</i>                                                          | Ross, PJ                                  | 2nd | 1996 | McGraw-Hill               | USA | New York, NY         |
|    |    | 229 | 11 | <i>Structural Reliability: Theory and Its Applications</i>                                                 | Thoft-Christensen, P;<br>Baker, MJ        |     | 1982 | Springer-Verlag           | DEU | Berlin               |

|    |    |     |   |                                                                                                                                         |                                            |     |      |                                      |     |               |
|----|----|-----|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----|------|--------------------------------------|-----|---------------|
| 43 | 1  | 230 | 1 | <i>Six Sigma Basic Tools and Techniques</i>                                                                                             | Summers, DCS                               |     | 2007 | Pearson Prentice Hall                | USA |               |
|    |    | 231 | 1 | <i>Managing six sigma: a practical guide to understanding, assessing, and implementing the strategy that yields bottom-line success</i> | Breyfogle III, FW; Cupello, JM; Meadows, B | 1st | 2001 | John Wiley & Sons                    | USA | New York, NY  |
|    |    | 232 | 2 | <i>The Six Sigma revolution</i>                                                                                                         | Eckes, G                                   |     | 2001 | John Wiley & Sons                    | USA | New York, NY  |
| 44 | 4  | 233 | 3 | <i>Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations</i>                                     | Harry, MJ; Schroeder, R                    |     | 2000 | Currency                             | USA | New York, NY  |
|    |    | 234 | 4 | <i>The Six Sigma Way: How GE, Motorola and Other Top Performing Companies are Honing Their Performance</i>                              | Pande, PS; Neuman, RP; Cavanagh, RR        |     | 2000 | McGraw-Hill                          | USA | New York, NY  |
|    |    | 235 | 1 | <i>On Purposeful Systems: An Interdisciplinary Analysis of Individual and Social Behavior as a System of Purposeful Events</i>          | Ackoff, RL; Emery, FE                      |     | 1972 | Aldine-Atheron Transaction Publisher | USA | Chicago, IL   |
| 45 | 54 | 236 | 2 | <i>Hoshin Kanri</i>                                                                                                                     | Akao, Y                                    |     | 1991 | Productivity Press                   | USA | Cambridge, MA |
|    |    | 237 | 3 | <i>Guide to the Quality Body of Knowledge (QBOK)</i>                                                                                    |                                            |     | 2009 | ASQ Quality Press                    | USA | Milwaukee, WI |
|    |    | 238 | 4 | <i>Novum Organum</i>                                                                                                                    | Bacon, F                                   |     | 1620 | Oxford University Press              | GBR | Oxford        |
|    |    | 239 | 5 | <i>Statistics for experimenters</i>                                                                                                     | Box, GEP, Hunter, W                        | 2nd | 2005 | John Wiley & Sons                    | USA | New York, NY  |

|     |    |                                                                                            |                                         |     |      |                           |     |                        |
|-----|----|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----|------|---------------------------|-----|------------------------|
| 240 | 6  | <i>Implementing Six Sigma: Smarter solutions using statistical methods</i>                 | Breyfogle III, FW                       |     | 1999 | John Wiley & Sons         | USA | New York, NY           |
| 241 | 7  | <i>Design for Six Sigma</i>                                                                | Brue, G; Launsby, R                     |     | 2002 | McGraw-Hill               | USA | New York, NY           |
| 242 | 8  | <i>Design for Six Sigma: the Revolutionary Process for Achieving Extraordinary Profits</i> | Chowdhury, S                            |     | 2002 | Dearborn Trade Publishing | USA | Dearborn, MI           |
| 243 | 9  | <i>The power of Six Sigma</i>                                                              | Chowdhury, S                            |     | 2001 | Dearborn Trade Publishing | USA | Dearborn, MI           |
| 244 | 10 | <i>Wining at New Products</i>                                                              | Cooper, R                               |     | 1985 | Perseus Books             | USA | Cambridge, MA          |
| 245 | 11 | <i>New Products Management</i>                                                             | Crawford, C; Di Benedetto, A            | 9th | 2008 | McGraw-Hill               | USA | New York, NY           |
| 246 | 12 | <i>Design for six sigma in tecnhology and product development</i>                          | Creveling, CM; Slutsky, JL; Antis Jr, D |     | 2003 | Prentice Hall             | USA | Upper Saddle River, NJ |
| 247 | 13 | <i>Out of the Crisis</i>                                                                   | Deming, WE                              |     | 1986 | MIT Press                 | USA | Cambridge, MA          |
| 248 | 14 | <i>The New Economics</i>                                                                   | Deming, WE                              |     | 1993 | MIT Press                 | USA | Cambridge, MA          |
| 249 | 15 | <i>An Introduction to Six Sigma and Process Improvement</i>                                | Evans, J; Lindsay, W                    |     | 2005 | Southwestern              | USA | Mason, OH              |
| 250 | 16 | <i>Industrial Dynamics</i>                                                                 | Forester, J                             |     | 1961 | Pegasus Communications    | USA | Waltham, MA            |
| 251 | 17 | <i>The principles of systems</i>                                                           | Forester, J                             | 2nd | 1968 | Productivity Press        | USA | Portland, OR           |
| 252 | 18 | <i>Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed</i>              | George, ML                              |     | 2001 | McGraw-Hill               | USA | New York, NY           |
| 253 | 19 | <i>Practical Experimental Design</i>                                                       | Harry, MJ                               |     | 1985 | Research Dynamics         | USA | Tempe, AZ              |

|     |    |                                                                                                     |                                   |     |      |                       |     |                      |
|-----|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----|------|-----------------------|-----|----------------------|
| 254 | 20 | <i>The vision of Six Sigma</i>                                                                      | Harry, MJ                         | 3rd | 1993 | Six Sigma Academy     | USA | Scottsdale, AZ       |
| 255 | 21 | <i>The vision of Six Sigma</i>                                                                      | Harry, MJ                         | 5th | 1997 | Six Sigma Academy     | USA | Scottsdale, AZ       |
| 256 | 22 | <i>Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations</i> | Harry, MJ; Schroeder, R           |     | 2000 | Doubleday             | USA | New York, NY         |
| 257 | 23 | <i>The QC Problem-solving Approach: solving workplace problems the japanese way</i>                 | Hosotani, K                       |     | 1989 | 3A Publications       | JPN | Tokyo                |
| 258 | 24 | <i>How to make TQC more than just a slogan</i>                                                      | Ikezawa, T                        |     | 1970 | PHP Press             | JPN | Tokyo                |
| 259 | 25 | <i>What is Total Quality Control? The Japanese Way</i>                                              | Ishikawa, K                       |     | 1985 | Prentice Hall         | USA | Englewood Cliffs, NJ |
| 260 | 26 | <i>Managerial Breakthrough</i>                                                                      | Juran, JM                         |     | 1968 | McGraw-Hill           | USA | New York, NY         |
| 261 | 27 | <i>Quality Control Handbook</i>                                                                     | Juran, JM                         | 3rd | 1974 | McGraw-Hill           | USA | New York, NY         |
| 262 | 28 | <i>Juran on Quality by Design</i>                                                                   | Juran, JM                         |     | 1992 | The Free Press        | USA | New York, NY         |
| 263 | 29 | <i>Task Achieving QC Story for QC Circles</i>                                                       | Kano, N                           |     | 1993 | JUSE Press            | JPN | Tokyo                |
| 264 | 30 | <i>Task Achieving QC Story for QC Circles</i>                                                       | Kano, N; Ando, Y; Eiga, T         |     | 1997 | JUSE Press            | JPN | Tokyo                |
| 265 | 31 | <i>The certified Six Sigma Black Belt handbook</i>                                                  | Kubiak, TM; Benbow, D             | 2nd | 2009 | ASQ Quality Press     | USA | Milwaukee, WI        |
| 266 | 32 | <i>Statistical Methods for Quality Improvement</i>                                                  | Kume, H                           |     | 1985 | 3A Publications       | JPN | Tokyo                |
| 267 | 33 | <i>Product Development: Success through Product</i>                                                 | McGrath, M; Antony, M; Shapiro, A |     | 1992 | Butterworth-Heinemann | USA | Stoneham, MA         |

|     |    |                                                                                                          |                                                                     |      |                              |     |                        |  |
|-----|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------|------------------------------|-----|------------------------|--|
|     |    | <i>and cycle-time Excellence</i>                                                                         |                                                                     |      |                              |     |                        |  |
| 268 | 34 | <i>The Japan that can say no</i>                                                                         | Morita, A;<br>Ishihara, S                                           | 1991 | Simon and Schuster           | USA | New York, NY           |  |
| 269 | 35 | <i>Design for Manufacturability</i>                                                                      |                                                                     | 1990 | Motorola University Press    | USA | Schaumburg, IL         |  |
| 270 | 36 | <i>The certified Six Sigma Green Belt handbook</i>                                                       | Munro, R;<br>Maio, M;<br>Nawaz, M;<br>Goindarajan, R;<br>Zrymiak, D | 2003 | ASQ Quality Press            | USA | Milwaukee, WI          |  |
| 271 | 37 | <i>Robust Design for Quality Engineering and Six Sigma</i>                                               | Park, SH;<br>Antony, Jiju                                           | 2008 | World Scientific Publishing  | USA | New York, NY           |  |
| 272 | 38 | <i>Machine/Process Capability Study: A Five-stage Methodology for Optimizing Manufacturing Processes</i> | Perez-Wilson, M                                                     | 1989 | Advanced Systems Consultants | USA | Phoenix, AZ            |  |
| 273 | 39 | <i>Concurrent Engineering Fundamentals: Integrated Product and process organization</i>                  | Prasad, B                                                           | 1996 | Prentice Hall                | USA | Upper Saddle River, NJ |  |
| 274 | 40 | <i>Concurrent Engineering Fundamentals: Integrated Product Development</i>                               | Prasad, B                                                           | 1996 | Prentice Hall                | USA | Upper Saddle River, NJ |  |
| 275 | 41 | <i>The Six Sigma Handbook: A complete guide for green belts, black belts and managers at all levels</i>  | Pyzdek, T                                                           | 2001 | McGraw-Hill                  | USA | New York, NY           |  |
| 276 | 42 | <i>The fifth discipline: the art and practice of the learning organization</i>                           | Senge, P                                                            | 1990 | Doubleday                    | USA | New York, NY           |  |

|    |   |     |    |                                                                                             |                                |     |      |                    |     |                      |
|----|---|-----|----|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----|------|--------------------|-----|----------------------|
|    |   | 277 | 43 | <i>An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations</i>                       | Smith, A                       |     | 1776 | Princeton Review   | USA | Princeton, NJ        |
|    |   | 278 | 44 | <i>The principles of Scientific Management</i>                                              | Taylor, F                      |     | 1911 | Dover Publications | USA | Mineola, NY          |
|    |   | 279 | 45 | <i>Design for Six Sigma: Launching New Products and Services without Failure</i>            | Tennant, G                     |     | 2002 | Gower Publishing   | GBR | Aldershot            |
|    |   | 280 | 46 | <i>Product Design and Development</i>                                                       | Ulrich, K; Eppinger, S         | 2nd | 1995 | McGraw-Hill        | USA | New York, NY         |
|    |   | 281 | 47 | <i>General System Theory: Foundations, Development, Applications</i>                        | von Bertalanffy, L             |     | 1968 | George Braziler    | USA | New York, NY         |
|    |   | 282 | 48 | <i>Marketing R&amp;D Concepts to the navy</i>                                               | Watson, G                      |     | 1985 | Continental Press  | USA | Washington, DC       |
|    |   | 283 | 49 | <i>Business Systems Engineering</i>                                                         | Watson, G                      |     | 1994 | John Wiley & Sons  | USA | New York, NY         |
|    |   | 284 | 50 | <i>Six Sigma for Business Leaders</i>                                                       | Watson, G                      |     | 2003 | GOAL/QPC           | USA | Salem, NH            |
|    |   | 285 | 51 | <i>Design for Six Sigma: Innovation for enhanced competitiveness</i>                        | Watson, G                      |     | 2005 | GOAL/QPC           | USA | Salem, NH            |
|    |   | 286 | 52 | <i>Revolutionizing Product Development: Quantum Leaps in Speed, Efficiency, and Quality</i> | Wheelwright, S; Clark, K       |     | 1992 | The Free Press     | USA | New York, NY         |
|    |   | 287 | 53 | <i>Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development</i>                              | Yang, K; El-Haik, B            |     | 2003 | McGraw-Hill        | USA | New York, NY         |
|    |   | 288 | 54 | <i>The Design for Six Sigma Memory Jogger</i>                                               | Ginn, D; Streibel, B           |     | 2003 | McGraw-Hill        | USA | New York, NY         |
| 46 | 4 | 289 | 1  | <i>Methods of Structural Safety</i>                                                         | Madsen, HO; Krenk, S; Lind, NC |     | 1986 | Prentice Hall      | USA | Englewood Cliffs, NJ |

|    |   |     |   |                                                                                                                   |                                         |     |      |                             |     |                 |
|----|---|-----|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----|------|-----------------------------|-----|-----------------|
|    |   | 290 | 2 | <i>Structural Reliability: Analysis and Prediction</i>                                                            | Melchers, RE                            |     | 1987 | Ellis Horwood Limited       | USA | New York, NY    |
|    |   | 291 | 3 | <i>Quality Engineering in Production Systems</i>                                                                  | Taguchi, G;<br>Elsayed, E;<br>Hsiang, T |     | 1989 | McGraw-Hill                 | USA | New York, NY    |
|    |   | 292 | 4 | <i>Design for Six Sigma: Launching New Products and Services without Failure</i>                                  | Tennant, G                              |     | 2002 | Gower                       | GBR | Hampshire       |
|    |   | 293 | 1 | <i>And Suddenly the Inventor Appeared: Triz, the Theory of Inventive Problem Solving</i>                          | Altshuller, G                           | 2nd | 1996 | Technical Innovation Center | USA | Worschester, MA |
| 47 | 3 | 294 | 2 | <i>Serious Creativity: Using the power of Lateral Thinking to create new ideas</i>                                | De Bono, E                              |     | 1992 | Harper Business             | USA | New York, NY    |
|    |   | 295 | 3 | <i>Total Design: Integrated Methods for Successful Product Engineering</i>                                        | Pugh, S                                 |     | 1991 | Addison-Wesley Publishers   | GBR | Boston, MA      |
|    |   | 296 | 1 | <i>Design for Six Sigma: the Revolutionary Process for Achieving Extraordinary Profits</i>                        | Chowdhury, S                            |     | 2002 | Kaplan publishing           | USA |                 |
|    |   | 297 | 2 | <i>The Six Sigma revolution</i>                                                                                   | Eckes, G                                |     | 2001 | John Wiley & Sons           | USA | Chichester, NH  |
| 48 | 8 | 298 | 3 | <i>Lean Six Sigma for Service: How to use lean speed and Six Sigma quality to improve service and transaction</i> | George, M                               |     | 2003 | McGraw-Hill                 | USA | New York, NY    |
|    |   | 299 | 4 | <i>Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed</i>                                     | George, ML                              |     | 2002 | McGraw-Hill                 | USA | New York, NY    |
|    |   | 300 | 5 | <i>Service Design for Six Sigma</i>                                                                               | El-Haik, B;<br>Roy, DM                  |     | 2005 | John Wiley & Sons           | USA | New York, NY    |

|    |   |     |   |                                                                                                                                                     |                                      |                                                           |      |                                 |     |              |
|----|---|-----|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------|---------------------------------|-----|--------------|
| 49 | 9 | 301 | 6 | <i>The Six Sigma Handbook: A complete guide for green belts, black belts and managers at all levels</i>                                             | Pyzdek, T                            |                                                           | 2003 | McGraw-Hill                     | USA | New York, NY |
|    |   | 302 | 7 | <i>Design for Six Sigma</i>                                                                                                                         |                                      |                                                           | 2002 | Rath and Strong Publishers      | USA | MA           |
|    |   | 303 | 8 | <i>Leading Six Sigma: A Step-by-Step Guide Based on Experience with GE and Other Six Sigma Companies</i>                                            | Snee, RO; Hoerl, RW                  |                                                           | 2003 | Prentice Hall                   | USA |              |
|    |   | 304 | 1 | <i>The Customer Driven Approach to Quality Planning and Deployment</i>                                                                              | Akao, Y; Mizuno, S                   | <i>Development History of Quality Function Deployment</i> | 1994 | Asian Productivity Organization | JPN |              |
|    |   | 305 | 2 | <i>Design for Six Sigma</i>                                                                                                                         | Brue, G; Launsby, R                  |                                                           | 2002 | McGraw-Hill                     | USA |              |
|    |   | 306 | 3 | <i>What is Design for Six Sigma</i>                                                                                                                 | Cavanagh, RR; Neuman, RP; Pande, PS  |                                                           | 2005 | McGraw-Hill                     | USA |              |
|    |   | 307 | 4 | <i>Design for Six Sigma in Product and Service Development: Applications and Case Studies</i>                                                       | Cudney, EA; Furterer, SL             |                                                           | 2012 | Taylor & Francis Group          | USA |              |
|    |   | 308 | 5 | <i>Service Design for Six Sigma</i>                                                                                                                 | El-Haik, B; Roy, DM                  |                                                           | 2005 | John Wiley & Sons               | USA |              |
|    |   | 309 | 6 | <i>Design for Six Sigma for Green Belts and Champions: Applications for Service Operations – Foundations, Tools, DMADV, Cases and Certification</i> | Gitlow, HS; Levine, DM; Popovich, EA |                                                           | 2006 | Pearson / Prentice Hall         | USA |              |

|    |    |     |    |                                                                                             |                                               |     |      |                             |     |               |
|----|----|-----|----|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----|------|-----------------------------|-----|---------------|
| 50 | 15 | 310 | 7  | <i>The Sage Handbook of Action Research: Participative Inquiry and Practice</i>             | Reason, P;<br>Bradbury, H                     | 2nd | 2008 | Sage Publications           | GBR |               |
|    |    | 311 | 8  | <i>Product Design and Development</i>                                                       | Ulrich, K;<br>Eppinger, S                     | 3rd | 2004 | McGraw-Hill                 | USA |               |
|    |    | 312 | 9  | <i>Design for Six Sigma for service</i>                                                     | Yang, K                                       |     | 2005 | McGraw-Hill Education       | USA |               |
|    |    | 313 | 1  | <i>Marketing services – competing through quality</i>                                       | Berry, LL;<br>Parasuraman, A                  |     | 1991 | The Free Press              | USA | New York, NY  |
|    |    | 314 | 2  | <i>Outsourcing: the definitive view, applications, and implications</i>                     | Burkholder, NC                                |     | 2006 | John Wiley & Sons           | USA | Hoboken, NJ   |
|    |    | 315 | 3  | <i>Lean Manufacturing that works</i>                                                        | Carreira, B                                   |     | 2005 | Amacom                      | USA | New York, NY  |
|    |    | 316 | 4  | <i>Group techniques for program planning: a guide to nominal group and Delphi processes</i> | Delbecq, A;<br>Van de Ven, A;<br>Gustafson, D |     | 1975 | Scott, Foresman and Company | USA | Glenview, IL  |
|    |    | 317 | 5  | <i>Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century</i>                         | Elkington, J                                  |     | 1997 | Capstone Publishing         | GBR | Oxford        |
|    |    | 318 | 6  | <i>Systems thinking: managing chaos and complexity</i>                                      | Gharajedaghi, J                               |     | 2006 | Butterworth-Heinemann       | USA | Boston, MA    |
|    |    | 319 | 7  | <i>Applied general systems theory.</i>                                                      | Gigch, JP                                     |     | 1978 | Harper & Row                | USA | New York, NY  |
|    |    | 320 | 8  | <i>Competing on quality and environment</i>                                                 | Madu, CN                                      |     | 2004 | Chi Publishers              | USA | Fairfield, CT |
|    |    | 321 | 9  | <i>House of quality in a minute</i>                                                         | Madu, CN                                      |     | 2006 | Chi Publishers              | USA | Fairfield, CT |
|    |    | 322 | 10 | <i>ERP and supply chain management</i>                                                      | Madu, CN                                      |     | 2004 | Chi Publishers              | USA | Fairfield, CT |

|    |   |     |    |                                                                                                            |                                       |                                                            |                            |      |                          |     |                |
|----|---|-----|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------|------|--------------------------|-----|----------------|
|    |   | 323 | 11 | <i>Gower handbook of supply chain management</i>                                                           | Gattorna, JL; Ogulin, R; Reynolds, MW | <i>Emerging requirements for networked supply chains</i>   | Ogulin, R                  | 2003 | Gower Publishing         | USA | Burlington, VT |
|    |   | 324 | 12 | <i>The Six Sigma Handbook: A complete guide for green belts, black belts and managers at all levels</i>    | Pyzdek, T                             |                                                            |                            | 2003 | McGraw-Hill              | USA | New York, NY   |
|    |   | 325 | 13 | <i>The analytic hierarchy process</i>                                                                      | Saaty, TL                             |                                                            |                            | 1980 | McGraw-Hill              | USA | New York, NY   |
|    |   | 326 | 14 | <i>Theory and applications of the analytic network process</i>                                             | Saaty, TL                             |                                                            |                            | 2005 | RWS Publications         | USA | Pittsburg, PA  |
|    |   | 327 | 15 | <i>Decision making with the analytic network process</i>                                                   | Saaty, TL; Vargas, LG                 |                                                            |                            | 2006 | Springer                 | USA | New York, NY   |
| 51 | 2 | 328 | 1  | <i>Engines of tomorrow: How the World's Best Companies are Using Their Research Labs to Win the Future</i> | Buderi, R                             |                                                            |                            | 2001 | Simon and Schuster       |     |                |
|    |   | 329 | 2  | <i>Design for Six Sigma: Launching New Products and Services without Failure</i>                           | Tennant, G                            |                                                            |                            | 2002 | Gower Publishing Limited |     |                |
| 52 | 4 | 330 | 1  | <i>Multi-Objective Optimization using Evolutionary Algorithms</i>                                          | Deb, K                                |                                                            |                            | 2001 | Wiley                    | GBR | Chichester     |
|    |   | 331 | 2  | <i>Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning</i>                                     | Goldberg, DE                          |                                                            |                            | 1989 | Addison-Wesley Longman   | USA | Reading, MA    |
|    |   | 332 | 3  | <i>Foundations of Genetic Algorithms 2</i>                                                                 | Whitley, LD                           | <i>Real-coded Genetic Algorithms and Interval Schemata</i> | Eshelman, LJ; Schaffer, JD | 1993 | Morgan Kaufmann          | USA | San Mateo, CA  |
|    |   | 333 | 4  | <i>Foundations of Genetic Algorithms</i>                                                                   | Whitley, LD                           | <i>The CHC Adaptive Search Algorithm:</i>                  | Eshelman, LJ               | 1991 | Morgan Kaufmann          | USA | San Mateo, CA  |

|    |   |     |   |                                                                                                                                   |                                  |      |               |     |                         |
|----|---|-----|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------|---------------|-----|-------------------------|
|    |   |     |   | <i>How to Have Safe<br/>When Engaging in<br/>Nontraditional<br/>Genetic<br/>Recombination</i>                                     |                                  |      |               |     |                         |
| 53 | 7 | 334 | 1 | <i>Systems Engineering:<br/>Architecture and Design</i>                                                                           | Beam, WR                         | 1990 | McGraw-Hill   |     |                         |
|    |   | 335 | 2 | <i>Systems Engineering<br/>Tools</i>                                                                                              | Chestnut, H                      | 1965 | Wiley         |     |                         |
|    |   | 336 | 3 | <i>Systems Engineering for<br/>commercial aircraft</i>                                                                            | Jackson, S                       | 1997 | Ashgate       |     |                         |
|    |   | 337 | 4 | <i>Systems Engineering: a<br/>unifying approach in<br/>industry and society</i>                                                   | Jenkins, GM;<br>Youle, PV        | 1971 | C. A. Watts   |     |                         |
|    |   | 338 | 5 | <i>Systems Engineering<br/>Management: Achieving<br/>Total Quality</i>                                                            | Lacy, JA                         | 1992 | McGraw-Hill   |     |                         |
|    |   | 339 | 6 | <i>Systems Engineering</i>                                                                                                        | Sage, AP                         | 1992 | Wiley         |     |                         |
|    |   | 340 | 7 | <i>Introduction to Systems<br/>Engineering</i>                                                                                    | Sage, AP;<br>Armstrong, JE       | 2000 | Wiley         |     |                         |
| 54 | 1 | 341 | 1 | <i>Quality engineering<br/>using robust design</i>                                                                                | Phadke, MS                       | 1989 | Prentice Hall | USA | Englewood<br>Cliffs, NJ |
| 55 | 4 | 342 | 1 | <i>Lean Six Sigma for<br/>Service: How to use lean<br/>speed and Six Sigma<br/>quality to improve<br/>service and transaction</i> | George, M                        | 2003 | McGraw-Hill   | USA |                         |
|    |   | 343 | 2 | <i>Digital Virtual<br/>Consumption</i>                                                                                            | Denegriknot, J;<br>Molesworth, M | 2012 | Routledge     | GBR |                         |
|    |   | 344 | 3 | <i>Wikinomics: How Mass<br/>Collaboration Changes<br/>Everything</i>                                                              | Tapscott, D;<br>Williams, AD     |      |               |     |                         |
|    |   |     |   | <i>A history of the<br/>digitalization of<br/>consumer culture:<br/>From Amazon<br/>through Pirate Bay<br/>to FarmVille</i>       |                                  |      |               |     |                         |
|    |   |     |   | Lehdonvirta, V                                                                                                                    |                                  |      |               |     |                         |

|    |    |     |    |                                                                                                            |                                      |     |      |                                  |     |                        |
|----|----|-----|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----|------|----------------------------------|-----|------------------------|
|    |    | 345 | 4  | <i>Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development</i>                                             | Yang, K; El-Haik, B                  | 2nd | 2003 | McGraw-Hill                      | USA |                        |
|    |    | 346 | 1  | <i>Quality from customer needs to customer satisfaction</i>                                                | Bergman, B; Klefsjo, B               | 2nd | 2002 | Studentlitteratur                | SWE | Lund                   |
|    |    | 347 | 2  | <i>Design for Six Sigma</i>                                                                                | Chowdhury, S                         |     | 2002 | Financial Times<br>Prentice Hall |     |                        |
|    |    | 348 | 3  | <i>Total Quality Development: A Step By Step Guide to World-Class Concurrent Engineering</i>               | Clausing, D                          |     | 1994 | ASME Press                       | USA | New York, NY           |
|    |    | 349 | 4  | <i>Quality Function Deployment</i>                                                                         | Cohen, L                             |     | 1995 | Addison-Wesley<br>Longman        | USA | Reading, MA            |
|    |    | 350 | 5  | <i>Six Sigma – The Pragmatic Approach</i>                                                                  | Magnusson, K; Kroslid, D; Bergman, B | 2nd | 2003 | Studentlitteratur                | SWE | Lund                   |
| 56 | 13 | 351 | 6  | <i>The Six Sigma Way: How GE, Motorola and Other Top Performing Companies are Honing Their Performance</i> | Pande, PS; Neuman, RP; Cavanagh, RR  |     | 2000 | McGraw-Hill                      | USA | New York, NY           |
|    |    | 352 | 7  | <i>Quality engineering using robust design</i>                                                             | Phadke, MS                           |     | 1989 | Prentice Hall                    | USA | Englewood Cliffs, NJ   |
|    |    | 353 | 8  | <i>Total Design: Integrated Methods for Successful Product Engineering</i>                                 | Pugh, S                              |     | 1990 | Pearson Higher Education         | USA | NJ                     |
|    |    | 354 | 9  | <i>Six Sigma Pocket Guide</i>                                                                              |                                      |     | 2002 | Rath and Strong                  | USA | Lexington, MA          |
|    |    | 355 | 10 | <i>Leading Six Sigma: A Step-by-Step Guide Based on Experience with GE and Other Six Sigma Companies</i>   | Snee, RO; Hoerl, RW                  |     | 2003 | Financial Times<br>Prentice Hall |     | Upper Saddle River, NJ |
|    |    | 356 | 11 | <i>Introduction to Quality Engineering: Designing</i>                                                      | Taguchi, G                           |     | 1986 | Asian Productivity Organization  | JPN | Tokyo                  |

|    |    |     |    |                                                                                                       |                                               |     |      |                                           |     |               |
|----|----|-----|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----|------|-------------------------------------------|-----|---------------|
|    |    |     |    | <i>Quality into Products and Processes</i>                                                            |                                               |     |      |                                           |     |               |
|    |    | 357 | 12 | <i>Design for Six Sigma: Innovation for enhanced competitiveness</i>                                  | Watson, GH                                    |     | 2005 | GOAL/QPC Publishing                       | USA | Salem, NH     |
|    |    | 358 | 13 | <i>Understanding variation - The key to manage chaos</i>                                              | Wheeler, D                                    | 2nd | 2000 | SPC Press                                 | USA | Knoxville, TN |
| 57 | 1  | 359 | 1  | <i>Tolerance Design of Electronic Circuits</i>                                                        | Spence, R;<br>Soin, RS                        |     | 1997 | World Scientific                          | GBR | London        |
|    |    | 360 | 1  | <i>Design for six sigma in technology and product development</i>                                     | Creveling, CM;<br>Slutsky, JL;<br>Antis Jr, D |     | 2003 | Prentice Hall                             | USA | NJ            |
|    |    | 361 | 2  | <i>Variation Risk Management, Focusing Quality Improvements in Product Development and Production</i> | Thornton, A                                   |     | 2004 | John Wiley & Sons                         | USA | Hoboken, NJ   |
|    |    | 362 | 3  | <i>Axiomatic Quality</i>                                                                              | El-Haik, B                                    |     | 2005 | John Wiley & Sons                         | USA | New York, NY  |
|    |    | 363 | 4  | <i>The power of Six Sigma</i>                                                                         | Chowdhury, S                                  |     | 2001 | Dearborn Trade Publishing                 | USA | Chicago, IL   |
| 58 | 26 | 364 | 5  | <i>Design for Six Sigma: Launching New Products and Services without Failure</i>                      | Tennant, G                                    |     | 2002 | Gower Publishing                          | GBR | Hampshire     |
|    |    | 365 | 6  | <i>Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development</i>                                        | Yang, K; El-Haik, B                           |     | 2003 | McGraw-Hill                               | USA | New York, NY  |
|    |    | 366 | 7  | <i>The principles of design</i>                                                                       | Suh, NP                                       |     | 1990 | Oxford University Press                   | USA | New York, NY  |
|    |    | 367 | 8  | <i>Introduction to Off-line Quality Control</i>                                                       | Taguchi, G;<br>Wu, Y                          |     | 1979 | Central Japan Quality Control Association | JPN | Nagoya        |
|    |    | 368 | 8  | <i>Engineering Design Methods</i>                                                                     | Cross, N                                      |     | 1991 | John Wiley & Sons                         | USA | New York, NY  |

|     |    |                                                                            |                            |                                                                     |                         |      |                                           |     |                      |
|-----|----|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------|------|-------------------------------------------|-----|----------------------|
| 369 | 10 | <i>Introduction to Design</i>                                              | Asimow, M                  |                                                                     |                         | 1962 | Prentice Hall                             | USA | Englewood Cliffs, NJ |
| 370 | 11 | <i>Engineering Design, English edition</i>                                 | Pahl ,G; Beitz, W          |                                                                     |                         | 1984 | The Design Concil                         | GBR | London               |
| 371 | 12 | <i>The design method</i>                                                   | Gregory, SA                | <i>The elements of design</i>                                       | Watts, RD               | 1966 | Butterworth-Heinemann                     | GBR | London               |
| 372 | 13 | <i>The Decisions of Engineering Design</i>                                 | Marples, DL                |                                                                     |                         | 1960 | The Institutions of Engineering Designers | GBR | London               |
| 373 | 14 | <i>Developments in Design Methodology</i>                                  | Cross, N                   | <i>Systematic method for designers</i>                              | Archer, LB              | 1984 | John Wiley & Sons                         | GBR | London               |
| 374 | 15 | <i>Engineering and Engineering Design</i>                                  | Krick, EV                  |                                                                     |                         | 1969 | John Wiley & Sons                         | USA | New York, NY         |
| 375 | 16 | <i>Conceptual Design for Engineers</i>                                     | French, MJ                 |                                                                     |                         | 1971 | The Design Concil                         | GBR | London               |
| 376 | 17 | <i>Total Design: Integrated Methods for Successful Product Engineering</i> | Pugh, S                    |                                                                     |                         | 1990 | Addison-Wesley Publishers                 | GBR | Harlow               |
| 377 | 18 | <i>Management of Design</i>                                                |                            |                                                                     |                         | 1990 | British Standards Institution             | GBR | London               |
| 378 | 19 | <i>Developments in Design Methodology</i>                                  | Cross, N                   | <i>The logic of design</i>                                          | March, L                | 1984 | John Wiley & Sons                         | USA | New York, NY         |
| 379 | 20 | <i>The design method</i>                                                   | Gregory, SA                | <i>Practical design based on method (fundamental design method)</i> | Matchett, E; Briggs, AH | 1966 | Butterworth-Heinemann                     | GBR | London               |
| 380 | 21 | <i>Engineering Design</i>                                                  | Hubka, V; Eder, WE         |                                                                     |                         | 1992 | Heurista                                  | CHE | Zurich               |
| 381 | 22 | <i>Engineering Design</i>                                                  | Pahl ,G; Beitz, W          |                                                                     |                         | 1996 | Bell and Bain Limited                     | SCO | Glasgow              |
| 382 | 23 | <i>Product Design: Fundamentals and Methods</i>                            | Roozenburg, NFM; Eekels, J |                                                                     |                         | 1995 | John Wiley & Sons                         | USA | New York, NY         |
| 383 | 24 | <i>Product Design and Development</i>                                      | Ulrich, K; Eppinger, S     |                                                                     | 2nd                     | 1995 | McGraw-Hill                               | SGP |                      |

|    |    |     |    |                                                                                                  |                                            |     |      |                              |     |                         |
|----|----|-----|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----|------|------------------------------|-----|-------------------------|
|    |    | 384 | 25 | <i>The Mechanical Design Process.</i>                                                            | Ullman, DG                                 |     | 1997 | McGraw-Hill                  | SGP |                         |
|    |    | 385 | 26 | <i>The Living Legacy of Stuart Pugh</i>                                                          | Clausing, D;<br>Andrade, R                 |     | 1996 | Addison-Wesley<br>Publishers | USA | Reading, MA             |
|    |    | 386 | 1  | <i>Statistics for experimenters: an introduction to design, data analysis and model building</i> | Box, GEP;<br>Hunter, JS;<br>Hunter, WG     |     | 1978 | John Wiley & Sons            | USA | New York, NY            |
|    |    | 387 | 2  | <i>Theory of Technical System: a total concept theory for engineering design</i>                 | Hubka, V;<br>Eder, WE                      |     | 1984 | Springer-Verlag              | DEU | Berlin                  |
| 59 | 6  | 388 | 3  | <i>Engineering Design: A systematic approach</i>                                                 | Pahl, G; Beitz, W                          |     | 1996 | Springer-Verlag              | DEU | Berlin                  |
|    |    | 389 | 4  | <i>Quality engineering using robust design</i>                                                   | Phadke, MS                                 |     | 1989 | Prentice Hall                | USA | Englewood<br>Cliffs, NJ |
|    |    | 390 | 5  | <i>The QFC Handbook</i>                                                                          | ReVelle, JB;<br>Moran, JW;<br>Cox, CA      |     | 1998 | John Wiley & Sons            | USA | New York, NY            |
|    |    | 391 | 6  | <i>The principles of design</i>                                                                  | Suh, NP                                    |     | 1990 | Oxford University<br>Press   | USA | New York, NY            |
|    |    | 392 | 1  | <i>Design for Six Sigma: the Revolutionary Process for Achieving Extraordinary Profits</i>       | Chowdhury, S                               |     | 2002 | Dearborn Trade<br>Publishing | USA | Chicago, IL             |
| 60 | 10 | 393 | 2  | <i>Total Quality Development – A Step-By-Step Guide to World-Class Concurrent Engineering</i>    | Clausing, D                                |     | 1994 | ASME Press                   | USA | New York, NY            |
|    |    | 394 | 3  | <i>Six Sigma – The Pragmatic Approach</i>                                                        | Magnusson, K;<br>Kroslid, D;<br>Bergman, B | 2nd | 2003 | Studentlitteratur            | SWE | Lund                    |
|    |    | 395 | 4  | <i>Quality engineering using robust design</i>                                                   | Phadke, MS                                 |     | 1989 | Prentice Hall                | USA | Englewood<br>Cliffs, NJ |

|    |     |     |                                                                                                                          |                   |      |                                           |     |              |
|----|-----|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------|-------------------------------------------|-----|--------------|
|    | 396 | 5   | <i>Economic Control of Quality of Manufactured Product</i>                                                               | Shewhart, WA      | 1931 | Van Nostrand Company                      | USA | New York, NY |
|    | 397 | 6   | <i>The principles of design</i>                                                                                          | Suh, NP           | 1990 | Oxford University Press                   | USA | New York, NY |
|    | 398 | 7   | <i>Taguchi on Robust Technology Development – Bringing Quality Engineering Upstream</i>                                  | Taguchi, G        | 1993 | ASME Press                                | USA | New York, NY |
|    | 399 | 8   | <i>Introduction to Off-line Quality Control</i>                                                                          | Taguchi, G; Wu, Y | 1979 | Central Japan Quality Control Association | JPN | Nagoya       |
|    | 400 | 9   | <i>Design for Six Sigma: Launching New Products and Services without Failure</i>                                         | Tennant, G        | 2002 | Gower Publishing                          | GBR | Aldershot    |
|    | 401 | 10  | <i>The Black Belt Memory Jogger – A Pocket Guide for Six Sigma Success,</i>                                              |                   | 2002 | GOAL/QPC and Six Sigma Academy            | USA | Salem, NH    |
| 61 | 0   |     |                                                                                                                          |                   |      |                                           |     |              |
|    | 402 | 1   | <i>The innovator's dilemma</i>                                                                                           | Christensen, CM   | 1997 | Harvard Business School Press             | USA | Boston, MA   |
|    | 403 | 2   | <i>Innovation: The attacker's advantage</i>                                                                              | Foster, RN        | 1986 | Summit Books                              |     |              |
| 62 | 6   | 404 | 3 <i>Mastering the dynamics of innovation: how companies can seize opportunities in the face of technological change</i> | Utterback, JM     | 1994 | Harvard Business School Press             | USA | Boston, MA   |
|    | 405 | 4   | <i>Engines of tomorrow: How the World's Best Companies are Using Their Research Labs to Win the Future</i>               | Buderi, R         | 2000 | Simon and Schuster                        |     |              |

|    |    |     |   |                                                                                              |                                           |      |                                  |     |                   |
|----|----|-----|---|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------|----------------------------------|-----|-------------------|
| 63 | 19 | 406 | 5 | <i>Third generation R&amp;D: Managing the link to corporate strategy</i>                     | Roussel, PA;<br>Saad, KN;<br>Erickson, TJ | 1991 | Harvard Business School Press    | USA | Boston, MA        |
|    |    | 407 | 6 | <i>Fourth generation R&amp;D: Managing knowledge, technology and innovation</i>              | Miller, WL;<br>Morris, L                  | 1999 | John Wiley & Sons                | USA |                   |
|    |    | 408 | 1 | <i>Action Science</i>                                                                        | Argyris, C;<br>Putnam, R;<br>Smith, MD    | 1985 | Jossey-Bass                      | USA | San Francisco, CA |
|    |    | 409 | 2 | <i>Good to great: Why some companies make the leap ... and others don't</i>                  | Collins, J                                | 2001 | Harper-Collins Books             | USA | New York, NY      |
|    |    | 410 | 3 | <i>Democracy and education: an introduction to the philosophy of education</i>               | Dewey, J                                  | 1916 | The Macmillan Company            | USA | New York, NY      |
|    |    | 411 | 4 | <i>Experience and education</i>                                                              | Dewey, J                                  | 1938 | The Macmillan Company            | USA | New York, NY      |
|    |    | 412 | 5 | <i>The new institutionalism in organizational analysis</i>                                   | DiMaggio, PJ;<br>Powell, WW               | 1991 | The University of Chicago Press. | USA | Chicago, IL       |
|    |    | 413 | 6 | <i>The Six Sigma revolution: How General Electric and others turned process into profits</i> | Eckes, G                                  | 2001 | John Wiley                       | USA | New York, NY      |
|    |    | 414 | 7 | <i>Becoming Lean: inside stories of US manufacturers</i>                                     | Liker, JK                                 | 1998 | Productivity Press               | USA | Portland, OR      |
|    |    | 415 | 8 | <i>The Toyota way: 14 management principles from world's greatest manufacturer</i>           | Liker, JK                                 | 2004 | McGraw-Hill                      | USA | New York, NY      |

|     |    |                                                                                                  |                                                                                        |      |                                                 |                 |                     |
|-----|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------------------------------------------|-----------------|---------------------|
| 416 | 9  | <i>Toyota culture: the heart and soul of the Toyota way</i>                                      | Liker, JK;<br>Hoseus, M                                                                | 2008 | McGraw-Hill                                     | USA             | New York, NY        |
| 417 | 10 | <i>The Toyota product development system: Integrating people, process, and technology</i>        | Morgan, JM;<br>Liker, JK                                                               | 2006 | Productivity Press                              | USA             | New York, NY        |
| 418 | 11 | <i>An evolutionary theory of economic change</i>                                                 | Nelson, RR;<br>Winter, SG                                                              | 1982 | Belknap Press of<br>Harvard University<br>Press | USA             | New York, NY        |
| 419 | 12 | <i>Knowledge creating and management: New challenges for managers</i>                            | Nonaka, I;<br>Toyama, R                                                                | 2007 | Oxford University<br>Press                      | GBR             | Oxford              |
| 420 | 13 | <i>Managing flow: A process theory of the knowledge-based firm</i>                               | Nonaka, IO;<br>Toyama, R;<br>Hirata, T;<br>Bigelow, SJ;<br>Hirose, A;<br>Kohlbacher, F | 2008 | Basingstoke /<br>PalgraveMacmillan              | USA<br>/<br>GBR | NY                  |
| 421 | 14 | <i>Personal knowledge; towards a post-critical philosophy</i>                                    | Polanyi, M                                                                             | 1958 | University of<br>Chicago Press                  | USA             | Chicago, IL         |
| 422 | 15 | <i>Vehicle dependability study</i>                                                               | Power, JD                                                                              | 2012 | JD Power<br>Associates                          | USA             | West Village,<br>CA |
| 423 | 16 | <i>Toyota kata: Managing people for improvement, adaptiveness, and superior results</i>          | Rother, M                                                                              | 2009 | McGraw-Hill                                     | USA             | New York, NY        |
| 424 | 17 | <i>The fifth discipline fieldbook: Strategies and tools for building a learning organization</i> | Senge, PM                                                                              | 1994 | Currency /<br>Doubleday                         | USA             | New York, NY        |
| 425 | 18 | <i>Continuous learning in organizations: Individual, group, and organizational perspectives</i>  | Sessa, VI;<br>London, M                                                                | 2005 | Lawrence Erlbaum                                | USA             | Mahwah, NJ          |

|    |    |     |    |                                                                                                                     |                                         |                                       |             |      |                     |           |                        |
|----|----|-----|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|-------------|------|---------------------|-----------|------------------------|
|    |    | 426 | 19 | <i>The Blackwell Companion to Organizations</i>                                                                     | Baum, J                                 | <i>Intra-organizational evolution</i> | Warglien, M | 2002 | Blackwell Publisher | GBR / USA | Oxford / Malden, MA    |
| 64 | 1  | 427 | 1  | <i>Poor-Quality Cost</i>                                                                                            | Harrington, HJ                          |                                       |             | 1987 | CRC Press           | USA       | Boca Raton, FL         |
|    |    | 428 | 1  | <i>Advanced product quality planning (APQP) and control plan</i>                                                    |                                         |                                       | 2nd         | 2008 | Crysler, Ford & GM  |           |                        |
|    |    | 429 | 2  | <i>Quality from customer needs to customer satisfaction</i>                                                         | Bergman, B; Klefsjo, B                  |                                       | 1st         | 1994 | Studentlitteratur   | SWE       | Lund                   |
|    |    | 430 | 3  | <i>Design for Six Sigma</i>                                                                                         | Brue, G; Launsby, R                     |                                       |             | 2002 | McGraw-Hill         | USA       | New York, NY           |
|    |    | 431 | 4  | <i>Design for Six Sigma: the Revolutionary Process for Achieving Extraordinary Profits</i>                          | Chowdhury, S                            |                                       |             | 2002 | Kaplan publishing   | USA       | New York, NY           |
|    |    | 432 | 5  | <i>Winning at new products: Creating value through innovation</i>                                                   | Cooper, RG                              |                                       | 4th         | 2011 | Basic Book          | USA       | New York, NY           |
| 65 | 18 | 433 | 6  | <i>Basics of qualitative research</i>                                                                               | Corbin, J; Strauss, A                   |                                       | 3rd         | 2008 | Sage Publications   | USA       | Thousand Oaks, CA      |
|    |    | 434 | 7  | <i>Design for six sigma in technology and product development</i>                                                   | Creveling, CM; Slutsky, JL; Antis Jr, D |                                       |             | 2003 | Prentice Hall       | USA       | Upper Saddle River, NJ |
|    |    | 435 | 8  | <i>Handbook for small projects</i>                                                                                  | Eriksson, M; Lilliesko, J               |                                       |             | 2010 | Liber               | SWE       | Stockholm              |
|    |    | 436 | 9  | <i>Ready, set dominate – Implement Toyota's set-based learning for developing products and nobody can catch you</i> | Kennedy, M; Harmon, K; Minnock, E       |                                       |             | 2008 | The Oaklea Press    | USA       | Richmond, VA           |
|    |    | 437 | 10 | <i>Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling</i>                              | Kerzner, H                              |                                       | 7th         | 2001 | John Wiley & Sons   | USA       | Hoboken, NJ            |

|    |     |    |                                                                                                     |                                        |     |      |                               |     |                   |
|----|-----|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----|------|-------------------------------|-----|-------------------|
|    | 438 | 11 | <i>Interviews: An introduction to qualitative research interviewing</i>                             | Kvale, S                               |     | 1996 | Sage Publications             | USA | Thousand Oaks, CA |
|    | 439 | 12 | <i>The Toyota Product Development System</i>                                                        | Morgan, JM; Liker, JK                  |     | 2006 | Productivity Press            | USA | New York, NY      |
|    | 440 | 13 | <i>PMBOK Guide: The project management body of knowledge</i>                                        |                                        |     | 2000 | Project Management Institute  | USA | Newton square     |
|    | 441 | 14 | <i>Lean product and process development</i>                                                         | Ward, AC                               |     | 2007 | The Lean Enterprise Institute | USA | Cambridge, MA     |
|    | 442 | 15 | <i>Design for Six Sigma: Innovation for enhanced competitiveness</i>                                | Watson, G                              |     | 2005 | GOAL/QPC                      | USA | NH                |
|    | 443 | 16 | <i>Rath &amp; Strong's Design for Six Sigma pocket guide</i>                                        | Williams, M; Patterson, G; Peterson, K |     | 2002 | Rath & Strong                 | USA | Lexington, MA     |
|    | 444 | 17 | <i>Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development</i>                                      | Yang, K; El-Haik, B                    | 2nd | 2003 | McGraw-Hill                   | USA | New York, NY      |
|    | 445 | 18 | <i>Case Study Research - Design and Methods</i>                                                     | Yin, RK                                |     | 1994 | Sage Publications             | USA | Thousand Oaks, CA |
| 66 | 446 | 1  | <i>Six Sigma Deployment</i>                                                                         | Adams, C; Gupta, P; Wilson, C          |     | 2002 | Butterworth-Heinemann         | USA | New York, NY      |
|    | 447 | 2  | <i>Quality Beyond Six Sigma</i>                                                                     | Basu, R; Wright, JN                    |     | 2004 | Butterworth-Heinemann         | USA | Woburn, MA        |
|    | 448 | 3  | <i>The power of Six Sigma</i>                                                                       | Chowdhury, S                           |     | 2001 | Dearborn Trade Publishing     | GBR | La Crosse, WI     |
|    | 449 | 4  | <i>Goodness of fit techniques</i>                                                                   | D'Agostino, RB; Stephens, MA           |     | 1986 | Dekker                        | USA | New York, NY      |
|    | 450 | 5  | <i>JURAN Institute's Six Sigma breakthrough and beyond-quality performance breakthrough methods</i> | De Feo, JA; Barnard, WW                |     | 2005 | McGraw-Hill                   | USA | New York, NY      |

|     |    |                                                                               |                                        |     |      |                                |     |                      |
|-----|----|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----|------|--------------------------------|-----|----------------------|
| 451 | 6  | <i>Processes and Design for Manufacturing</i>                                 | El Wakil, SD                           |     | 1989 | Prentice Hall                  | USA | Lebanon, IN          |
| 452 | 7  | <i>Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed</i> | George, ML                             |     | 2002 | McGraw-Hill                    | USA | New York, NY         |
| 453 | 8  | <i>The Design for Six Sigma Memory Jogger</i>                                 | Ginn, D;<br>Streibel, B                |     | 2003 | GOAL/QPC                       | USA | Salem, NH            |
| 454 | 9  | <i>Six Sigma quality improvement with minitab</i>                             | Henderson, GR                          |     | 2006 | John Wiley & Sons              | GBR | Chichester           |
| 455 | 10 | <i>Juran's quality control handbook</i>                                       | Juran, JM;<br>Godfrey, AB              |     | 1988 | McGraw-Hill                    | USA | New York, NY         |
| 456 | 11 | <i>Manufacturing Engineering &amp; Technology</i>                             | Kalpajian, S;<br>Schmid, S             | 5th | 2006 | Prentice Hall                  | USA | Englewood Cliffs, NJ |
| 457 | 12 | <i>Design and Analysis of Experiments</i>                                     | Montgomery, DC                         |     | 2009 | John Wiley & Sons              | USA | New York, NY         |
| 458 | 13 | <i>Introduction to Statistical Quality Control</i>                            | Montgomery, DC                         |     | 2009 | John Wiley & Sons              | USA | New York, NY         |
| 459 | 14 | <i>Statistical Process Control</i>                                            | Oakland, JS                            |     | 2003 | Butterworth-Heinemann          | GBR | Oxford               |
| 460 | 15 | <i>What is Six Sigma?</i>                                                     | Pande, P;<br>Holpp, L                  |     | 2002 | McGraw-Hill                    | USA | New York, NY         |
| 461 | 16 | <i>The Six Sigma Handbook</i>                                                 | Pyzdek, T                              |     | 2003 | McGraw-Hill                    | USA | New York, NY         |
| 462 | 17 | <i>The QFD Handbook</i>                                                       | Re Velle, JB;<br>Moran, JW;<br>Cox, CA |     | 1998 | John Wiley & Sons              | USA | New York, NY         |
| 463 | 18 | <i>Understanding Industrial Designed Experiments</i>                          | Schmidt, SR;<br>Launsby, RG            |     | 1997 | Air Academy press & Associates | USA | Colorado Springs, CO |
| 464 | 19 | <i>Six Sigma and Beyond: Foundations of Excellent Performance</i>             | Stamatis, DH                           |     | 2002 | St. Lucie Press                | USA | Boca Raton, FL       |

|    |     |     |                                                                                                            |                                     |     |      |                               |     |                        |
|----|-----|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----|------|-------------------------------|-----|------------------------|
|    | 465 | 20  | <i>Six Sigma and Beyond: Design for Six Sigma</i>                                                          | Stamatis, DH                        |     | 2002 | CRC Press                     | USA | Boca Raton, FL         |
|    | 466 | 21  | <i>Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development</i>                                             | Yang, K; El-Haik, B                 | 2nd | 2003 | McGraw-Hill                   | USA | New York, NY           |
| 67 | 0   |     |                                                                                                            |                                     |     |      |                               |     |                        |
|    | 467 | 1   | <i>Implementing Six Sigma: Smarter solutions using statistical methods</i>                                 | Breyfogle III, FW                   |     | 2003 | John Wiley & Sons             | USA | New York, NY           |
|    | 468 | 2   | <i>Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations</i>        | Harry, MJ; Schroeder, R             |     | 2000 | Doubleday                     | USA | New York, NY           |
|    | 469 | 3   | <i>Design for Six Sigma: a Roadmap for product development</i>                                             | Kai, Y; Basem, EH                   |     | 2003 | McGraw-Hill                   | USA | New York, NY           |
| 68 | 8   | 470 | <i>Design for Six Sigma for service</i>                                                                    | Kai, Y                              |     | 2005 | McGraw-Hill Education         | USA | New York, NY           |
|    | 471 | 5   | <i>The Six Sigma Way: How GE, Motorola and Other Top Performing Companies are Honing Their Performance</i> | Pande, PS; Neuman, RP; Cavanagh, RR |     | 2000 | McGraw-Hill                   | USA | New York, NY           |
|    | 472 | 6   | <i>Methods of Multivariate Analysis</i>                                                                    | Rencher, AC                         |     | 2002 | John Wiley                    | USA | New York, NY           |
|    | 473 | 7   | <i>Design for Six Sigma Statistics: 59 Tools for Diagnosing and Solving Problems in DFSS Initiatives</i>   | Sleeper, AD                         |     | 2006 | McGraw-Hill                   | USA | New York, NY           |
|    | 474 | 8   | <i>Leading Six Sigma Companies</i>                                                                         | Snee, RO; Hoerl, RW                 |     | 2003 | Financial Times Prentice Hall | USA | Upper Saddle River, NJ |
| 69 | 11  | 475 | <i>World Class Applications of Six</i>                                                                     | Antony, J; Banuelas, R; Kumar, A    |     | 2006 | Elsevier Ltd                  | GBR | Oxford                 |

|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|----------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  | <i>Sigma: Real World Examples of Success</i> |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |                                              |  |  |  |  |  |  |  |

|    |    |     |   |                                                                                                            |                                               |      |                             |     |              |
|----|----|-----|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------|-----------------------------|-----|--------------|
|    |    | 488 | 2 | <i>Reading Critically at University</i>                                                                    | Metcalfe, M                                   | 2006 | Sage Publications           | GBR | London       |
|    |    | 489 | 3 | <i>Performance Standards in Education – In Search of Quality</i>                                           |                                               | 1995 | Head of Publication Service | FRA |              |
|    |    | 490 | 4 | <i>Education – A Guide to the Canadian School Debate – Or, Who Wants What and Why?</i>                     | Osborne, K                                    | 1999 | Penguin Books Canada Ltd    | CAN |              |
|    |    | 491 | 1 | <i>Design for Six Sigma: the Revolutionary Process for Achieving Extraordinary Profits</i>                 | Chowdhury, S                                  | 2002 | Dearborn Trade Publishing   | USA | Chicago, IL  |
|    |    | 492 | 2 | <i>Managing Quality Fads – How American Business Learned to Play the Quality Game</i>                      | Cole, R                                       | 1999 | Oxford University Press     | USA | New York, NY |
|    |    | 493 | 3 | <i>Design for six sigma in technology and product development</i>                                          | Creveling, CM;<br>Slutsky, JL;<br>Antis Jr, D | 2003 | Prentice Hall               | USA | NJ           |
| 72 | 10 | 494 | 4 | <i>Axiomatic Quality: Integrating Axiomatic Design with Six-Sigma, Reliability and Quality Engineering</i> | El-Haik, BS;<br>Suh, NP                       | 2005 | John Wiley & Sons           | USA | NJ           |
|    |    | 495 | 5 | <i>Engineering Design, English edition</i>                                                                 | Pahl ,G; Beitz, W                             | 1984 | Bell and Bain Limited       | GBR | Glasgow      |
|    |    | 496 | 6 | <i>Design for Six Sigma: Launching New Products and Services without Failure</i>                           | Tennant, G                                    | 2002 | Gower Publishing            | USA | NH           |
|    |    | 497 | 7 | <i>Variation Risk Management, Focusing Quality Improvements in Product Development and Production</i>      | Thornton, A                                   | 2004 | John Wiley & Sons           | USA | NJ           |

|    |    |     |    |                                                                                             |                                                |                                                            |      |                             |     |                      |
|----|----|-----|----|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------|-----------------------------|-----|----------------------|
|    |    | 498 | 8  | <i>The Mechanical Design Process.</i>                                                       | Ullman, DG                                     |                                                            | 1997 | McGraw-Hill                 | SGP |                      |
|    |    | 499 | 9  | <i>Revolutionizing Product Development: Quantum Leaps in Speed, Efficiency, and Quality</i> | Wheelwright, S; Clark, K                       |                                                            | 1992 | The Free Press              | USA | New York, NY         |
|    |    | 500 | 10 | <i>Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development</i>                              | Yang, K; El-Haik, B                            |                                                            | 2003 | McGraw-Hill                 | USA | New York, NY         |
| 73 | 6  | 501 | 1  | <i>Sustainability Marketing: A Global Perspective</i>                                       | Belz, FM; Peattie, K                           |                                                            | 2009 | John Wiley & Sons           | GBR |                      |
|    |    | 502 | 2  | <i>Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things</i>                                    | Braungart, M; McDonough, W; Hoyer, S           |                                                            | 2002 | North Point Press           | USA |                      |
|    |    | 503 | 3  | <i>Sustainable Design: The Science of Sustainability and Green Engineering</i>              | Vallero, D; Brasier, C                         |                                                            | 2008 | John Wiley & Sons           |     |                      |
|    |    | 504 | 4  | <i>The philosophy of sustainable design</i>                                                 | McLennan, JF                                   |                                                            | 2004 | Ecotone Publishing Company  |     |                      |
|    |    | 505 | 5  | <i>Simulation-based Lean Six Sigma and Design for Six Sigma</i>                             | El-Haik, B; Al-Aomar, R                        |                                                            | 2006 | John Wiley & Sons           | USA | NJ                   |
|    |    | 506 | 6  | <i>Design for Six Sigma: the Revolutionary Process for Achieving Extraordinary Profits</i>  | Chowdhury, S                                   |                                                            | 2002 | Kaplan publishing           |     |                      |
| 74 | 14 | 507 | 1  | <i>Introduction to Design</i>                                                               | Asimow, M                                      |                                                            | 1962 | Prentice Hall               | USA | Englewood Cliffs, NJ |
|    |    | 508 | 2  | <i>Philosophy of Technology and Engineering Sciences</i>                                    | Meijers, AWM; Gabbay, DM; Thagard, P; Woods, J | <i>Models as epistemic tools in engineering sciences</i>   | 2009 | Elsevier Science Publishers | NLD | Amsterdam            |
|    |    | 509 | 3  | <i>An anthology of theories and models of design</i>                                        | Chakrabarti, A; Blessing, LTM                  | <i>Theories and models of design: a summary of finding</i> | 2014 | Springer                    | GBR | London               |

|     |    |                                                                                                          |                                    |                                                                                               |      |                            |     |                        |
|-----|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------|-----|------------------------|
| 510 | 4  | <i>Engineering design: a synthesis of views</i>                                                          | Dym, C                             |                                                                                               | 1994 | Cambridge University Press | USA | Cambridge, MA          |
| 511 | 5  | <i>Service Design for Six Sigma</i>                                                                      | El-Haik, B;<br>Roy, DM             |                                                                                               | 2005 | John Wiley & Sons          | USA | Hoboken, NJ            |
| 512 | 6  | <i>Design computing and cognition '12</i>                                                                | Gero, JS                           | <i>Commonalities across designing: empirical results.</i>                                     | 2014 | Springer                   | DEU | Berlin                 |
| 513 | 7  | <i>Universal design theory</i>                                                                           | Grabowski, H;<br>Rude, S; Grein, G | Gero, JS;<br>Kannengiesser, U;<br>Pourmohamadi, M                                             | 1998 | Shaker Verlag              | DEU | Aachen                 |
| 514 | 8  | <i>Design science: introduction to the needs, scope and organization of engineering design knowledge</i> | Hubka, V;<br>Eder, WE              |                                                                                               | 1996 | Springer                   | GBR | London                 |
| 515 | 9  | <i>The rational unified process: an introduction</i>                                                     | Kruchten, P                        |                                                                                               | 2004 | Addison-Wesley Publishers  | USA | Upper Saddle River, NJ |
| 516 | 10 | <i>How designers think: the design process demystified</i>                                               | Lawson, B                          |                                                                                               | 1980 | Architectural Press        | NLD | Amsterdam              |
| 517 | 11 | <i>An anthology of theories and models of design</i>                                                     | Chakrabarti, A;<br>Blessing, LTM   | <i>Models of design</i>                                                                       | 2014 | Springer                   | GBR | London                 |
| 518 | 12 | <i>Engineering Design, English edition</i>                                                               | Pahl ,G; Beitz, W                  |                                                                                               | 1984 | Springer                   | DEU | Berlin                 |
| 519 | 13 | <i>An anthology of theories and models of design</i>                                                     | Chakrabarti, A;<br>Blessing, LTM   | <i>Design theories, models and their testing: on the scientific status of design research</i> | 2014 | Springer                   | GBR | London                 |
| 520 | 14 | <i>Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development</i>                                           | Yang, K; El-Haik, B                |                                                                                               | 2003 | McGraw-Hill                | USA | New York, NY           |

|    |    |     |    |                                                                                                          |                                   |     |      |                    |     |               |
|----|----|-----|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----|------|--------------------|-----|---------------|
| 75 | 10 | 521 | 1  | <i>Implementing Six Sigma: Smarter solutions using statistical methods</i>                               | Breyfogle III, FW                 |     | 2003 | Wiley-Interscience | USA | New York, NY  |
|    |    | 522 | 2  | <i>Winning at New Products: Accelerating the process from the idea to Launch</i>                         | Cooper, R                         | 3rd | 1985 | Perseus            | USA | New York, NY  |
|    |    | 523 | 3  | <i>New Products Management</i>                                                                           | Crawford, MC;<br>Di Benedetto, AC |     | 2002 | McGraw-Hill Irwin  | USA | Homewood, IL  |
|    |    | 524 | 4  | <i>Quality Management for Organizational Excellence: Introduction to Total Quality Management</i>        | Goetsch, DL;<br>Davis, SB         | 6th | 2010 | Prentice Hall      |     |               |
|    |    | 525 | 5  | <i>Design for Six Sigma: A holistic approach to design and Innovation</i>                                | Jugulum, R;<br>Samuel, P          |     | 2008 | John Wiley & Sons  | USA | Hoboken, NJ   |
|    |    | 526 | 6  | <i>Design for Lean Six Sigma: A Holistic Approach to Design and Innovation</i>                           | Philip, S;<br>Rajesh, J           |     | 2010 | John Wiley & Sons  | USA | Hoboken, NJ   |
|    |    | 527 | 7  | <i>Effective Product Design and Development: How to Cut Lead Time and Increase Customer Satisfaction</i> | Rosenthal, SR                     |     | 1992 | Business One       | USA | Homewood, IL  |
|    |    | 528 | 8  | <i>Taguchi on robust technology development: bringing quality engineering upstream</i>                   | Taguchi, G                        |     | 1993 | ASME Press         | USA | New York, NY  |
|    |    | 529 | 9  | <i>Strategies for Lean Product Development</i>                                                           | Walton, M                         |     | 1999 | MIT Press          | USA | Cambridge, MA |
|    |    | 530 | 10 | <i>Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development</i>                                           | Yang, K; El-Haik, B               |     | 2003 | McGraw-Hill        | GBR | London        |

|    |    |     |    |                                                                                                 |                                                                          |     |      |                                                 |     |                        |
|----|----|-----|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----|------|-------------------------------------------------|-----|------------------------|
| 76 | 24 | 531 | 1  | <i>Organizational learning: A theory of action perspective</i>                                  | Argyris, C;<br>Schon, D                                                  |     | 1978 | Addison-Wesley<br>Publishing<br>Company         | USA | Reading, MA            |
|    |    | 532 | 2  | <i>Design for Six Sigma</i>                                                                     | Brue, G;<br>Launsby, R                                                   |     | 2003 | McGraw-Hill                                     | USA | New York, NY           |
|    |    | 533 | 3  | <i>Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory</i> | Corbin, J;<br>Strauss, A                                                 | 3rd | 2008 | Sage Publications                               | USA | Thousand Oaks, CA      |
|    |    | 534 | 4  | <i>Crossing the quality chasm: A new health system for the 21st century</i>                     | Corrigan, JM;<br>Donaldson, MS;<br>Kohn, LT;<br>Maguire, SK;<br>Pike, KC |     | 2001 | Institute of<br>Medicine                        | USA | Washington, DC         |
|    |    | 535 | 5  | <i>Out of the Crisis</i>                                                                        | Deming, WE                                                               |     | 1986 | MIT Center for<br>Advanced<br>Engineering Study | USA | Cambridge, MA          |
|    |    | 536 | 6  | <i>Triple constraints in project management</i>                                                 | Dobson, MS                                                               |     | 2004 | Management<br>Concepts                          | USA | Vienna, VA             |
|    |    | 537 | 7  | <i>Service Design for Six Sigma</i>                                                             | El-Haik, B;<br>Roy, DM                                                   |     | 2005 | John Wiley & Sons                               | USA | Hoboken, NJ            |
|    |    | 538 | 8  | <i>The discovery grounded Theory: Strategies for Qualitative inquiry</i>                        | Glaser, BG;<br>Strauss, A                                                |     | 1967 | Aldine                                          | USA | Chicago, IL            |
|    |    | 539 | 9  | <i>Experiential learning: Experience as the source of learning and development</i>              | Kolb, DA                                                                 |     | 1984 | Prentice Hall                                   | USA | Upper Saddle River, NJ |
|    |    | 540 | 10 | <i>The certified Six Sigma Green Belt handbook</i>                                              | Munro, RA;<br>Maio, MJ;<br>Nawaz, MB;<br>Ramu, G;<br>Zrymiak, DJ         |     | 2008 | ASQ Quality Press                               | USA | Milwaukee, WI          |
|    |    | 541 | 11 | <i>The knowledge-creating company: How Japanese</i>                                             | Nonaka, I;<br>Takeuchi, H                                                |     | 1995 | Oxford University<br>Press                      | USA | New York, NY           |

|     |    |                                                                                                         |                                        |                                                                                                                            |                        |      |                                   |     |                    |
|-----|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------|-----------------------------------|-----|--------------------|
|     |    | <i>companies create the dynamics of innovation</i>                                                      |                                        |                                                                                                                            |                        |      |                                   |     |                    |
| 542 | 12 | <i>The certified quality manager handboo</i>                                                            | Okes, D;<br>Westcott, R                |                                                                                                                            |                        | 2000 | ASQ Quality Press                 | USA | Milwaukee, WI      |
| 543 | 13 | <i>A guide to the project management body of knowledge</i>                                              |                                        | 5th                                                                                                                        |                        | 2013 | Project Management Institute, Inc | USA | Newtown Square, PA |
| 544 | 14 | <i>The Six Sigma Handbook: A complete guide for green belts, black belts and managers at all levels</i> | Pyzdek, T                              |                                                                                                                            |                        | 2003 | McGraw-Hill                       | USA | New York, NY       |
| 545 | 15 | <i>The Sage Handbook of Action Research: Participative Inquiry and Practice</i>                         | Reason, P;<br>Bradbury, H              | 2nd                                                                                                                        |                        | 2008 | Sage Publications                 | GBR |                    |
| 546 | 16 | <i>Studies of mind</i>                                                                                  | Wertsch, JW;<br>Alvarez, A; Del Rio, P | <i>Observing sociocultural activity on three planes: Participatory appropriation, guided participation, apprenticeship</i> | Rogoff, B              | 1995 | Cambridge University Press        | USA | Cambridge, MA      |
| 547 | 17 | <i>The fifth discipline: the art and practice of the learning organization</i>                          | Senge, P                               |                                                                                                                            |                        | 1990 | Doubleday                         | USA | New York, NY       |
| 548 | 18 | <i>Four practical revolutions in management: Systems for creating unique organizational capability</i>  | Shiba, S;<br>Walden, D                 |                                                                                                                            |                        | 2001 | Productivity Press                | USA | New York, NY       |
| 549 | 19 | <i>The Quality toolbox Handbook of</i>                                                                  | Tague, NR                              | 2nd                                                                                                                        |                        | 2005 | ASQ Quality Press                 | USA | Milwaukee, WI      |
| 550 | 20 | <i>organizational learning and knowledge management</i>                                                 | Easterby-Smith, M; Lyles, A            | <i>Organizational learning and knowledge management:</i>                                                                   | Vera, D;<br>Crossan, M | 2003 | Blackwell                         | USA | Malden, MA         |



|     |     |                                                                            |                                                                                                     |                                 |      |                           |                   |                |                |
|-----|-----|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|---------------------------|-------------------|----------------|----------------|
|     |     | <i>Random and Mixed ANOVA Models</i>                                       |                                                                                                     |                                 |      |                           |                   |                |                |
| 561 | 2   | <i>Design for six sigma in tecnhology and product development</i>          | Creveling, CM; Slutsky, JL; Antis Jr, D                                                             |                                 | 2003 | Prentice Hall             | USA               | NJ             |                |
| 562 | 3   | <i>Service Design for Six Sigma</i>                                        | El-Haik, B; Roy, DM                                                                                 |                                 | 2005 | John Wiley & Sons         | USA               | NJ             |                |
| 563 | 4   | <i>Total Design: Integrated Methods for Successful Product Engineering</i> | Pugh, S                                                                                             |                                 | 1991 | Addison-Wesley Publishers | GBR               | Reading, MA    |                |
| 564 | 5   | <i>The Certified Quality Inspector Handbook</i>                            | Walker, HF; Elshennawy, AK; Gupta, BC; Vaughn, MM                                                   |                                 | 2012 | ASQ Quality Press         | USA               | Milwaukee, WI  |                |
| 80  | 0   |                                                                            |                                                                                                     |                                 |      |                           |                   |                |                |
| 81  | 9   | <i>Implementing Six Sigma: Smarter solutions using statistical methods</i> | Breyfogle III, FW                                                                                   | 2nd                             | 2003 | John Wiley & Sons         | USA               | New Jersey, NJ |                |
|     | 566 | 2                                                                          | <i>Design for Six Sigma</i>                                                                         | Brue, G; Launsby, R             |      | 2003                      | McGraw-Hill       | USA            | New York, NY   |
|     | 567 | 3                                                                          | <i>Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations</i> | Harry, MJ; Schroeder, R         |      | 2000                      | Currency          | USA            | New York, NY   |
|     | 568 | 4                                                                          | <i>Statistical Methods for Six Sigma, R&amp;D and Manufacturing</i>                                 | Joglekar, AM                    |      | 2003                      | John Wiley & Sons | USA            | New Jersey, NJ |
|     | 569 | 5                                                                          | <i>Quality Improvement through planned Experimentation</i>                                          | Moen, RD; Nolan, TW; Povost, LP |      | 1999                      | McGraw-Hill       | USA            | New York, NY   |
|     | 570 | 6                                                                          | <i>The Six Sigma Handbook: A complete guide for green belts,</i>                                    | Pyzdek, T                       |      | 2003                      | McGraw-Hill       |                |                |

|    |   |     |                                               |                                                                                                                   |                                                        |      |                                             |     |                        |
|----|---|-----|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------|---------------------------------------------|-----|------------------------|
|    |   |     | <i>black belts and managers at all levels</i> |                                                                                                                   |                                                        |      |                                             |     |                        |
|    |   | 571 | 7                                             | <i>Six Sigma: The Evolution of 100 years of Business Improvement Methodology</i>                                  | Snee, RD                                               | 2004 | Inderscience Enterprises                    | GBR |                        |
|    |   | 572 | 8                                             | <i>Six Sigma and Beyond: Design for Six Sigma</i>                                                                 | Stamatis, DH                                           | 2003 | St. Lucie Press                             | USA | New York, NY           |
|    |   | 573 | 9                                             | <i>Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development</i>                                                    | Yang, K; El-Haik, B                                    | 2003 | McGraw-Hill                                 | USA | New York, NY           |
| 82 | 0 |     |                                               |                                                                                                                   |                                                        |      |                                             |     |                        |
|    |   | 574 | 1                                             | <i>Six sigma producibility Analysis and process characterization</i>                                              | Harry, MJ; Lawson, JR                                  | 1994 | Addison-Wesley Publishers                   |     |                        |
| 83 | 2 | 575 | 2                                             | <i>Creating Quality: Concepts, systems, strategies and tools</i>                                                  | Kolarik, WJ                                            | 1995 | McGraw-Hill                                 |     |                        |
|    |   | 576 | 1                                             | <i>Lean Six Sigma for Service: How to use lean speed and Six Sigma quality to improve service and transaction</i> | George, M                                              | 2003 | McGraw-Hill                                 | USA | New York, NY           |
| 84 | 3 | 577 | 2                                             | <i>Toyota Production System</i>                                                                                   | Monden, Y                                              | 1983 | Industrial and Management Engineering Press | USA | Norcross, GA           |
|    |   | 578 | 3                                             | <i>Leading Six Sigma: A Step-by-Step Guide Based on Experience with GE and Other Six Sigma Companies</i>          | Snee, RO; Hoerl, RW                                    | 2003 | Financial Times Prentice Hall               | USA | Upper Saddle River, NJ |
|    |   | 579 | 1                                             | <i>Environment conscious manufacturing</i>                                                                        | Gupta, SM; Lambert, AJDF                               | 2008 | CRC Press                                   | USA | Boca Raton, FL         |
| 85 | 3 | 580 | 2                                             | <i>Environmentally Conscious Mechanical Design</i>                                                                | Kutz, M                                                | 2007 | John Wiley & Sons                           | USA | NJ                     |
|    |   |     |                                               | <i>Product design for sustainability: a new assessment methodology and</i>                                        | Jaafar, IH; Venkatachalam, A; Joshi, K; Ungureanu, AC; |      |                                             |     |                        |

|    |     |     |                                                                              |                                                                     |                |                                       |      |                         |     |                        |
|----|-----|-----|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------------|------|-------------------------|-----|------------------------|
|    |     |     |                                                                              | <i>case studies, in environmentally conscious mechanical design</i> |                | Rouch, KE; Dillon Jr, OW; Jawahir, IS |      |                         |     |                        |
|    | 581 | 3   | <i>Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing</i> | Groover, MP                                                         |                |                                       | 2008 | Pearson Education       | USA | Upper Saddle River, NJ |
|    | 582 | 1   | <i>Successful product design</i>                                             | Hollins B, Pugh S                                                   |                |                                       | 1990 | Butterworth Heinemann   | GBR | London                 |
|    | 583 | 2   | <i>Design for six sigma in technology and product development</i>            | Creveling, CM; Slutsky, JL; Antis Jr, D                             |                |                                       | 2003 | Prentice Hall           | USA | Upper Saddle River, NJ |
|    | 584 | 3   | <i>New Products Management</i>                                               | Crawford, C; Di Benedetto, A                                        | 9th            |                                       | 2008 | McGraw-Hill             | USA | Chicago, IL            |
|    | 585 | 4   | <i>Product Design and Development</i>                                        | Ulrich, K; Eppinger, S                                              | 2nd            |                                       | 1995 | McGraw-Hill             | USA | New York, NY           |
|    | 586 | 5   | <i>Multivariate data analysis</i>                                            | Hair, JF; Anderson, R; Taham, RL; Black, WC                         |                |                                       | 1998 | Prentice Hall           | USA | Upper Saddle River, NJ |
| 86 | 17  | 587 | 6                                                                            | <i>Design and Analysis of Experiments</i>                           | Montgomery, DC |                                       | 2001 | Wiley                   | USA | New York, NY           |
|    | 588 | 7   | <i>Engineering Design: A systematic approach</i>                             | Pahl, G; Beitz, W                                                   |                |                                       | 1996 | Springer                | GBR | London                 |
|    | 589 | 8   | <i>Product design fundamentals and methods</i>                               | Roosemburg, NFM; Eekels, J                                          |                |                                       | 1996 | Wiley                   | USA | New York, NY           |
|    | 590 | 9   | <i>The principles of design</i>                                              | Suh, NP                                                             |                |                                       | 1990 | Oxford University Press | USA | New York, NY           |
|    | 591 | 10  | <i>Marketing management</i>                                                  | Dickson, P                                                          |                |                                       | 1994 | The Dryden Press        | USA | Fort Worth, TX         |
|    | 592 | 11  | <i>Integrated product development</i>                                        | Andreasen, MM; Hein, L                                              |                |                                       | 1987 | Springer                | USA | New York, NY           |

|    |   |     |    |                                                                                              |                                                      |      |                                             |     |                      |
|----|---|-----|----|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------|---------------------------------------------|-----|----------------------|
|    |   | 593 | 12 | <i>World class quality: using design of experiments to make it happen</i>                    | Bothe, KR;<br>Bothe, AK                              | 2000 | American Management Association             | USA | New York, NY         |
|    |   | 594 | 13 | <i>Design for Six Sigma: the Revolutionary Process for Achieving Extraordinary Profits</i>   | Chowdhury, S                                         | 2002 | Dearborn Trade Publishing                   | USA | Chigago, IL          |
|    |   | 595 | 14 | <i>Total Quality Development: A Step By Step Guide to World-Class Concurrent Engineering</i> | Clausing, D                                          | 1994 | The American Society of Mechanical Engineer | USA | New York, NY         |
|    |   | 596 | 15 | <i>Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development</i>                               | Yang, K; El-Haik, B                                  | 2003 | McGraw-Hill                                 | USA |                      |
|    |   | 597 | 16 | <i>Accelerating innovation</i>                                                               | Patterson, ML                                        | 1993 | Van Nostrand Reinhold                       |     | New York, NY         |
|    |   | 598 | 17 | <i>The Six Sigma black belt handbook</i>                                                     | McCarty, T;<br>Daniels, L;<br>Bremer, M;<br>Gupta, P | 2004 |                                             |     |                      |
|    |   | 599 | 1  | <i>Methods of Structural Safety</i>                                                          | Madsen, HO;<br>Krenk, S; Lind, NC                    | 1986 | Prentice Hall                               | USA | Englewood Cliffs, NJ |
|    |   | 600 | 2  | <i>Structural Reliability: Analysis and Prediction</i>                                       | Melchers, RE                                         | 1987 | Ellis Horwood Limited                       | USA | New York, NY         |
| 87 | 6 | 601 | 3  | <i>Generalized Linear Models with Applications in Engineering and the sciences</i>           | Myers, RH;<br>Montgomery, DC; Vining, GG             | 2002 | John Wiley & Sons                           | USA | New York, NY         |
|    |   | 602 | 4  | <i>Quality Engineering Handbook</i>                                                          | Pyzdek, T                                            | 2000 | Prentice Hall                               | USA | New York, NY         |
|    |   | 603 | 5  | <i>Quality Engineering in Production Systems</i>                                             | Taguchi, G;<br>Elsayed, E;<br>Hsiang, T              | 1989 | McGraw-Hill                                 | USA | New York, NY         |

|    |    |     |    |                                                                                                 |                           |                                                               |                            |      |                                 |     |                  |
|----|----|-----|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------|------|---------------------------------|-----|------------------|
|    |    | 604 | 6  | <i>Design for Six Sigma: Launching New Products and Services without Failure</i>                | Tennant, G                |                                                               |                            | 2002 | Gower Publishing                | GBR | Hampshire        |
|    |    | 605 | 1  | <i>Handbook of Performability Engineering</i>                                                   | Misra, KB                 | <i>A task-based Six Sigma roadmap for healthcare services</i> | Tang, LC; Lam, SW; Goh, TN | 2008 | Springer                        | GBR | London           |
|    |    | 606 | 2  | <i>Taguchi techniques for quality engineering</i>                                               | Ross, PJ                  |                                                               |                            | 1996 | McGraw-Hill                     | USA | New York, NY     |
|    |    | 607 | 3  | <i>Taguchi methods for Robust Design</i>                                                        | Wu, Y; Wu, A              |                                                               |                            | 2000 | ASME Press                      | USA | New York, NY     |
|    |    | 608 | 4  | <i>Quality engineering using robust design</i>                                                  | Phadke, MS                |                                                               |                            | 1989 | McGraw-Hill                     | USA | New York, NY     |
|    |    | 609 | 5  | <i>Introduction to Quality Engineering: Designing Quality into Products and Processes</i>       | Taguchi, G                |                                                               |                            | 1986 | Asian Productivity Organization | JPN | Tokyo            |
| 88 | 10 | 610 | 6  | <i>System of Experimental design: Engineering methods to optimize quality and minimize cost</i> | Taguchi, G                |                                                               |                            | 1987 | Quality Resources               | USA | White Plains, NJ |
|    |    | 611 | 7  | <i>The problems of Problem-based Learning</i>                                                   | Boud, D; Feletti, G       |                                                               |                            | 1991 | Kogan Page                      | GBR | London           |
|    |    | 612 | 8  | <i>Problem Based Learning: Helping Your Students Gain the Most from PBL</i>                     | Woods, DR                 |                                                               |                            |      | Waterdown                       | CAN | Hamilton, ON     |
|    |    | 613 | 9  | <i>Response Surface Methodology</i>                                                             | Myers, RH; Montgomery, DC |                                                               |                            | 1995 | John Wiley & Sons               | USA | New York, NY     |
|    |    | 614 | 10 | <i>Design and Analysis of Experiments</i>                                                       | Montgomery, DC            |                                                               | 6th                        | 2009 | John Wiley & Sons               | USA | New York, NY     |
| 89 | 5  | 615 | 1  | <i>Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the</i>                      | Harry, MJ; Schroeder, R   |                                                               |                            | 2000 | Currency / Doubleday            | USA | New York, NY     |

|    |     |                                 |                                                                                                          |                     |     |      |                           |     |                |
|----|-----|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----|------|---------------------------|-----|----------------|
|    |     | <i>World's Top Corporations</i> |                                                                                                          |                     |     |      |                           |     |                |
|    | 616 | 2                               | <i>Six Sigma Demystified: a self-teaching guide</i>                                                      | Keller, P           |     | 2005 | McGraw-Hill               | USA | New York, NY   |
|    | 617 | 3                               | <i>The Six Sigma Handbook: A complete guide for green belts, black belts and managers at all levels</i>  | Pyzdek, T           |     | 2003 | McGraw-Hill               | USA | New York, NY   |
|    | 618 | 4                               | <i>Best practices in Lean Six Sigma process improvement</i>                                              | Schonberger, RJ     |     | 2008 | John Wiley & Sons         | USA | Hoboken, NJ    |
|    | 619 | 5                               | <i>Information technology project management</i>                                                         | Schwalbe, K         | 4th | 2006 | Thomson Course Technology | USA | Boston, MA     |
| 90 | 620 | 1                               | <i>Design for Six Sigma</i>                                                                              | Brue, G; Launsby, R |     | 2002 | McGraw-Hill               |     |                |
|    | 621 | 2                               | <i>Design for Six Sigma Statistics: 59 Tools for Diagnosing and Solving Problems in DFSS Initiatives</i> | Sleeper, AD         |     | 2006 | McGraw-Hill               |     |                |
|    | 622 | 3                               | <i>Six Sigma for electronics design &amp; manufacturing</i>                                              | Sinha, SG           |     | 2002 | McGraw-Hill               |     |                |
|    | 623 | 4                               | <i>Service Design for Six Sigma</i>                                                                      | El-Haik, B; Roy, DM |     | 2005 | John Wiley & Sons         |     |                |
| 91 | 624 | 1                               | <i>Statistical Methods for Six Sigma, R&amp;D and Manufacturing</i>                                      | Joglekar, AM        |     | 2003 | John Wiley & Sons         | USA | NJ             |
|    | 625 | 2                               | <i>Statistical Methods for Quality Improvement</i>                                                       | Ryan, T             |     | 2000 | John Wiley & Sons         | USA | New York, NY   |
| 92 | 626 | 1                               | <i>The nature of Six Sigma Quality</i>                                                                   | Harry, MJ           |     | 1997 | Motorola University Press | USA | Shaumburg, IL  |
|    | 627 | 2                               | <i>Addressing Uncertainty using Probabilistic Design Environment</i>                                     | Koch, PN; Gu, L     |     | 2001 | Engineous Software        | USA | Morisville, NC |

|    |   |     |   |                                                                                                                                      |                                               |     |      |                              |     |                        |
|----|---|-----|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----|------|------------------------------|-----|------------------------|
|    |   | 628 | 3 | <i>Response Surface Methodology</i>                                                                                                  | Myers, RH;<br>Montgomery, DC                  |     | 1995 | John Wiley & Sons            | USA | New York, NY           |
|    |   | 629 | 4 | <i>Modern Design of Experiment</i>                                                                                                   | Park, SH                                      |     | 2001 | Daeyoung                     | KOR | Seoul                  |
|    |   | 630 | 5 | <i>Taguchi techniques for quality engineering</i>                                                                                    | Ross, PJ                                      |     | 1998 | McGraw-Hill                  | USA | New York, NY           |
|    |   | 631 | 1 | <i>Implementing Six Sigma: Smarter solutions using statistical methods</i>                                                           | Breyfogle III, FW                             | 2nd | 2003 | Wiley                        | USA | New York, NY           |
|    |   | 632 | 2 | <i>Design for six sigma in technology and product development</i>                                                                    | Creveling, CM;<br>Slutsky, JL;<br>Antis Jr, D |     | 2003 | Prentice Hall                | USA | Upper Saddle River, NJ |
|    |   | 633 | 3 | <i>Lean Six Sigma for Service and Healthcare</i>                                                                                     | De Mast, J;<br>Does, RJMM;<br>De Koning, H    |     | 2006 | Beaumont Quality Productions | NLD | Alphen aan den Rijn    |
|    |   | 634 | 4 | <i>Statistical Process Control in Industry</i>                                                                                       | Does, RJMM;<br>Roes, KCB;<br>Trip, A          |     | 1999 | Kluwer Academic              | NLD | Dordrecht              |
| 93 | 8 | 635 | 5 | <i>Juran on leadership for quality</i>                                                                                               | Juran, JM                                     |     | 1988 | The Free Press               | USA | New York, NY           |
|    |   | 636 | 6 | <i>Design for Six Sigma + Lean Toolset</i>                                                                                           | Lunau, S                                      |     | 2009 | Springer                     | DEU | Berlin                 |
|    |   | 637 | 7 | <i>Total Design: Integrated Methods for Successful Product Engineering</i>                                                           | Pugh, S                                       |     | 1991 | Pearson Education            | USA | Berkeley, CA           |
|    |   | 638 | 8 | <i>Six Sigma beyond the factory floor: deployment strategies for financial services, healthcare and the rest of the real economy</i> | Snee, RO;<br>Hoerl, RW                        |     | 2003 | Pearson / Prentice Hall      | USA | Upper Saddle River, NJ |
| 94 | 8 | 639 | 1 | <i>Introduction to Engineering Statistics and Six Sigma</i>                                                                          | Allen, T                                      |     | 2006 | Springer                     | GBR | London                 |

|    |   |     |   |                                                                                                         |                                 |                                                                       |      |                                     |     |               |
|----|---|-----|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------|-------------------------------------|-----|---------------|
|    |   | 640 | 2 | <i>Simulation-based Lean Six Sigma and Design for Six Sigma</i>                                         | El-Haik, B; Al-Aomar, R         |                                                                       | 2006 | John Wiley & Sons                   | USA | NJ            |
|    |   | 641 | 3 | <i>Service Design for Six Sigma</i>                                                                     | El-Haik, B; Roy, DM             |                                                                       | 2005 | John Wiley & Sons                   | USA | NJ            |
|    |   | 642 | 4 | <i>Simulation using ProModel</i>                                                                        | Harrel, C; Ghosh, K; Bowden, O  |                                                                       | 2004 | McGraw-Hill                         | USA | New York, NY  |
|    |   | 643 | 5 | <i>Emergency Triage: Manchester Triage Group</i>                                                        | Jones, K; Marsden, J; Windle, J |                                                                       | 2006 | BMJ Publishing Group                | GBR | Oxford        |
|    |   | 644 | 6 | <i>The Six Sigma Handbook: A complete guide for green belts, black belts and managers at all levels</i> | Pyzdek, T                       |                                                                       | 2003 | McGraw-Hill                         | USA | New York, NY  |
|    |   | 645 | 7 | <i>Mastering Statistical Process Control: A Handbook for Performance Improvement using Cases</i>        | Stapenhurst, T                  |                                                                       | 2005 | Elsevier Butterworth-Heinemann      | GBR | Oxford        |
|    |   | 646 | 8 | <i>Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development</i>                                          | Yang, K; El-Haik, B             |                                                                       | 2003 | McGraw-Hill                         | USA | New York, NY  |
|    |   | 647 | 1 | <i>Innovation and entrepreneurship for sustainable development</i>                                      | Xie, M; Durrani, TS; Tang, HK   | <i>The winning new product strategy: Market or technology driven?</i> | 2004 | IEEE Engineering Management Society | SGP |               |
| 95 | 8 | 648 | 2 | <i>Implementing Design for Six Sigma: A leader's guide.</i>                                             | Belair, G; O'Neill, J           |                                                                       | 2007 | ASQ Quality Press                   | USA | Milwaukee, WI |
|    |   | 649 | 3 | <i>Design for Six Sigma</i>                                                                             | Brue, G; Launsby, R             |                                                                       | 2002 | McGraw-Hill                         | USA | New York, NY  |
|    |   | 650 | 4 | <i>Design for Six Sigma: the Revolutionary</i>                                                          | Chowdhury, S                    |                                                                       | 2002 | Dearborn Trade Publishing           | USA | Chicago, IL   |



|     |    |                                                                                                            |                                     |                                                                                                                   |                         |                                                           |      |                             |                                 |               |
|-----|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------|------|-----------------------------|---------------------------------|---------------|
| 99  | 0  |                                                                                                            |                                     |                                                                                                                   |                         |                                                           |      |                             |                                 |               |
| 100 | 0  |                                                                                                            |                                     |                                                                                                                   |                         |                                                           |      |                             |                                 |               |
| 101 | 16 | 662                                                                                                        | 1                                   | <i>And Suddenly the Inventor Appeared: TRIZ, the Theory of Inventive Problem Solving</i>                          | Altshuller, G           |                                                           | 2004 | Technical Innovation Center | USA                             | Worcester, MA |
|     |    | 663                                                                                                        | 2                                   | <i>Design for Six Sigma</i>                                                                                       | Brue, G; Launsby, R     |                                                           | 2002 | McGraw-Hill                 | USA                             | New York, NY  |
|     |    | 664                                                                                                        | 3                                   | <i>Service Design for Six Sigma</i>                                                                               | El-Haik, B; Roy, DM     |                                                           | 2005 | John Wiley & Sons           | USA                             | New York, NY  |
|     |    | 665                                                                                                        | 4                                   | <i>Lean Six Sigma for Service: How to use lean speed and Six Sigma quality to improve service and transaction</i> | George, ML              |                                                           | 2003 | McGraw-Hill                 | USA                             | New York, NY  |
|     |    | 666                                                                                                        | 5                                   | <i>Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations</i>               | Harry, MJ; Schroeder, R |                                                           | 2000 | Doubleday                   | USA                             | New York, NY  |
|     |    | 667                                                                                                        | 6                                   | <i>Quality Control Handbook</i>                                                                                   | Juran, JM; Godfrey, AB  | 3rd                                                       | 1979 | McGraw-Hill                 | USA                             | New York, NY  |
|     |    | 668                                                                                                        | 7                                   | <i>Services Marketing</i>                                                                                         | Kurtz, D; Clow, K       |                                                           | 1998 | John Wiley & Sons           | USA                             | New York, NY  |
|     |    | 669                                                                                                        | 8                                   | <i>The Customer-Driven Approach to Quality Planning and Deployment</i>                                            | Akao, Y; Mizuno, S      | <i>Development History of Quality Function Deployment</i> |      | 1994                        | Asian Productivity Organization | JPN           |
| 670 | 9  | <i>The Six Sigma Way: How GE, Motorola and Other Top Performing Companies are Honing Their Performance</i> | Pande, PS; Neuman, RP; Cavanagh, RR |                                                                                                                   | 2000                    | McGraw-Hill                                               | USA  | New York, NY                |                                 |               |

|     |    |     |    |                                                                                                                                                    |                                                           |     |      |                           |     |                |
|-----|----|-----|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----|------|---------------------------|-----|----------------|
| 102 | 13 | 671 | 10 | <i>The Six Sigma Handbook: A complete guide for green belts, black belts and managers at all levels</i>                                            | Pyzdek, T                                                 |     | 2003 | McGraw-Hill               | USA | New York, NY   |
|     |    | 672 | 11 | <i>Design and Management of Service Processes</i>                                                                                                  | Ramaswamy, R                                              |     | 1996 | Addison-Wesley            | USA | Reading, MA    |
|     |    | 673 | 12 | <i>The fifth discipline: the art and practice of the learning organization</i>                                                                     | Senge, P                                                  |     | 1990 | Doubleday                 | USA | New York, NY   |
|     |    | 674 | 13 | <i>The principles of design</i>                                                                                                                    | Suh, NP                                                   | 1st | 1990 | Oxford University Press   | USA | New York, NY   |
|     |    | 675 | 14 | <i>A letter to Lean thinker</i>                                                                                                                    | Womack, J                                                 |     | 2004 | Lean Enterprise Institute | USA | Brookline, MA  |
|     |    | 676 | 15 | <i>Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation</i>                                                                           | Womack, J;<br>Jones, D                                    |     | 1996 | Free Press                | USA | New York, NY   |
|     |    | 677 | 16 | <i>The machine that changed the world</i>                                                                                                          | Womack, J;<br>Jones, D; Roos, D                           |     | 1990 | Rawson Associates         | USA | New York, NY   |
|     |    | 678 | 1  | <i>Interpretability Issues in Fuzzy Modeling, and Accuracy Improvements in Linguistic Fuzzy Modeling (Studies in Fuzziness and Soft Computing)</i> | Casillas, J;<br>Cordon, O;<br>Herrera, F;<br>Magdalena, L |     | 2003 | Springer                  | DEU | Berlin         |
|     |    | 679 | 2  | <i>Enterprise JavaBeans</i>                                                                                                                        | Farley, J;<br>Crawford, W;<br>Flanagan, D                 |     | 2002 | O'Reilly                  | USA | Sebastopol, CA |
|     |    | 680 | 3  | <i>Classification and Regression Trees</i>                                                                                                         | Breiman, L;<br>Friedman, JH;<br>Olshen, RA;<br>Stone, CJ  |     | 1985 | Wadsworth and Brooks      | USA | Monterey, CA   |

|     |    |     |    |                                                                                                                                                  |                                             |     |      |                                                |           |                        |
|-----|----|-----|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----|------|------------------------------------------------|-----------|------------------------|
|     |    | 681 | 4  | <i>Machine Learning, Neural, and Statistical Classification</i>                                                                                  | Michie, D;<br>Spiegelhater, DJ; Taylor, CC  |     | 1994 | Ellis Horwood                                  | USA       | Englewood Cliffs, NJ   |
|     |    | 682 | 5  | <i>Handbook of Neural Computation</i>                                                                                                            | Fiesler, E;<br>Beale, R                     |     | 1997 | Institute of Physics / Oxford University Press | GBR / USA | Bristol / New York, NY |
|     |    | 683 | 6  | <i>Rule-based Expert Systems</i>                                                                                                                 | Buchanan, B;<br>Shortliffe, E               |     | 1984 | Addison-Wesley Publishers                      | USA       | Reading, MA            |
|     |    | 684 | 7  | <i>C4.5: Programs for Machine Learning</i>                                                                                                       | Quinlan, J                                  |     | 1993 | Morgan Kaufmann                                | USA       | San Francisco, CA      |
|     |    | 685 | 8  | <i>Handbook of Fuzzy Computation</i>                                                                                                             | Ruspini, EH;<br>Bonissone, PP;<br>Pedycz, W |     | 1998 | Institute of Physics / Oxford University Press | GBR / USA | Bristol / New York, NY |
|     |    | 686 | 9  | <i>Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence</i> | Holland, JH                                 | 3rd | 1994 | MIT Press                                      | USA       | Cambridge, MA          |
|     |    | 687 | 10 | <i>Handbook of Evolutionary Computation</i>                                                                                                      | Back, T; Fogel DB;<br>Michalewicz, Z        |     | 1997 | Institute of Physics / Oxford University Press | GBR / USA | Bristol / New York, NY |
|     |    | 688 | 11 | <i>Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs</i>                                                                                 | Michalewicz, Z                              |     | 1994 | Springer                                       | USA       | New York, NY           |
|     |    | 689 | 12 | <i>Implementing Six Sigma: Smarter solutions using statistical methods</i>                                                                       | Breyfogle III, FW                           |     | 1999 | John Wiley & Sons                              | USA       | New York, NY           |
|     |    | 690 | 13 | <i>Automatic Generation of Neural Network Architecture Using Evolutionary Computation</i>                                                        | Vonk, E; Jain, LC; Johnson, RP              |     | 1997 | World Scientific                               | SGP       |                        |
| 103 | 18 | 691 | 1  | <i>The Six Sigma Handbook</i>                                                                                                                    | Pyzdek, T;<br>Keller, P                     | 3rd | 2010 | McGraw-Hill                                    | USA       | New York, NY           |

|     |    |                                                                                                              |                                            |     |      |                           |     |               |
|-----|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----|------|---------------------------|-----|---------------|
| 692 | 2  | <i>Implementing Six Sigma: Smarter solutions using statistical methods</i>                                   | Breyfogle III, FW                          |     | 2003 | John Wiley & Sons         | USA | Hoboken, NJ   |
| 693 | 3  | <i>Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations</i>          | Harry, MJ; Schroeder, R                    |     | 2000 | Doubleday                 | USA | New York, NY  |
| 694 | 4  | <i>Statistical Quality Control</i>                                                                           | Grant, EL; Leavenworth, RS                 | 7th | 1996 | McGraw-Hill               | USA | New York, NY  |
| 695 | 5  | <i>The power of Six Sigma</i>                                                                                | Chowdhury, S                               |     | 2001 | Dearborn Trade Publishing | USA | Dearborn, MI  |
| 696 | 6  | <i>Design for Six Sigma: Launching New Products and Services without Failure</i>                             | Tennant, G                                 |     | 2002 | Gower Publishing          | GBR | Hampshire     |
| 697 | 7  | <i>Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed</i>                                | George, ML                                 |     | 2002 | McGraw-Hill               | USA | Blacklick, OH |
| 698 | 8  | <i>The Complete Guide to Six Sigma</i>                                                                       | Pyzdek, T                                  |     | 1999 | Quality Press             | USA | Milwaukee, WI |
| 699 | 9  | <i>Six Sigma: Advanced Tools for Black Belts and Master Black Belts</i>                                      | Tang, LC; Goh, TN; Yam, HS; Yoap, T        |     | 2006 | John Wiley & Sons         | GBR | Chichester    |
| 700 | 10 | <i>Six Sigma Project Management</i>                                                                          | Lowenthal, JN                              |     | 2001 | ASQ Quality Press         | USA | Milwaukee, WI |
| 701 | 11 | <i>Six Sigma Team Dynamics</i>                                                                               | Eckes, G                                   |     | 2002 | John Wiley & Sons         | GBR | West Sussex   |
| 702 | 12 | <i>Making Six Sigma Last</i>                                                                                 | Eckes, G                                   |     | 2001 | John Wiley & Sons         | USA | New York, NY  |
| 703 | 13 | <i>Managing six sigma: a practical guide to understanding, assessing, and implementing the strategy that</i> | Breyfogle III, FW; Cupello, JM; Meadows, B | 1st | 2001 | John Wiley & Sons         | USA | New York, NY  |

|     |     |    |                                                                                                          |                                      |                            |                               |                         |                          |                        |              |  |  |
|-----|-----|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|--------------|--|--|
|     |     |    | <i>yields bottom-line success</i>                                                                        |                                      |                            |                               |                         |                          |                        |              |  |  |
|     | 704 | 14 | <i>Juran Quality Handbook</i>                                                                            | Juran, JM;<br>Godfrey, AB            |                            | 1999                          | ASQ Quality Press       | USA                      | Milwaukee, WI          |              |  |  |
|     | 705 | 15 | <i>Quality into the Twenty-First Century</i>                                                             | Conti, T;<br>Kondo, Y;<br>Watson, GH |                            | 2003                          | ASQ Quality Press       | USA                      | Milwaukee, WI          |              |  |  |
|     | 706 | 16 | <i>The Six Sigma Path to Leadership</i>                                                                  | Treichler, DH                        |                            | 2004                          | ASQ Quality Press       | USA                      | Milwaukee, WI          |              |  |  |
|     | 707 | 17 | <i>Statistical Thinking: Improving Business Performance</i>                                              | Hoerl, RW;<br>Snee, RD               |                            | 2002                          | Duxbury Press           | USA                      | Pacific Grove, CA      |              |  |  |
|     | 708 | 18 | <i>Leading Six Sigma: A Step-by-Step Guide Based on Experience with GE and Other Six Sigma Companies</i> | Snee, RO;<br>Hoerl, RW               |                            | 2003                          | Prentice Hall           | USA                      | Upper Saddle River, NJ |              |  |  |
| 104 | 0   |    |                                                                                                          |                                      |                            |                               |                         |                          |                        |              |  |  |
|     | 709 | 1  | <i>The Management and Control of Quality</i>                                                             | Evans, JR;<br>Lindsay, WM            | 6th                        | 2004                          | Thompson –South Western | SGP                      |                        |              |  |  |
|     | 710 | 2  | <i>Quality Planning and Analysis</i>                                                                     | Juran, JM;<br>Gryna, F               | 3rd                        | 1991                          | Tata McGraw Hill        | IND                      |                        |              |  |  |
|     | 711 | 3  | <i>Introduction to Statistical Quality Control</i>                                                       | Montgomery, DC                       | 2nd                        | 1991                          | John Wiley & Sons       |                          |                        |              |  |  |
| 105 | 7   | 4  | <i>Juran Quality Handbook</i>                                                                            | Juran, JM;<br>Godfrey, AB            | <i>Acceptance sampling</i> | Schilling, EG;<br>Sommers, DJ | 1999                    | McGraw-Hill Book Company | USA                    | New York, NY |  |  |
|     | 713 | 5  | <i>Design for Six Sigma Statistics: 59 Tools for Diagnosing and Solving Problems in DFSS Initiatives</i> | Sleeper, A                           |                            |                               | 2006                    | McGraw-Hill              | USA                    | New York, NY |  |  |
|     | 714 | 6  | <i>Hand Book of Applied Acceptance Sampling: Plans, Principles, and Procedures</i>                       | Stephens, KS                         |                            |                               | 2001                    | ASQ Press                | USA                    |              |  |  |

|     |   |     |   |                                                                                                          |                               |      |                                 |     |                        |
|-----|---|-----|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------|---------------------------------|-----|------------------------|
|     |   | 715 | 7 | <i>Statistical Quality Control for Engineers</i>                                                         | Vardeman, SB;<br>Marcus, JJ   | 1999 | John Wiley & Sons               |     |                        |
|     |   | 716 | 1 | <i>Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed</i>                            | George, ML                    | 2002 | McGraw-Hill                     | USA | Blacklick, OH          |
|     |   | 717 | 2 | <i>Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations</i>      | Harry, MJ;<br>Schroeder, R    | 2000 | Doubleday                       | USA | New York, NY           |
|     |   | 718 | 3 | <i>Statistical Thinking: Improving Business Performance</i>                                              | Hoerl, RW;<br>Snee, RD        | 2002 | Duxburwy Press                  | USA | Pacific Grove, CA      |
| 106 | 7 | 719 | 4 | <i>Handbook of Research in Mass Customization and Personalization</i>                                    | Piller, FT;<br>Tseng, MM      | 2010 | World Scientific                | SGP |                        |
|     |   | 720 | 5 | <i>Leading Six Sigma: A Step-by-Step Guide Based on Experience with GE and Other Six Sigma Companies</i> | Snee, RO;<br>Hoerl, RW        | 2003 | Prentice Hall                   | USA | Upper Saddle River, NJ |
|     |   | 721 | 6 | <i>Introduction to Quality Engineering: Designing Quality into Products and Processes</i>                | Taguchi, G                    | 1986 | Asian Productivity Organization | JPN | Tokyo                  |
|     |   | 722 | 7 | <i>Design for Six Sigma: Launching New Products and Services without Failure</i>                         | Tennant, G                    | 2002 | Gower Publishing                | GBR | Hampshire              |
| 107 | 5 | 723 | 1 | <i>Quality Function Deployment: How to Make QFD Work for You</i>                                         | Cohen, L                      | 1995 | Addison-Wesley Publishers       | USA | Reading, MA            |
|     |   | 724 | 2 | <i>Introduction to Operations Research</i>                                                               | Hillier, FS;<br>Lieberman, GJ | 2001 | McGraw-Hill                     | USA | New York, NY           |

|     |   |     |   |                                                                                                                       |                                         |     |      |                                   |     |                        |
|-----|---|-----|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----|------|-----------------------------------|-----|------------------------|
|     |   | 725 | 3 | <i>Introduction to Quality Engineering: Designing Quality into Products and Processes</i>                             | Taguchi, G                              |     | 1986 | Krauss International Publications | USA | New York, NY           |
|     |   | 726 | 4 | <i>System of Experimental Design: Engineering Methods to Optimize Quality and Minimize Costs</i>                      | Taguchi, G                              |     | 1987 | American Supplier Institute       | USA | Dearborn, MI           |
|     |   | 727 | 5 | <i>Advanced QFD Applications</i>                                                                                      | Xie, M; Goh, TN; Tan, KC                |     | 2003 | ASQ Quality Press                 | USA | Milwaukee, WI          |
|     |   | 728 | 1 | <i>Quality engineering using robust design</i>                                                                        | Phadke, MS                              |     | 1989 | Prentice Hall                     | USA | Englewood Cliffs, NJ   |
| 108 | 2 | 729 | 2 | <i>System of Experimental Design: Engineering Methods to Optimize Quality and Minimize Costs</i>                      | Taguchi, G                              |     | 1987 | Krauss International Publications | USA | New York, NY           |
|     |   | 730 | 1 | <i>TRIZICS – Tech Yourself TRIZ, How to Invent, Innovate and Solve ‘Impossible’ Technical Problems Systematically</i> | Cameron, G                              |     | 2010 | CreateSpace                       |     |                        |
|     |   | 731 | 2 | <i>Innovation on Demand – New Product Development using TRIZ</i>                                                      | Fey, V; Rivin, E                        |     | 2005 | Cambridge University Press        | USA | New York, NY           |
| 109 | 4 | 732 | 3 | <i>Design of Experiments with MINITAB</i>                                                                             | Mathews, P                              |     | 2005 | ASQ Quality Press                 | USA | Milwaukee, WI          |
|     |   | 733 | 4 | <i>Response Surface Methodology – Process and Product Optimization Using Designed Experiments</i>                     | Myers, RH; Montgomery, DC               | 2nd | 2002 | John Wiley & Sons                 | USA | New York, NY           |
| 110 | 0 |     |   |                                                                                                                       |                                         |     |      |                                   |     |                        |
| 111 | 3 | 734 | 1 | <i>Design for six sigma in technology and product development</i>                                                     | Creveling, CM; Slutsky, JL; Antis Jr, D |     | 2003 | Prentice Hall                     | USA | Upper Saddle River, NJ |

|     |    |     |   |                                                                                                                                         |                                            |     |      |                            |     |                        |
|-----|----|-----|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----|------|----------------------------|-----|------------------------|
|     |    | 735 | 2 | <i>Quality Handbook</i>                                                                                                                 | Juran, JM                                  |     | 1999 | McGraw-Hill                | USA | New York, NY           |
|     |    | 736 | 3 | <i>Intelligent Computing</i>                                                                                                            | Zeng, HL                                   |     | 2004 | Chongqing University Press | CHI | Chongqing              |
|     |    | 737 | 1 | <i>Speed to market</i>                                                                                                                  | Bozzone, V                                 |     | 2002 | AMACOM                     | USA | New York, NY           |
|     |    | 738 | 2 | <i>Managing six sigma: a practical guide to understanding, assessing, and implementing the strategy that yields bottom-line success</i> | Breyfogle III, FW; Cupello, JM; Meadows, B | 1st | 2001 | John Wiley & Sons          | USA | New York, NY           |
| 112 | 6  | 739 | 3 | <i>Design for Six Sigma</i>                                                                                                             | Brue, G; Launsby, R                        |     | 2002 | McGraw-Hill                | USA | New York, NY           |
|     |    | 740 | 4 | <i>Lean manufacturing: Tools, techniques, and how to use them</i>                                                                       | Feld, WM                                   |     | 2001 | St. Lucie Press            | USA | New York, NY           |
|     |    | 741 | 5 | <i>Managing quality: An integrated approach</i>                                                                                         | Foster, ST                                 |     | 2004 | Pearson Education          | USA | Upper Saddle River, NJ |
|     |    | 742 | 6 | <i>Factory physics: Foundations of manufacturing management.</i>                                                                        | Hopp, WJ; Spearman, ML                     |     | 2001 | McGraw-Hill                | USA | Boston, MA             |
|     |    | 743 | 1 | <i>Applied Behavior Analysis for Teachers</i>                                                                                           | Alberto, PA; Troutman, AC                  | 5th | 1999 | Prentice Hall              | USA | Upper Saddle River, NJ |
|     |    | 744 | 2 | <i>Single Case Experimental Design</i>                                                                                                  | Barlow, DH; Hersen, M                      |     | 1984 | Pergamon Press             | USA | Elmsford, NY           |
| 113 | 12 | 745 | 3 | <i>Implementing Six Sigma: Smarter solutions using statistical methods</i>                                                              | Breyfogle III, FW                          |     | 1999 | John Wiley & Sons          | USA | Hoboken, NJ            |
|     |    | 746 | 4 | <i>Quasi-Experimentation</i>                                                                                                            | Cook, TD; Campbell, DT                     |     | 1979 | Houghton Mifflin           | USA | Boston, MA             |
|     |    | 747 | 5 | <i>Design for six sigma in technology and product development</i>                                                                       | Creveling, CM; Slutsky, JL; Antis Jr, D    |     | 2003 | Prentice Hall              | USA | Upper Saddle River, NJ |

|     |    |     |    |                                                                                                          |                                                                                |                                 |           |     |      |                           |     |                        |
|-----|----|-----|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------|-----|------|---------------------------|-----|------------------------|
|     |    | 748 | 6  | <i>Educational Research: Competencies for Analysis and Application</i>                                   | Gay, LR; Airasian, P                                                           |                                 |           | 6th | 2000 | Prentice Hall             | USA | Upper Saddle River, NJ |
|     |    | 749 | 7  | <i>Six Sigma Customer Black Belt Training: Six Sigma Customer Solutions</i>                              |                                                                                |                                 |           |     | 2005 | General Electric Company  | USA | Cleveland, OH          |
|     |    | 750 | 8  | <i>Research Design in Clinical Psychology</i>                                                            | Kazdin, AE                                                                     |                                 |           | 2nd | 1992 | Macmillan                 | USA | New York, NY           |
|     |    | 751 | 9  | <i>Developmental Research Methods</i>                                                                    | Miller, SA                                                                     |                                 |           | 2nd | 1998 | Prentice Hall             | USA | Upper Saddle River, NJ |
|     |    | 752 | 10 | <i>The Six Sigma Handbook: A complete guide for green belts, black belts and managers at all levels</i>  | Pyzdek, T                                                                      |                                 |           |     | 2003 | McGraw-Hill               | USA | New York, NY           |
|     |    | 753 | 11 | <i>Essentials of Behavioral Research</i>                                                                 | Rosenthal, R; Rosnow, RL                                                       |                                 |           |     | 1991 | McGraw-Hill               | USA | Boston, MA             |
|     |    | 754 | 12 | <i>Handbook of Qualitative Research</i>                                                                  | Denzin, NK; Lincoln, YS                                                        | <i>Qualitative case studies</i> | Stake, RE | 2nd | 2000 | Sage Publications         | USA | Thousand Oaks, CA      |
| 114 | 14 | 755 | 1  | <i>Product Development Performance: Strategy, Organization and Management in the World Auto Industry</i> | Clark, K; Fujimori, T                                                          |                                 |           |     | 1991 | Harvard University Press  | USA | Boston, MA             |
|     |    | 756 | 2  | <i>A proposal for a gene functions wiki</i>                                                              | Hoehndorf, R; Prüfer, K; Backhaus, M; Herre, H; Kelso, J; Loebe, F; Visagie, J |                                 |           |     | 2006 | Springer-Verlag           | FRA | Montpellier            |
|     |    | 757 | 3  | <i>The Lean Design Solution</i>                                                                          | Huthwaite, B                                                                   |                                 |           |     | 2004 | Institute for Lean Design | USA | Mackinac Island, MI    |
|     |    | 758 | 4  | <i>Product Development for the Lean Enterprise</i>                                                       | Kennedy, M                                                                     |                                 |           |     | 2003 | The Oaklea Press          | USA | Richmond, VA           |
|     |    | 759 | 5  | <i>The Lean Design Guidebook</i>                                                                         | Mascitelli, R                                                                  |                                 |           |     | 2004 | Technology Perspectives   | USA | Woodside, CA           |

|     |     |    |                                                                                                    |                                |      |                |                         |     |                   |
|-----|-----|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------|----------------|-------------------------|-----|-------------------|
|     | 760 | 6  | <i>The Toyota product development system: Integrating people, process, and technology</i>          | Morgan, J; Liker, J            |      | 2006           | Productivity Press      | USA | Portland, OR      |
|     | 761 | 7  | <i>UK Product Development: A Comprehensive Study of Development Performance in the UK Industry</i> | Nichols, K; Pye, A; Mynott, C  | 1994 | Design Council | GBR                     |     | London            |
|     | 762 | 8  | <i>The knowledge-creating company: How Japanese companies create the dynamics of innovation</i>    | Nonaka, I; Takeuchi, H         |      | 1995           | Oxford University Press | USA | New York, NY      |
|     | 763 | 9  | <i>Managing the Design Factory</i>                                                                 | Reinertsen, D                  |      | 1997           | Freedom Press           | USA | New York, NY      |
|     | 764 | 10 | <i>Creating the Discipline of Knowledge Management: The Latest in University Research</i>          | Stankosky, M                   |      | 2005           | Butterworth-Heinemann   | USA | Burlington, MA    |
|     | 765 | 11 | <i>The principles of design</i>                                                                    | Suh, NP                        | 1st  | 1990           | Oxford University Press | USA | New York, NY      |
|     | 766 | 12 | <i>The machine that changed the world</i>                                                          | Womack, JP; Jones, DT; Roos, D |      | 1990           | Rawson Associates       | USA | New York, NY      |
|     | 767 | 13 | <i>Design for six sigma: a roadmap for product development</i>                                     | Yang, K; El-Haik, B            |      | 2003           | McGraw-Hill             | USA | New York, NY      |
|     | 768 | 14 | <i>Voice of the Customer Capture and Analysis</i>                                                  | Yang, K                        |      | 2008           | McGraw-Hill             | USA | New York, NY      |
| 115 | 769 | 1  | <i>Bryman, A; Bell, E</i>                                                                          | Business Research Methods      | 2nd  | 2007           | Oxford University Press | GBR | Oxford            |
|     | 770 | 2  | <i>Doing Action Research in Your Own Organisation,</i>                                             | Coghlan, ER; Akao, Y           |      | 2008           | Sage Publications       | USA | Thousand Oaks, CA |

|     |   |     |   |                                                                                      |                                               |          |                                   |     |                   |
|-----|---|-----|---|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------|-----------------------------------|-----|-------------------|
|     |   | 771 | 3 | <i>Design for six sigma in technology and product development</i>                    | Creveling, CM;<br>Slutsky, JL;<br>Antis Jr, D | 2003     | Prentice Hall                     | USA | NJ                |
|     |   | 772 | 4 | <i>To Err is Human: Building a Safer Health System</i>                               | Kohn, LT;<br>Corrigan, J;<br>Donaldson, MS    | 1999     | Institute of Medicine             | USA | Washington, DC    |
|     |   | 773 | 5 | <i>Naturalistic Inquiry</i>                                                          | Lincoln, Y;<br>Guba, E                        | 1985     | Sage Publications                 | USA | Thousand Oaks, CA |
|     |   | 774 | 6 | <i>Six Sigma: The Pragmatic Approach</i>                                             | Magnusson, K                                  | 2nd 2003 | Studentlitteratur                 | SWE | Lund              |
|     |   | 775 | 7 | <i>Total Design: Integrated Methods for Successful Product Engineering</i>           | Pugh, S                                       | 1991     | Addison-Wesley Publishing Company | GBR | Wokingham         |
|     |   | 776 | 8 | <i>Design for six sigma: a roadmap for product development</i>                       | Yang, K; El-Haik, B                           | 2003     | McGraw-Hill                       | USA | New York, NY      |
| 116 | 1 | 777 | 1 | <i>Design for six sigma in technology and product development</i>                    | Creveling, CM;<br>Slutsky, JL;<br>Antis Jr, D |          |                                   |     |                   |
|     |   | 778 | 1 | <i>Implementing Six Sigma: Smarter solutions using statistical methods</i>           | Breyfogle III, FW                             | 1999     | Wiley                             | USA | Hoboken, NJ       |
| 117 | 4 | 779 | 2 | <i>Systems analysis and design: An object oriented approach with UML version 2.0</i> | Dennis, A;<br>Wixom, B;<br>Tegarden, D        | 2004     | John Wiley & Sons                 | USA | New York, NY      |
|     |   | 780 | 3 | <i>Systems analysis and design</i>                                                   | Kendall, D;<br>Kendall, J                     | 2004     | Prentice Hall                     | USA | Clifton Woods, NJ |
|     |   | 781 | 4 | <i>Quality information systems</i>                                                   | Zahedi, F                                     | 1995     | Boyd and Praser                   | USA | Danvers, MA       |
| 118 | 0 |     |   |                                                                                      |                                               |          |                                   |     |                   |
| 119 | 4 | 782 | 1 | <i>Theory of Technical System: a total concept theory for engineering design</i>     | Hubka, V;<br>Eder, WE                         | 1984     | Springer-Verlag                   |     |                   |

|     |   |     |   |                                                                                       |               |      |                                              |     |                      |
|-----|---|-----|---|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------|----------------------------------------------|-----|----------------------|
| 120 | 2 | 783 | 2 | <i>Quality engineering using robust design</i>                                        | Phadke, MS    | 1989 | Prentice Hall                                | USA | Englewood Cliffs, NJ |
|     |   | 784 | 3 | <i>System of Experimental Design</i>                                                  | Taguchi, G    | 1987 | Unipub / Kraus International Publications    | USA | White Plain, NY      |
|     |   | 785 | 4 | <i>Taguchi on Robust Technology Development Bring Quality Engineering Upstream</i>    | Taguchi, G    | 1993 | The American Society of Mechanical Engineers | USA | New York, NY         |
|     |   | 786 | 1 | <i>The innovation algorithm: TRIZ, systematic innovation and technical creativity</i> | Altshuller, G | 2000 | Technical Innovation Center                  | USA | Worcester, MA        |
|     |   | 787 | 2 | <i>The power of design for Six Sigma</i>                                              | Chowdhury, S  | 2001 | Dearborn Trade Publishing                    | USA | Chicago, IL          |

## **APÊNDICE D – Teste piloto do DFSS-QDMC: o pêndulo de Newton**

Um projeto piloto foi desenvolvido durante uma disciplina da graduação em Engenharia de Produção da UNIFEI na qual os alunos foram responsáveis por desenvolver um projeto DFSS sob supervisão de uma pesquisadora do Grupo de Ensino, Pesquisa e Extensão (GEPE) de Qualidade usando o DFSS-QDMC: o desenvolvimento de um Pêndulo de Newton a ser usado como ferramenta de ensino por professores de física do Ensino Médio.

A disciplina foi conduzida ao longo de quatro meses com aulas presenciais semanais. A aplicação do DFSS em um projeto real em sala de aula é um desafio em termos de execução, mas o resultado é compensador pois os alunos podem visualizar a aplicabilidade daquilo que estão aprendendo. Durante a disciplina, o tempo dedicado ao projeto foi de aproximadamente dois meses.

Como ponto de partida do DFSS-QDMC, a VOC foi obtida por meio de questionário formulado pela equipe usando a técnica de *brainstorming*. O questionário abordou o uso do pêndulo de Newton, a vida útil esperada, as características físicas, o preço aceitável, a facilidade de manutenção, o transporte, e ainda considerações sobre sustentabilidade. Seis físicos de diferentes universidades e institutos de pesquisa no Brasil responderam às perguntas e adicionaram comentários espontaneamente. Através desse questionário foi possível identificar os fatores CTQs para direcionar o planejamento do produto.

O pêndulo foi estudado a fundo pelos alunos, do ponto de vista da física e da confecção. O estudo do impacto do produto no âmbito do processo e do negócio exigiu também pesquisa bibliográfica e foi realizada uma visita ao Espaço Interciências da Universidade Federal de Itajubá, MG, a fim de interagir com um pêndulo didático e levantar as falhas de concepção e fabricação daquele modelo em particular.

Na implementação do DFSS, a Voz do Cliente apontou nove necessidades no produto: ser sustentável, ser fácil de transportar, ter baixo custo, ter boa qualidade, ser de manutenção fácil, ter bom funcionamento, ser bonito, ter a possibilidade de trocar as peças para testar diferentes cenários (pois o pêndulo seria usado com propósitos educativos e não apenas decoração) e ser fácil de usar. Uma escala de 1 a 5 foi usada para classificar a importância dessas necessidades para o cliente, com base nos questionários.

Essas necessidades foram transformadas pelo grupo nos seguintes requisitos técnicos: peso, altura, custo, tamanho da base, tempo de montagem/ desmontagem, tipos diferentes de peças

encaixáveis, vida útil e tempo de funcionamento. Foram atribuídos valores para o alvo e limites de especificação dos requisitos técnicos por meio de SMC, o que deve ser feito quando conveniente para o projeto. Nesse caso, o uso da SMC teve implicações didáticas para que os alunos aprendessem a usar o suplemento de análise de dados do *software* Microsoft Excel para a geração de números aleatórios, para a confecção de histogramas e para o cálculo da distribuição de probabilidade nas respostas da SMC.

Os dados mencionados, bem como os valores atribuídos para a importância, as relações, os alvos e os limites, e os valores calculados pelos alunos nesta primeira fase ( $h=1$ ) do DFSS-QDMC, a Casa da qualidade, podem ser verificados na Tabela D.1.

Tabela D.1 - Casa da qualidade (fase 1) para o desenvolvimento de um pêndulo de Newton

| Requisitos técnicos                                                 |   | Importância | - peso    | - altura  | - custo    | - tamanho da base | - tempo de montagem/<br>desmontagem | + tipos diferentes de peças<br>encaixáveis | + vida útil | + tempo de funcionamento | max |
|---------------------------------------------------------------------|---|-------------|-----------|-----------|------------|-------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|-------------|--------------------------|-----|
| Necessidades do Cliente                                             |   |             |           |           |            |                   |                                     |                                            |             |                          |     |
| Sustentável                                                         | 2 |             |           | 1         |            | 1                 |                                     | 3                                          | 9           |                          | 9   |
| Fácil de transportar                                                | 4 |             | 9         | 9         |            | 9                 | 1                                   | 3                                          |             |                          | 9   |
| Baixo custo                                                         | 3 |             | 1         | 1         | 9          | 1                 |                                     | 3                                          |             |                          | 9   |
| Boa qualidade                                                       | 4 |             | 1         |           | 3          | 1                 |                                     | 3                                          | 9           | 9                        | 9   |
| Manutenção fácil                                                    | 3 |             | 3         | 1         |            | 1                 | 9                                   | 3                                          |             |                          | 9   |
| Bom funcionamento                                                   | 5 |             |           |           | 1          |                   | 1                                   | 3                                          | 9           | 9                        | 9   |
| Bonito                                                              | 1 |             |           | 1         | 3          | 1                 |                                     | 3                                          |             |                          | 3   |
| Possibilidade de trocar as peças<br>para testar diferentes cenários | 5 |             | 3         | 3         | 9          | 3                 | 9                                   | 9                                          | 3           | 1                        | 9   |
| Fácil de usar                                                       | 4 |             | 3         | 3         |            | 3                 | 9                                   | 9                                          |             | 3                        | 9   |
| pontuação                                                           |   |             | 79        | 72        | 92         | 76                | 117                                 | 147                                        | 114         | 98                       |     |
|                                                                     |   |             | 9,94<br>% | 9,06<br>% | 11,57<br>% | 9,56<br>%         | 14,72<br>%                          | 18,49<br>%                                 | 14,34<br>%  | 12,33<br>%               |     |
| prioridade                                                          |   |             | 6         | 8         | 5          | 7                 | 2                                   | 1                                          | 3           | 4                        |     |
| Unidade                                                             |   |             | kg        | cm        | R\$        | cm²               | min                                 | (2 peças de<br>cada tipo)                  | anos        | min                      |     |
| Alvo                                                                |   |             | 1         | 20        | 40         | 300               | 20                                  | 8                                          | 10          | 120                      |     |
| LSL                                                                 |   |             | 0,9       | 15        |            | 250               |                                     |                                            | 8           | 110                      |     |
| USL                                                                 |   |             | 1,1       | 25        | 50         | 400               | 30                                  |                                            |             |                          |     |

Da Tabela D.1., é possível concluir que os requisitos menos influentes são a altura do produto e o tamanho da base. Os clientes priorizam um produto que permita o encaixe de diferentes peças para testar diferentes cenários, cujo tempo para montagem e desmontagem seja reduzido e com uma longa vida útil. Além disso, a necessidade de ser um produto “bonito” talvez não esteja sendo bem representada por esses requisitos uma vez que o valor máximo de relação entre esta necessidade e os requisitos foi “3”, vale confirmar.

Na segunda fase do DFSS-QDMC, os requisitos técnicos foram ordenados de acordo com a prioridade estabelecida na fase 1 e os componentes levantados pela equipe foram: a base, o suporte, a esfera, a corda, o material de fixação, o revestimento da base e o revestimento das esferas. Caso necessário, um DOE do tipo fatorial, conforme a Figura D.1, pode auxiliar na priorização dos requisitos da etapa anterior ou na determinação dos componentes necessários para a produção do pêndulo de Newton. Mais uma vez, essa etapa foi desenvolvida em conjunto com os alunos para fins didáticos. Para o delineamento e a análise dos experimentos foi usado um arranjo do tipo fatorial.

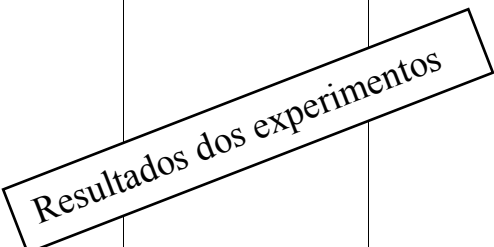
| Fatores levantados pela equipe<br>(componentes) |         |        |     | Respostas dos experimentos<br>(requisitos)                                           |        |     |
|-------------------------------------------------|---------|--------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----|
| base                                            | suporte | esfera | ... | peso                                                                                 | altura | ... |
| -1                                              | -1      | -1     | ... |  |        |     |
| +1                                              | -1      | -1     | ... |                                                                                      |        |     |
| -1                                              | +1      | -1     | ... |                                                                                      |        |     |
| +1                                              | +1      | -1     | ... |                                                                                      |        |     |
| -1                                              | -1      | +1     | ... |                                                                                      |        |     |
| +1                                              | -1      | +1     | ... |                                                                                      |        |     |
| -1                                              | +1      | +1     | ... |                                                                                      |        |     |
| +1                                              | +1      | +1     | ... |                                                                                      |        |     |
| ⋮                                               | ⋮       | ⋮      |     |                                                                                      |        |     |

Figura D.1 - Amostra dos experimentos delineados para definição dos fatores influentes

Além disso, em uma situação real, o alvo e os limites para as especificações destes componentes, tais como as medidas da base, a altura do suporte ou a circunferência da esfera, por exemplo, podem ser mais bem estimados usando SMC. A segunda etapa ( $h=2$ ) do DFSS-QDMC, o Planejamento dos componentes, pode ser vista na Tabela D.2.

Tabela D.2 - Planejamento dos componentes (fase 2) para o desenvolvimento de um pêndulo de Newton

| Requisitos técnicos ↓                   |       | Componentes →      |              |                  |                  |         |                     |                   | max                  |
|-----------------------------------------|-------|--------------------|--------------|------------------|------------------|---------|---------------------|-------------------|----------------------|
|                                         |       | Importância        | Base         | Suporte          | Corda            | Esfera  | Material de fixação | Revestimento base | Revestimento esferas |
| + tipos diferentes de peças encaixáveis | 18,49 | 9                  | 9            | 9                | 9                | 3       | 1                   | 1                 | 9                    |
| - tempo de montagem/desmontagem         | 14,72 | 1                  | 1            | 1                | 3                | 9       |                     |                   | 9                    |
| + vida útil                             | 14,34 | 1                  | 1            | 3                | 3                | 3       | 3                   | 9                 | 9                    |
| + tempo de funcionamento                | 12,33 | 3                  | 3            | 9                | 9                |         |                     | 1                 | 9                    |
| - custo                                 | 11,57 | 9                  | 9            | 9                | 9                | 3       | 3                   | 3                 | 9                    |
| - peso                                  | 9,94  | 9                  | 9            | 3                | 9                | 1       | 1                   | 1                 | 9                    |
| - tamanho da base                       | 9,56  | 9                  | 1            |                  |                  |         | 9                   |                   | 9                    |
| - altura                                | 9,06  | 3                  | 9            |                  |                  |         |                     |                   | 9                    |
| pontuação                               |       | 539,27             | 517,15       | 469,07           | 558,15           | 275,62  | 192,2               | 204,53            |                      |
|                                         |       | 19,57 %            | 18,76 %      | 17,02 %          | 20,25 %          | 10,00 % | 6,97 %              | 7,42 %            |                      |
| prioridade                              |       | 2                  | 3            | 4                | 1                | 5       | 7                   | 6                 |                      |
| tipo                                    |       | Plástico e madeira | Alto e baixo | Plástico e metal | Curta e comprida |         | Verniz e tinta      | Inox e tinta      |                      |

Neste caso, o componente menos importante a ser considerado na produção é o revestimento da base. No entanto, as esferas, a base, o suporte e a corda, nesta ordem, são os componentes que merecem os maiores investimentos. Vale também destacar que todos os requisitos foram devidamente considerados ao definir os componentes pois sempre há ao menos uma relação forte dos requisitos com algum dos componentes.

Da mesma forma que ocorreu da primeira para a segunda fase, as colunas priorizadas da segunda matriz passaram a ser as linhas da terceira e, desta vez, as colunas foram preenchidas com os processos necessários para atingir as características desejáveis dos componentes. Outro DOE pode ser conveniente nesta etapa para classificar as relações entre componentes e operações ou para auxiliar na definição das priorizações, por exemplo. A média e o desvio-padrão das características dos processos podem também ser estimados por SMC.

A Tabela D.3 mostra como esta terceira etapa ( $h=3$ ) do DFSS-QDMC, o Planejamento dos processos, foi conduzida pelos alunos da graduação.

Tabela D.3 - Planejamento dos processos (fase 3) para o desenvolvimento de um pêndulo de Newton

| Processos de fabricação |       | Importância                      |                   |                     |                                     |                   |                  |                   |                  |                  |                          |                           |                          | max |
|-------------------------|-------|----------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|-----|
| Componentes             |       | Comprar matéria-prima para bases | Cortar bases      | Envernizar bases    | Comprar matéria-prima para suportes | Moldar suportes   | Comprar cordas   | Cortar cordas     | Comprar esferas  | Revestir esferas | Fixar esferas nas cordas | Fixar cordas nos suportes | Fixar suportes nas bases |     |
| Esfera                  | 20,25 |                                  |                   |                     |                                     | 3                 |                  |                   | 9                | 9                | 9                        |                           |                          | 9   |
| Base                    | 19,57 | 9                                | 9                 | 9                   |                                     | 3                 |                  |                   |                  |                  |                          |                           | 9                        | 9   |
| Suporte                 | 18,76 |                                  |                   |                     | 9                                   | 9                 |                  |                   |                  |                  |                          | 9                         | 9                        | 9   |
| Corda                   | 17,02 |                                  |                   |                     |                                     | 3                 | 9                | 3                 |                  |                  | 9                        | 9                         |                          | 9   |
| Material de fixação     | 10,00 | 3                                |                   | 3                   | 3                                   | 3                 | 3                | 1                 | 3                | 3                | 9                        | 9                         | 3                        | 9   |
| Revestimento esferas    | 7,42  |                                  |                   |                     |                                     | 1                 |                  |                   | 3                | 9                | 9                        |                           |                          | 9   |
| Revestimento base       | 6,97  | 3                                | 3                 | 9                   |                                     | 1                 |                  |                   |                  |                  |                          |                           | 3                        | 9   |
| pontuação               |       | 27,04                            | 197,04            | 268,86              | 198,84                              | 383,75            | 183,18           | 61,06             | 234,51           | 279,03           | 492,21                   | 412,02                    | 395,88                   |     |
|                         |       | 6,81 %                           | 5,91 %            | 8,07 %              | 5,97 %                              | 11,51 %           | 5,50 %           | 1,83 %            | 7,04 %           | 8,37 %           | 14,77 %                  | 12,36 %                   | 11,88 %                  |     |
| prioridade              |       | 8                                | 10                | 6                   | 9                                   | 4                 | 11               | 12                | 7                | 5                | 1                        | 2                         | 3                        |     |
| tipo                    |       | Demora do pedido                 | Tempo para cortar | Espessura do verniz | Demora do pedido                    | tempo para moldar | Demora do pedido | Tempo para cortar | Demora do pedido | Espessura        | Tempo                    | Tempo                     | Tempo                    |     |
| unidade                 |       | dias                             | s                 | mm                  | dias                                | min               | dias             | s                 | dias             | mm               | s                        | min                       | min                      |     |
| Alvo                    |       | 5                                | 30                | 1                   | 5                                   | 1                 | 3                | 5                 | 7                | 0,5              | 30                       | 20                        | 30                       |     |
| LSL                     |       | 0,8                              |                   |                     |                                     |                   |                  | 0,4               |                  |                  |                          |                           |                          |     |
| USL                     |       | 7                                | 33                | 1,1                 | 7                                   | 1,1               | 5                | 15                | 10               | 0,7              | 45                       | 35                        | 40                       |     |
| Média                   |       | 6                                | 32                | 0,8                 | 5                                   | 0,8               | 4                | 10                | 7                | 0,6              | 30                       | 23                        | 30                       |     |
| Desvio padrão           |       | 2                                | 5                 | 0,01                | 1                                   | 0,2               | 2                | 3                 | 1                | 0,2              | 5                        | 2                         | 5                        |     |
| Defeituosos (ppm)       |       | 100                              | 200               | 2                   | 2                                   | 4                 | 50               | 9000              | 10               | 20               | 500                      | 4                         | 1                        |     |

Nesta etapa, foi definido que os processos que devem ser priorizados na produção são a fixação das esferas na corda, da corda no suporte e do suporte na base. O molde do suporte e o revestimento das esferas também devem ser considerados. Os processos de cortar e comprar as cordas ou de cortar as bases são os menos importantes.

Caso algum componente não seja considerado no Planejamento dos processos ( $\max < 9$ ), é interessante verificar o motivo. Pode ser um erro de projeto ou pode ser que não haja realmente

processo de produção para este item por ser comprado pronto. A parte inferior da tabela é dedicada a um estudo estatístico simplificado dos processos e a ideia do DFSS, assim como do SS, é que a produção seja otimizada até que se atinja o valor de 3,4 ppm (partes defeituosas por milhão de oportunidades).

Na última etapa, os métodos de controle do processo são definidos para as operações consideradas na fase anterior. Além disso, dados referentes à medição são disponibilizados nesta tabela e podem ser alterados de acordo com as necessidades de cada projeto. A Tabela D.4 mostra esta quarta e última fase ( $h=4$ ) do DFSS-QDMC, o Controle dos processos, finalizando o projeto piloto da implementação do DFSS.

Tabela D.4 - Controle dos processos (fase 4) para o desenvolvimento de um pêndulo de Newton

| Processos de fabricação             | Importância | Inspeção visual | Control Chart   | Ensaio     | Análise de capacidade | max |
|-------------------------------------|-------------|-----------------|-----------------|------------|-----------------------|-----|
|                                     |             | Inspeção visual | Control Chart   | Ensaio     | Análise de capacidade |     |
| Fixar esferas nas cordas            | 14,77       | 9               |                 | 3          | 9                     | 9   |
| Fixar cordas nos suportes           | 12,36       | 9               |                 | 3          | 9                     | 9   |
| Fixar suportes nas bases            | 11,88       | 9               |                 | 3          | 9                     | 9   |
| Moldar suportes                     | 11,51       | 1               | 9               | 3          |                       | 9   |
| Revestir esferas                    | 8,37        | 3               | 9               |            |                       | 9   |
| Envernizar bases                    | 8,07        | 3               | 9               |            |                       | 9   |
| Comprar esferas                     | 7,04        | 1               |                 | 9          | 9                     | 9   |
| Comprar matéria-prima para bases    | 6,81        | 1               |                 | 9          | 9                     | 9   |
| Comprar matéria-prima para suportes | 5,97        | 1               |                 | 9          | 9                     | 9   |
| Cortar bases                        | 5,91        | 3               |                 |            |                       | 3   |
| Comprar cordas                      | 5,50        | 1               |                 | 9          | 9                     | 9   |
| Cortar cordas                       | 1,83        | 3               |                 |            |                       | 3   |
| pontuação                           |             | 203,12          | 147,93          | 245,69     | 280,96                |     |
| prioridade                          |             | 23,14%          | 16,85%          | 27,99%     | 32,01%                |     |
| Frequência de checagem              |             | A cada peça     | A cada operação | Amostragem | A cada peça           |     |
| Referência                          |             | SOP01           | SOP02           | SOP03      | SOP04                 |     |
| Outros dados                        |             | ...             | ...             | ...        | ...                   |     |

Novamente a importância de cada operação é dada pela pontuação ponderada calculada na fase anterior e uma relação é estabelecida entre os métodos de controle e as operações para que os métodos sejam devidamente priorizados.

A fixação dos componentes do pêndulo uns nos outros são operações prioritárias a serem controladas. Quanto ao método, a análise da capacidade é mais usada do que os outros deve ser priorizada caso seja necessário escolher apenas um dos métodos para investir ou aprimorar.