

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO  
ORIENTADO À CUSTOMIZAÇÃO EM  
MASSA**

**DIEGO DE CASTRO FETTERMANN**

Porto Alegre

2013

Fettermann, Diego de Castro  
Desenvolvimento de Produto Orientado à Customização  
em Massa / Diego de Castro Fettermann. -- 2013.  
183 f.

Orientadora : Márcia Elisa Soares Echeveste.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia de Produção, Porto Alegre, BR-  
RS, 2013.

1.Desenvolvimento de Produto. 2.Customização em  
Massa. 3.Métodos, Ferramentas e Técnicas para o PDP. I.  
Echeveste, Márcia Elisa Soares, orient. II. Título.

DIEGO DE CASTRO FETTERMANN

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO ORIENTADO À CUSTOMIZAÇÃO EM  
MASSA**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia, na área de concentração em Sistemas de Qualidade.

Orientador: Márcia Elisa Soares Echeveste, Dr<sup>a</sup>.

Porto Alegre

2013

DIEGO DE CASTRO FETTERMANN

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO ORIENTADO A CUSTOMIZAÇÃO EM  
MASSA**

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

---

Márcia Elisa Soares Echeveste, Dr<sup>a</sup>.  
PPGEP/UFRGS  
Orientadora

---

José Luis Duarte Ribeiro, Dr.  
PPGEP/UFRGS  
Coordenador

**Banca Examinadora:**

Professor Flávio Sanson Fogliatto, Dr. (PPGEP/UFRGS)

Professor Henrique Rozenfeld, Dr. (NUMA/USP)

Professor Régis Kovacs Scalice, Dr. (DEPS/UDESC)

## **RESUMO**

A Customização em Massa (CM) consiste em uma estratégia direcionada ao atendimento de necessidades específicas dos clientes mantendo os custos de produção próximos à produção em massa. Entre as alternativas para promover a implantação da CM, sugere-se a promoção de maior flexibilidade dos processos produtivos e um Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) orientado à CM. Como forma promover a CM por meio do PDP, este trabalho tem por objetivo desenvolver um instrumento para identificar e selecionar métodos, ferramentas e técnicas para o PDP orientado à CM mais indicadas para as particularidades do projeto de desenvolvimento de produto de cada empresa. Entre os resultados do trabalho está o levantamento desses métodos, ferramentas e técnicas para o PDP orientado à CM dispersas na literatura, assim como o desenvolvimento de mecanismos para a seleção destes métodos, ferramentas e técnicas para o PDP. Sua principal contribuição consiste no desenvolvimento de um repositório de conhecimentos para a gestão do processo de transformação do PDP da empresa para os benefícios da estratégia de CM.

Palavras-chave: Desenvolvimento de Produto. Customização em Massa. Métodos, Ferramentas e Técnicas para o PDP.

## **ABSTRACT**

Mass Customization seeks to meet customers specific needs while maintaining the low production costs associated with mass production. Its implementation passes through a greater flexibility of the manufacturing system and a New Product Development (NPD) process oriented to Mass Customization. This study aims to identify and select methods, tools and techniques for the New Product Development necessary for Mass Customization implementation. Its main achievement is the consolidation of a useful library of these methods, tools and techniques and a system to aid the selection of the most appropriate solution to implement Mass Customization.

Keywords: New Product Development. Mass Customization. Methods, Tools and Techniques for the NPD.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Quadro resumo das entrevistas realizadas.....	19
Figura 1.2 - Estrutura para a execução da tese .....	22
Figura 1.3 - Integração dos artigos no PDP orientado à CM .....	23
Figura 1.4 - Quadro resumo dos artigos que integram esta tese.....	25
Figura 2.1 - Design for Mass Customization (DFMC).....	36
Figura 2.2 - Representação dos conceitos de plataforma de produto, módulos/componentes e família de produtos .....	37
Figura 2.3 - Mapeamento da interface entre cliente e produção para a customização de produtos .....	39
Figura 2.4 - Nível de CM verificado no setor de móveis modulados seguindo a estrutura de níveis de postergação.....	48
Figura 2.5 - Comparação entre a teoria e o verificado nas empresas .....	50
Figura 2.6 - Síntese dos resultados e oportunidades de pesquisa .....	51
Figura 3.1 - Termos encontrados na literatura relacionados ao tema .....	60
Figura 3.2. Etapas executadas para a coleta de dados.....	64
Figura 3.3. Recursos dos configuradores <i>online</i> de produtos analisados.....	65
Figura 3.4. Roteiro de análise de dados. ....	66
Figura 4.1 - Método de revisão sistemática (adaptado de KITCHENHAM, 2004) .....	81
Figura 4.2 - Descritivo dos períodos de publicação .....	86
Figura 4.3 - Localização das instituições sede dos autores com artigos selecionados ...	87
Figura 4.4 - Agrupamentos de métodos e ferramentas de PDP.....	90
Figura 4.5 – Aplicações das práticas recomendadas para o projeto de plataforma de produtos .....	93
Figura 4.6 - Técnicas recomendadas para o projeto da plataforma de produtos .....	94
Figura 4.7 - Aplicações das práticas recomendadas para a Integração do Cliente ao PDP .....	96
Figura 4.8 - Técnicas recomendadas para a integração do cliente .....	97
Figura 4.9 - Aplicações das práticas recomendadas para o Projeto de Manufatura .....	98
Figura 4.10 - Técnicas recomendadas para o projeto de manufatura .....	98
Figura 4.11 - Aplicações das práticas recomendadas para o Planejamento do Projeto ..	99
Figura 4.12 - Técnicas recomendadas para o planejamento do projeto.....	100
Figura 5.1 - Características dos projetos de desenvolvimento de produto utilizadas para sua classificação.....	112
Figura 5.2 - Comparativo entre os níveis de customização associados à categorização do produto.....	115

Figura 5.3 - Dimensões que afetam a definição do nível de customização .....	119
Figura 5.4 - Modelo referencial de PDP proposto por Ulrich e Eppinger (2000).....	121
Figura 5.5 - Resultado parcial da consolidação das práticas de PDP .....	126
Figura 5.6 - Etapas de aplicação do protocolo .....	126
Figura 5.7 - Entrada, método e saída na etapa de adaptação do modelo referencial de PDP .....	127
Figura 5.8 - Entrada, método e saída na etapa de selecionar nível de customização ...	127
Figura 5.9 – Banco de dados parcial para a identificação das práticas de PDP .....	128
Figura 5.10 - Entrada, método e saída na etapa de identificação de práticas de PDP ..	128
Figura 5.11 - Entrada, método e saída na etapa de seleção da prática de PDP .....	129
Figura 5.12 - Adaptação do modelo referencial para o projeto.....	130
Figura 5.13 – As práticas de PDP ordenadas de acordo com a sua contribuição ao projeto de produto (WP <sub>K</sub> ).....	131
Figura 5.14 – Informações sobre a aplicação da prática P <sub>4</sub> .....	132
Figura 6.1 - Técnicas recomendadas identificadas na revisão de literatura.....	144
Figura 6.2 - Técnicas recomendadas e atividades do PDP.....	145
Figura 6.3 - Etapas de aplicação da ferramenta.....	148
Figura 6.4 - <i>Wireframe</i> para adaptar o modelo referencial de PDP - Desenvolvimento do Conceito.....	149
Figura 6.5 - Adaptação do modelo referencial para o projeto.....	150
Figura 6.6 - <i>Wireframe</i> proposto para a seleção do nível de customização.....	151
Figura 6.7 – <i>Wireframe</i> com a contribuição das técnicas analíticas para o PDP para o projeto de produto (WT <sub>K</sub> ).....	152
Figura 6.8 - <i>Wireframe</i> com a contribuição das técnicas computacionais para o PDP para o projeto de produto (WT <sub>K</sub> ) .....	153
Figura 6.9 - <i>Wireframe</i> parcial para a seleção das técnicas analíticas no projeto do produto.....	154
Figura 6.10 - <i>Wireframe</i> para a seleção das técnicas computacionais no projeto do produto.....	155



## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Análise descritiva das variáveis explicativas das empresas com e sem configuradores online de produto .....	68
Tabela 3.2 - Análise de regressão logística (logit) múltipla com as variáveis comerciais explicativas .....	69
Tabela 3.3 - Frequências dos recursos dos configuradores de produto com diferença significativa entre o padrão 'A' e o padrão 'B' de configuradores (teste qui quadrado).....	71
Tabela 3.4 - Diferença de médias dos recursos dos configuradores de produto com diferença significativa entre o padrão 'A' e o padrão 'B' de configuradores (teste U Mann-Whitney).....	71
Tabela 3.5 - Análise descritiva das variáveis comerciais explicativas das empresas de acordo com o padrão de configuradores <i>online</i> de produto .....	72
Tabela 3.6 - Análise de regressão logística (logit) múltipla com as variáveis comerciais explicativas .....	72
Tabela 3.7 - Relação das características dos configuradores online de produto analisados .....	74
Tabela 4.1 - Artigos selecionados.....	84
Tabela 4.2- Análise dos periódicos.....	86
Tabela 4.3 - Descritivo da origem dos autores.....	88
Tabela 4.4 - Autores mais frequentes .....	89
Tabela 4.5 - Histórico de publicações entre os agrupamentos .....	91
Tabela 5.1- Artigos com propostas de práticas de PDP orientadas a CM .....	122

## ABREVIACÕES

AIC - Akaike Information Criterion	LCA – Life Cycle Assessment
AHP – Analytic Hierarchy Process	MDF – Medium Density Fiberboard
AR – Augmented Reality	MDP – Medium Density Particleboard
ASP – Active Server Pages	MFD – Modular Function Deployment
ATO – Assembly to Order	MTO – Make to Order
BIC - Bayesian Information Criterion	MTS – Make to Stock
BOM – Bill of Materials	NPD – New Product Development
CAD – Computer Aided Design	PDM – Product Data Management
CAE – Computer Aided Engineering	PDP – Processo de Desenvolvimento de Produto
CAM – Computer Aided Manufacturing	PFA – Product Family Architecture
CAPP – Computer Aided Process Planning	PLM – Product Lifecycle Management
CIM – Computer Integrated Manufacturing	ppXML – Platform Product eXtensible Markup Language
CM – Customização em Massa	QFD – Quality Function Deployment
CNC – Computer Numeric Control	ROC - Receiver Operating Characteristic
CORBA – Common Object Request Broker Architecture	SCL – Standard Component Library
DFA – Design for Assembly	SOAP – Simple Object Access Protocol
DFM – Design for Manufacturing	TOPSIS – Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution
DFMC – Design for Mass Customization	VR – Virtual Reality
DOE – Design of Experiment	VRML – Virtual Reality Modeling Language
DP – Desvio Padrão	XML – eXtensible Markup Language
DSM – Design Structure Matrix	
EDI – Eletronic Data Interchange	
ETO – Engineering to Order	
FAHP – Fuzzy Analytic Hierarchy Process	
FMS – Flexible Manufacturing Systems	
GA – Genetic Algorithm	
GT – Group Technology	
HTML – Hyper Text Markup Language	
HTTP – Hipertext Transfer	
KQML – Knowledge Query Manipulation Language	

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
1.1 Problema de pesquisa.....	17
1.1.1 Motivação prática para o tema .....	18
1.2 Questão e Objetivo da pesquisa.....	21
1.2.1 Objetivo Geral .....	21
1.2.2 Objetivos específicos .....	21
1.3 Estrutura da pesquisa .....	21
1.4 Delimitações da Tese .....	28
Referências .....	28
<b>2 ARTIGO 1 - DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO PARA CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA: ALTERNATIVAS PARA O SETOR DE MÓVEIS MODULADOS .....</b>	<b>33</b>
2.1 Introdução.....	34
2.2 Design for Mass Customization (DFMC).....	36
2.2.1 Processo de interface entre cliente e produção para a customização em massa de produtos .....	38
2.2.2 Níveis de customização em massa.....	40
2.3 Indústria de móveis modulados .....	41
2.4 Método de pesquisa .....	42
2.5 Resultados .....	43
2.5.1 Interface entre cliente e produção para a customização.....	43
2.5.2 Nível de customização utilizado no setor de modulados.....	48
2.5.3 Discussão dos resultados.....	49
2.6 Considerações finais .....	51
Referências .....	52
<b>3 WHEN AND HOW TO USE THE ONLINE CONFIGURATOR IN THE AUTOMOBILE INDUSTRY .....</b>	<b>55</b>
3.1 Introdução.....	55
3.2 Revisão de Literatura .....	58
3.2.1 Customização em Massa.....	58
3.2.2 Envolvimento do cliente na CM.....	59

3.2.3	Configuradores de Produto.....	59
3.3	Procedimentos Metodológicos .....	63
3.3.1	Coleta de Dados.....	64
3.3.2	Recursos dos configuradores online de produto analisados.....	64
3.3.3	Análise de dados.....	66
3.4	Resultados .....	68
3.4.1	Identificar a relação entre as variáveis comerciais e a decisão da empresa em utilizar a estratégia de CM com a disponibilização do configurador online de produto.....	68
3.4.2	Identificar a relação entre as variáveis comerciais com a decisão da empresa em disponibilizar um configurador de produto com uma combinação específica de recursos .....	70
3.5	Considerações finais .....	75
	Referências .....	75
<b>4</b>	<b>DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO ORIENTADO À CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DOS MÉTODOS APLICADOS AO PROJETO DO PRODUTO .....</b>	<b>79</b>
4.1	Introdução.....	79
4.2	Estratégia de pesquisa .....	81
4.2.1	Questões de pesquisa .....	81
4.2.2	Processo de busca .....	82
4.2.3	Critérios de inclusão e exclusão .....	82
4.2.4	Avaliação da qualidade do estudo .....	83
4.2.5	Coleta de dados.....	83
4.2.6	Análise de dados.....	83
4.3	Resultados .....	84
4.3.1	Análise bibliográfica.....	84
4.3.2	Análise das práticas .....	89
4.3.3	Oportunidades de pesquisa.....	100
4.4	Considerações Finais.....	102
	Referências .....	102
<b>5</b>	<b>SELEÇÃO DE PRÁTICAS DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO ORIENTADO À CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA .....</b>	<b>108</b>
5.1	Introdução.....	108
5.2	Revisão de Literatura .....	111
5.2.1	Adaptação do modelo referencial de PDP .....	111

5.2.2	Níveis de Customização.....	113
5.2.3	Identificação do nível de customização .....	117
5.3	Desenvolvimento do protocolo para seleção de práticas de desenvolvimento de produto orientado à CM .....	120
5.3.1	Seleção do modelo referencial de PDP .....	120
5.3.2	Seleção da classificação do nível de customização .....	121
5.3.3	Levantamento das práticas de PDP.....	122
5.3.4	Associação entre atividades e práticas do PDP.....	123
5.3.5	Associação entre atividades do PDP e níveis de customização .....	124
5.3.6	Consolidação das práticas associadas a atividades e níveis de customização	125
5.4	Protocolo para seleção de práticas de desenvolvimento de produto orientado à CM ....	126
5.4.1	Adaptar modelo referencial de PDP .....	126
5.4.2	Selecionar nível de customização.....	127
5.4.3	Identificar práticas de PDP.....	127
5.4.4	Seleção da prática de PDP.....	129
5.5	Aplicação do Protocolo.....	129
5.5.1	Adaptação do modelo referencial .....	129
5.5.2	Seleção do nível de customização .....	130
5.5.3	Identificação das práticas de PDP .....	131
5.5.4	Seleção da prática de PDP.....	131
5.6	Considerações finais .....	132
	Referências .....	133
<b>6</b>	<b>FERRAMENTA DE SUPORTE À DECISÃO PARA SELEÇÃO DE TÉCNICAS PARA O PDP ORIENTADO À CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA.....</b>	<b>140</b>
6.1	Introdução.....	140
6.2	Desenvolvimento da ferramenta de suporte a decisão para a seleção e aplicação de técnicas para o PDP orientado à CM .....	142
6.2.1	Levantamento das técnicas para o PDP orientado à CM.....	142
6.2.2	Associação entre atividades do PDP e níveis de customização .....	145
6.2.3	Identificação das técnicas para o projeto .....	147
6.2.4	Consolidação dos dados.....	147
6.3	Aplicação da ferramenta de suporte a decisão para a seleção e aplicação de técnicas para o PDP orientado à CM.....	148
6.3.1	Adaptação do modelo referencial de PDP .....	148
6.3.2	Seleção do nível de customização .....	150

6.3.3 Contribuição das técnicas para o PDP .....	151
6.3.4 Seleção das técnicas para o projeto.....	153
6.4 Considerações finais .....	156
Referências .....	156
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>161</b>
7.1 Sugestão para trabalhos futuros .....	162
Referências .....	163
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>164</b>
Apêndice A .....	164
Apêndice B .....	167
Apêndice C .....	168
Apêndice D .....	169
Apêndice E .....	178

## 1 INTRODUÇÃO

O paradigma da produção até a década de 1980, denominado de sistema americano de manufatura, estava baseado em mercados de massa, projetos padronizados e altos volumes de produção (HAYES; PISANO, 1994). Desde então, o aumento da demanda por variedade de produtos e serviços tem direcionado as empresas para a Customização em Massa (CM) (PINE II, 1993). Seu principal objetivo consiste em produzir produtos que atendam aos requisitos individuais dos clientes com custos similares aos manufaturados em massa (PILLER, 2004). Desta forma, a CM está relacionada à habilidade em disponibilizar produtos ou serviços customizados por meio de processos flexíveis a custos relativamente baixos (DA SILVEIRA et al., 2001).

A transição desde a produção em massa para a CM tende a ser um problema complexo nas empresas. A implantação e operação de novas estratégias de manufatura, como no caso da CM, supera a compreensão do funcionamento da própria estratégia e incorpora o projeto e a transformação da estrutura organizacional vigente para outra com capacidade de atingir aos objetivos planejados (MACCARTHY, 2004). Mesmo que a capacidade da CM em agregar valor aos clientes seja reconhecida na literatura (PINE II, 1993; KOTHA, 1995; DA SILVEIRA et al., 2001) e verificada em diversos casos, como Motorola (EASTWOOD, 1996), Hewlett Packard-HP (FEITZINGER; LEE, 1997), vestuário (PAN; HOLLAND, 2006; ULRICH et al., 2003) e Adidas (PILLER et al., 2012) não é realidade para todas as empresas. Casos de fracasso como da Procter & Gamble Coffee ou mesmo a dificuldade da indústria automobilística em implementar a CM são frequentes (POLLARD et al., 2008). A compreensão das condições de mercado além da disponibilidade de tecnologias também dificultam o planejamento da transição de uma estratégia de Produção em Massa para a CM (ZIPKIN, 2001). A percepção de agregação de valor disponibilizada pela possibilidade de customização tende a depender do perfil do cliente e não é constante ao longo do tempo (SQUIRE et al., 2004). Estas dificuldades contribuem para tornar ainda mais complexo o problema de como implementar um modelo de negócio baseado na estratégia de CM.

O principal desafio da CM consiste na produção de uma maior variedade de produtos mantendo as vantagens de economia de escala de produção. Como forma de atingir este objetivo, destacam-se a aplicação de tecnologias de manufatura, tais como: *Flexible Manufacturing Systems* (FMS); *Computer Aided Manufacturing* (CAM), *Computer Aided Design* (CAD) entre outras (PINE II, 1993; KOTHA, 1995; DA SILVEIRA et al., 2001). Além disso, também se faz importante desenvolver o produto alinhado à estratégia de CM, por meio da inserção de métodos, ferramentas e técnicas aplicadas durante o Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP), com destaque à modularidade (GILMORE; PINE II, 1997; SALVADOR et al., 2002; JOSE; TOLLENAERE, 2005). Dentro do desenvolvimento

de produto, ainda é possível identificar três diferentes ênfases de estudo para o alinhamento do PDP à estratégia de CM.

A primeira ênfase consiste na adequação do PDP à estratégia de CM. Consiste em propostas direcionadas à estruturar o processo de desenvolvimento à estratégia de CM, frequentemente denominadas como *Design for Mass Customization* (DFMC) (TSENG; JIAO, 1996; 2001; JIAO et al., 2003, JIAO; TSENG, 2004; MARION et al., 2006). Apesar do DFMC ter como objetivo ampliar a visão do desenvolvimento de um produto único para uma família de produtos, incorporando o processo de venda, marketing, distribuição e serviços (TSENG; JIAO, 1996, 1998a, 1998b, JIAO et al., 2003), seu foco permanece concentrado ao projeto de arquitetura modular de produto. De acordo com o DFMC, a estrutura do PDP deve considerar a pesquisa dos requisitos funcionais do produto, sua análise a partir das questões de manufatura, tecnologia e sua tradução em uma arquitetura modular de produto, que busca atender aos requisitos funcionais ao mesmo tempo que visa otimizar a comunalidade de componentes (TSENG; JIAO, 1998a; JIAO et al., 2003). Além do DFMC, existem outras propostas que procuram estruturar o processo de desenvolvimento direcionado à CM. Helander e Jiao (2002) propõem um modelo de desenvolvimento de produtos a serem customizados por meio da internet. Tseng et al. (2010), desenvolve outro modelo de PDP direcionado para o desenvolvimento de produtos com alto nível de customização, ou seja, que podem ser personalizados pelo cliente.

A segunda ênfase de pesquisa consiste nos facilitadores para o PDP que contribuem para a promoção da CM. Esses estudos têm por característica identificar questões que afetam o desempenho do PDP orientado à CM. Entre esses facilitadores, estão o efeito da tecnologia da informação na integração dos agentes durante o processo de customização (YASSINE et al. 2004; MING et al., 2007; PENG et al., 2011), linguagens de *softwares* que contribuem para esta integração (HEMETSBERGER et al., 2007; HUANG et al., 2008) e utilização de configuradores de produto para integrar o cliente durante o processo (FRANKE; PILLER, 2004; HIPPEL; KATZ, 2002, FRANKE et al., 2010). Também podem ser incluídos nesta área estudos sobre o efeito do envolvimento do fornecedor no PDP (LAU, 2011), do cliente (DA SILVEIRA, 2011; ULRICH, 2011), da utilização de ferramentas baseadas na internet (BÜYÜKÖZKANA et al., 2007), da integração da cadeia de suprimentos e seus efeitos na melhoria do projeto de produto modular e agilidade no processo de customização (RO et al., 2007; TRAPPEY et al., 2008).

A terceira ênfase, abriga os métodos, ferramentas e técnicas desenvolvidos e aplicados no PDP orientado à CM. Em razão da sobreposição entre os conceitos de método e ferramenta e seguindo denominação da literatura (GRIFFIN, 1997), nesse trabalho utiliza-se o termo 'prática' como uma denominação mais genérica para métodos e ferramentas. As práticas têm por característica suportar ou executar algumas atividades do processo de desenvolvimento do



produto, mantendo a estrutura do modelo de desenvolvimento de produto utilizado. As práticas de PDP orientadas à promoção da CM possuem foco diversificado, podendo ser aplicadas em diversas fases do processo de desenvolvimento. Verificam-se práticas recomendadas para atividades iniciais do PDP, como análise das oportunidades de negócio (TANG et al., 2005) até para as atividades de lançamento do produto, como desenvolver o plano de vendas para o produto customizado (JIAO et al., 2007). Autores destacam uma maior concentração de práticas de PDP recomendadas para o projeto da arquitetura de produto (SALVADOR et al., 2002, JOSE; TOLLEANARE, 2005). Ainda neste tema, também são frequentes práticas com propostas de indicadores de comunalidade de componentes (VOSS; HSUAN, 2009, JOHNSON; KIRCHAIN, 2010) e com a utilização de algoritmos genéticos para a otimização desta comunalidade (MEEHAN et al., 2007; LIU et al., 2010; QU et al., 2011). Além das atividades relacionadas a arquitetura do produto, verificam-se práticas de PDP direcionadas a diversas outras atividades, tais como sistematização do projeto do produto orientado a CM (KARPOWITZ et al., 2008; HUANG et al., 2008), sistemas para otimizar o custo do produto customizado (TU et al., 2007), até o desenvolvimento de mecanismos de vendas para produtos customizados (MA et al., 2007; GOLOGLU; MIZRAK, 2011).

## 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

O estudo de como implementar e operar novas estratégias de manufatura, como no caso da CM, consiste em um importante tema de pesquisa para a Gestão de Operações (MACCARTHY, 2004). Segundo McCarthy (2004), a dificuldade na implementação da CM reside na falta de propostas para determinar como projetar e transformar o processo atual para atingir aos novos objetivos. Neste caso, ressalta-se a importância de pesquisas direcionadas a implementação da CM (FOGLIATTO et al., 2003; MACARTHY, 2004; FOGLIATTO et al., 2012).

Esse problema também se apresenta no PDP, visto que os estudos desenvolvidos na área possuem baixa aderência à realidade dos projetos de desenvolvimento das empresas (KAHN et al., 2012). Lau (2011) menciona a falta de estudos sobre a coordenação de projetos de produtos modulares com a participação de clientes, fornecedores e os setores internos da empresa. Büyüközkana et al. (2007) mencionam o desenvolvimento de tecnologias de informação e de comunicação aplicadas no desenvolvimento de novos produtos baseadas na internet como um importante facilitador da CM. Neste sentido, a aplicação destas tecnologias consiste em um importante fator para acelerar o processo de desenvolvimento, aumentar a produtividade, colaboração, comunicação e a coordenação de equipes de projeto (BÜYÜKÖZKANA et al., 2007).

Uma pesquisa realizada com empresas de manufatura sobre as dificuldades para a implementação da CM indica como principal problema a falta de compreensão das demandas dos clientes (ÅHLSTRÖM; WESTBROOK, 1999). Ogawa e Piller (2006) mencionam que a

falta de compreensão do mercado consiste na principal causa de fracasso no desenvolvimento de novos produtos. Para tanto sugerem que a implementação da CM como uma alternativa para reduzir o risco e aumentar o conhecimento do comportamento mercado (OGAWA; PILLER, 2006).

Entretanto, a dificuldade em implementar propostas relacionadas a estes problemas consiste em um importante dificuldade para o desenvolvimento da CM. A falta de compreensão das demandas dos clientes (ÅHLSTRÖM; WESTBROOK, 1999) poderia ser tratada por meio da integração do cliente ao processo com a utilização do configurador de produto, viabilizando a obtenção de informações sobre o comportamento do cliente e suas necessidades (TSENG et al., 2010). A partir deste problema, a implementação destas melhorias poderia ser promovida a partir do emprego de práticas de PDP. Com este objetivo, a prática desenvolvida por Chen e Wang (2008) propõe um método para compreensão das necessidades dos clientes ou de práticas para a estruturação e desenvolvimento do configurador de produto, como as propostas por Jiao et al., (2007) e Ma et al. (2007).

Dessa forma, se identifica uma falta de aderência na interface entre a ênfase de estudos sobre a adequação do PDP à estratégia de CM e o desenvolvimento de métodos, ferramentas e técnicas de PDP orientado à CM. A dificuldade de identificação, seleção e incorporação desses métodos, ferramentas e técnicas ao PDP das empresas constitu-se em uma possibilidade de contribuição para a implementação da estratégia de CM por meio do PDP.

#### **1.1.1 Motivação prática para o tema**

Apesar de se identificar uma grande quantidade e variedade de práticas na literatura (SMITH et al., 2012), a implementação destas práticas de PDP orientadas à CM na realidade dos processos de desenvolvimento das empresas é complexa. Como forma de confrontar o problema identificado na literatura com a realidade encontrada nas empresas foi realizado um estudo exploratório sobre a aplicação da estratégia de CM no desenvolvimento de produto. Para tanto, foram realizadas visitas técnicas e entrevistas com profissionais de diversas empresas de manufatura como forma de identificar as seguintes questões: (i) Existe a expectativa de agregação de valor aos produtos da empresa com a aplicação da estratégia de CM? (ii) Quais são as iniciativas planejadas, em andamento ou já implementadas da empresa na direção do desenvolvimento da CM? (iii) Em relação ao desenvolvimento de produto, quais as iniciativas planejadas, em andamento ou já implementadas na empresa? (iv) Quais as dificuldades e oportunidades encontradas em direcionar o PDP da empresa para a estratégia de CM? A Figura 1.1 apresenta um resumo dos profissionais entrevistados assim como o setor de atuação. O resultado destas entrevistas é apresentado a seguir de forma resumida.

Cargo	Setor	Empresa
Gerente de projeto de tratores utilitários	Automotivo	Multinacional fabricante de implementos agrícolas
Gerente de projetos de novos produtos	Automotivo	Multinacional fabricante de caminhões
Gerente de projeto da linha de ar condicionados	Linha branca	Multinacional fabricante de equipamentos domésticos
Gerente de qualidade e o Gerente de projeto	Madeireiro	Nacional fabricante de insumos e produtos de madeira processada
Gerente de engenharia, Gerente de projetos de novos produtos e Coordenador de modularidade	Metal Mecânico	Nacional fabricantes de equipamentos para abate de animais e frigoríficos

Figura 1.1 - Quadro resumo das entrevistas realizadas  
Fonte: Elaborado pelo autor

O caso da multinacional produtora de implementos agrícolas foi estudado por meio de visita técnica à empresa e entrevista com o gerente de projetos para a plataforma de tratores utilitários (pequeno porte até 100cv) em maio de 2010. Foi relatada a dificuldade para estabelecer a variedade do portfólio de opções nesta linha de produtos. Até então, estas decisões eram realizadas pela equipe de projeto, não sendo aplicada nenhuma prática específica para definir o portfólio de produtos nem para estabelecer a comunalidade de subsistemas e componentes entre os produtos. Neste caso, práticas direcionadas ao projeto da arquitetura do produto e formação da plataforma de produto e família de produtos (HUANG; HALEVI, 2003; LIU et al., 2010) ou direcionada para otimizar o aproveitamento dos módulos entre os produtos (XU et al., 2007) poderiam contribuir neste problema.

Na empresa fabricante de caminhões também foi realizada uma visita técnica e uma entrevista com o gerente de projetos de novos produtos da empresa em setembro de 2010. Foi relatado pelo gerente o caso do desenvolvimento de uma plataforma para a base das carrocerias dos caminhões. Atualmente, a base das carrocerias não atende à família de caminhões, tendo cada produto uma base diferente. Para realizar esta padronização seria necessário um levantamento e definição dos furos na base de carroceria de forma a abrigar uma maior quantidade de modelos de caminhões. Em razão da dificuldade de padronização, este projeto ainda não havia sido executado. A partir do caso relatado, é possível identificar que não houve um planejamento de família de produtos visando a padronização de subsistemas do produto. Aparentemente, neste caso o emprego da prática proposta por Qu et al. (2011) para o desenvolvimento e otimização da plataforma de produto poderia ser recomendada.

A linha branca têm por característica possuir uma maior variedade de produtos com a possibilidade de padronização de subsistemas entre esses produtos. Este é o caso da fabricante multinacional analisado. Durante o ano de 2010 foram realizadas diversas entrevistas com o gerente de projeto da linha de ar condicionados da empresa. Até então, a empresa tinha por estratégia produzir somente produtos de baixa capacidade, denominados *light comercial*. Segundo o entrevistado, a empresa aplica uma prática para o projeto de arquitetura modular e a identificação de módulos baseada no *Modular Function Deployment* (ERICSSON; ERIXON, 1999), desenvolvida por uma consultoria para a matriz da empresa. Entretanto, para a melhoria do processo outras práticas também poderiam contribuir para melhorar o desempenho da empresa, tais como indicadores do desempenho de modularidade (YE et al.,

2009) ou mesmo a utilização de biblioteca de componentes para o projeto do produto via web (MA et al., 2008) para estimular a comunalidade de componentes entre os diferentes projetos da empresa.

Na empresa fabricante de insumos e produtos de madeira processada foram realizadas entrevistas com o responsável pela qualidade da unidade e o gerente de projeto, durante o primeiro semestre de 2009. A unidade da empresa estudada produz chapas de MDF (*Medium Density Fiberboard*) com e sem revestimento. Foram relatados pelos entrevistados problemas relacionados à variedade de produtos da empresa e conseqüente redução da eficiência do processo produtivo. Primeiramente, foi mencionada a necessidade em se realizar um levantamento sobre a variedade de produtos e o percentual de contribuição de cada especificação. Após este trabalho, a empresa já havia planejado a implementação de um segundo estágio de manufatura a fim de customizar produtos para determinados clientes. Esta empresa possui o seu centro de desenvolvimento localizado na matriz da empresa em São Paulo. Neste local são desenvolvidas as pesquisas de novos materiais e melhoramentos nos produtos. Não foi possível o acesso a pessoas deste setor, mas de acordo com os relatos obtidos o principal foco deste setor consiste no desenvolvimento de tecnologias a serem aplicadas nos produtos. Em razão das características do produto, o seu desenvolvimento consiste mais na aplicação destas tecnologias no portfólio de produtos da empresa. Em razão disto, não foi encontrada uma boa aderência das práticas de PDP orientado à CM para o caso da empresa, muito em razão de que os problemas relatados estão mais direcionados à organização da manufatura para a CM.

Foram realizadas diversas visitas técnicas e entrevistas na empresa fabricante de equipamentos para abate e frigoríficos durante o período de 2008 e 2010. Foram entrevistados os gerentes de Engenharia, de Desenvolvimento de Novos Produtos e Coordenador de Modularidade da empresa. Segundo os relatos coletados, esta empresa tem por estratégia de produção a *Engineering to Order* (ETO) e procura padronizar partes do seu portfólio para reduzir os custos de desenvolvimento e aumentar as economias de escala. Este processo de padronização foi iniciado pelas famílias de mesas transportadoras e transportadores aéreos. Para tanto a empresa definiu padrões de medidas para estas peças e um sistema de conexão a fim de flexibilizar a sua utilização. A partir deste resultado, foi relatado o desenvolvimento de um mecanismo para automatizar a composição destes produtos para reduzir o trabalho de engenharia, tendo como resultado a geração automática da BOM (Bill of Material) e instruções para a realização da montagem das peças no cliente. Com um objetivo semelhante, a prática sugerida por Helo et al. (2010) procura estabelecer um guia para o projeto de configuradores de produto integrado aos demais sistemas de informação da empresa, gerando inclusive BOM do produto automaticamente.

Em todos os casos analisados, foi verificada uma baixa aderência das práticas de PDP orientadas à CM. As dificuldades de implementação da CM mencionadas na literatura (FOGLIATTO et al., 2003; MACCARTHY, 2004; LAU, 2011) também são verificadas nos casos analisados. De acordo com os relatos obtidos nas empresas, esta baixa aderência das práticas de PDP orientado à CM é resultado do desconhecimento destas práticas e da dificuldade de adaptação destas à realidade do processo de desenvolvimento utilizado na empresa. A dificuldade em incorporar as práticas de PDP orientadas à CM ao processo das empresas também é evidenciada no estudo desenvolvido em razão da demanda de uma empresa multinacional de referência no emprego da CM no país (HABIGZANG, 2010).

## **1.2 QUESTÃO E OBJETIVO DA PESQUISA**

A partir do contexto e do problema de pesquisa apresentados, a questão principal a ser respondida por este trabalho é formulada da seguinte forma: como promover a estratégia de CM por meio do Processo de Desenvolvimento de Produto?

### **1.2.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral desta pesquisa consiste em desenvolver um instrumento para identificar e selecionar métodos, ferramentas e técnicas para o PDP orientado à Customização em Massa mais indicadas para as particularidades do projeto de desenvolvimento de produto de cada empresa.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

Entre os objetivos específicos desta pesquisa estão:

- Identificar e consolidar os métodos, ferramentas e técnicas para o PDP orientado à CM dispersos na literatura;
- Desenvolver um instrumento para disseminar a aplicação de métodos, ferramentas e técnicas para o PDP orientado à CM.

## **1.3 ESTRUTURA DA PESQUISA**

A realização desta pesquisa está estruturada em forma de artigos científicos, seguindo orientação definida pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFRGS. A estrutura da tese de doutorado é composta por cinco artigos, divididos em uma etapa exploratória e outra aplicada. Seguindo esta estrutura, os primeiros dois artigos possuem caráter exploratório, destinados a aprofundar o conhecimento na área de estudo. Os demais artigos integram a etapa aplicada, sendo que estão associados ao objetivo proposto neste trabalho.

Na etapa exploratória, foram realizadas pesquisas para identificar o problema de estudo, e compreender sua aplicação na realidade das empresas. Durante esta etapa, foram realizados além dos artigos já mencionados, entrevistas com profissionais de empresas, em que foi possível identificar as oportunidades de pesquisa mencionadas na literatura.

Ao final desta etapa foi elaborado o objetivo da pesquisa abordado nesta tese. A partir desse objetivo foram desenvolvidos e submetidos para órgãos de fomento dois projetos de pesquisa. O primeiro projeto submetido, denominado “Desenvolvimento de Produto orientado à Customização em Massa” foi aprovado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS). O segundo projeto de pesquisa, denominado “Proposta do Tutorial Interativo para a Customização em Massa no PDP” também foi aprovado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Estes projetos foram desenvolvidos e estão sendo executados por uma equipe integrada por pesquisadores do programa Pós Graduação em Engenharia de Produção da UFRGS. O planejamento e execução dos três artigos propostos para a etapa aplicada seguem o planejamento das atividades propostas nos projetos. A estrutura desenvolvida para a execução desta tese é apresentada na Figura 1.2.

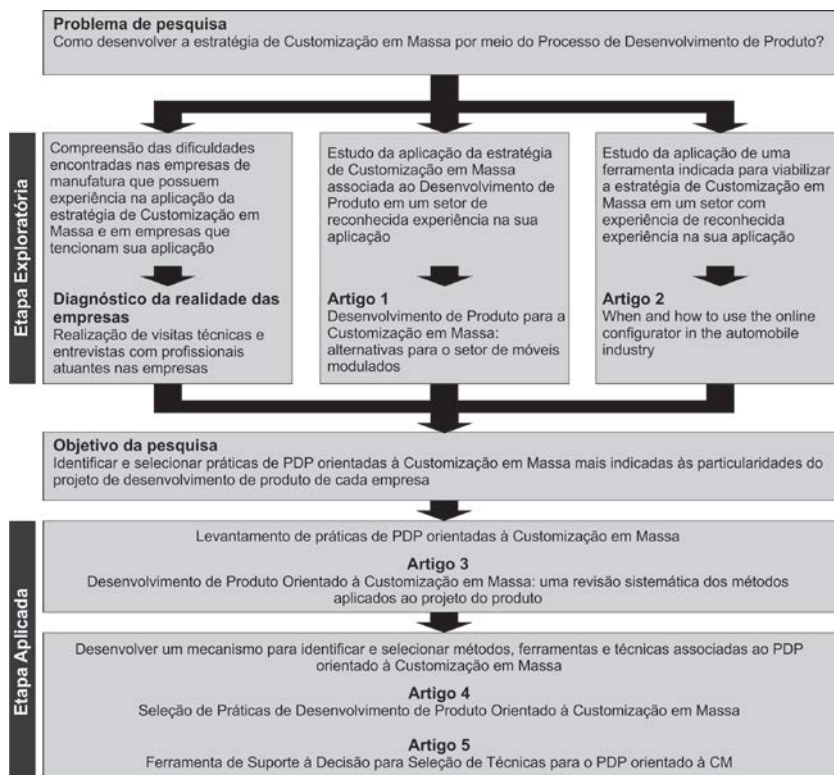


Figura 1.2 - Estrutura para a execução da tese  
Fonte: Elaborado pelo autor

Os artigos que compõem esta tese estão inseridos em uma proposta de PDP orientado à CM. Para tanto, com base na proposta de modelo de PDP proposta por Rozenfeld et al. (2006) foi identificado um conjunto de atividades de PDP que contribuem para direcionar o processo à CM. Estas atividades estão reunidas em três grandes grupos: (i) Desenvolvimento da família de produtos, (ii) Programação da produção da plataforma/módulos e (iii) Planejamento da integração do cliente para a customização (Figura 1.3).

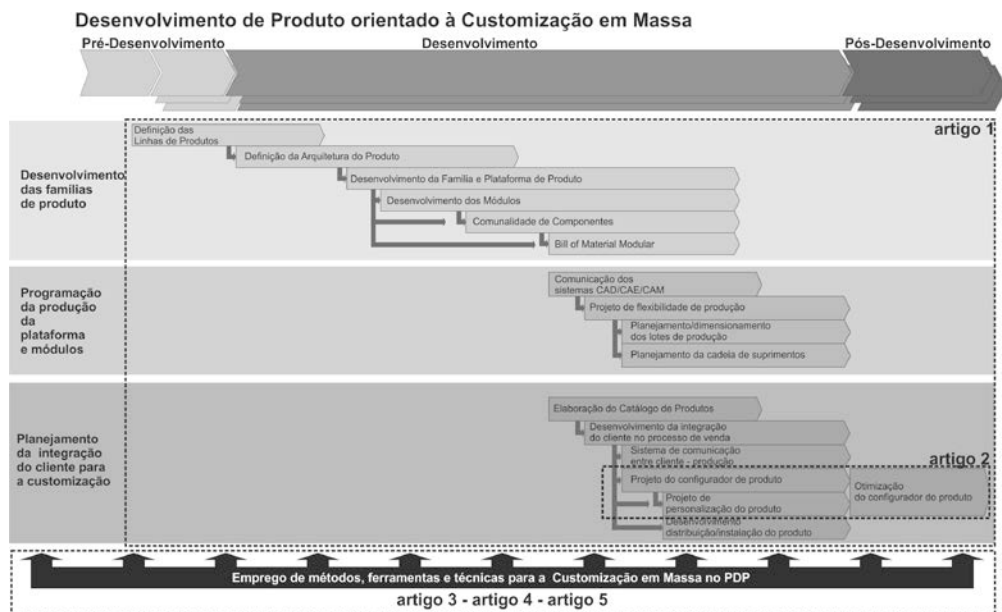


Figura 1.3 - Integração dos artigos no PDP orientado à CM  
Fonte: Elaborado pelo autor

O primeiro grupo de atividades tem por objetivo geral o planejamento e projeto da família de produtos. Na literatura, estas atividades são normalmente tratadas como o desdobramento da estratégia da empresa no planejamento da linha de produtos (MEYER; LEHNERD, 1997) ou no planejamento da família de produtos e seu desdobramento desde a arquitetura do produto até a BOM (JIAO et al., 2003; JIAO; TSENG, 2004). O segundo grupo tem por objetivo a organização do processo produtivo para atender a CM. Este problema costuma ser tratado na bibliografia de forma mais focada, tais como como o desenvolvimento de sistemas para integração de processos (CHU et al., 2006; TU; KAM, 2006; NINAN et al., 2006), desenvolvimento de manufatura flexível (YANG; LI, 2002; ELMARAGHY, 2005), gerenciamento da integração na cadeia de valor (RO et al., 2007; TRAPPEY et al., 2008; NEPAL et al., 2012), gerenciamento de custos na customização de produtos (JOHNSON et al., 2010; JOHNSON; KIRCHAIN, 2011). O planejamento da integração do cliente para a customização também costuma ser tratado de diferentes formas na literatura. Alguns autores trabalham no projeto de configuradores de produto (LIETCHY et al., 2001; FOGLIATTO;

DA SILVEIRA, 2008), no âmbito da troca de conhecimento entre cliente e empresa durante o projeto conjunto (PILLER et al, 2005; PILLER et al., 2012); no estudo da agregação de valor pela possibilidade de configurar o produto (PILLER et al., 2004; MERLE et al., 2010; MATZLER et al., 2011; SON et al., 2012) e na satisfação do usuário em ‘projetar’ o seu próprio produto (FRANKE et al, 2010; MOREAU; 2011) entre outros.

Os artigos exploratórios desta tese, artigo um e dois, estão integrados dentro do PDP e procuram explorar o problema de pesquisa desta tese. O primeiro artigo procura identificar problemas e oportunidades de pesquisa nos três grupos de atividades do PDP orientado à CM em um setor específico. O segundo artigo procura explorar a utilização de uma ferramenta utilizada para a integração do cliente para a customização, mais precisamente nas atividades de projeto e otimização do configurador de produto. Esta escolha acontece em razão importância da integração do cliente durante o processo de customização (PILLER, 2004) e da oportunidade da utilização de ferramentas baseadas na internet no PDP (BÜYÜKÖZKANA et al., 2007; SALVADOR et al., 2009).

Os três artigos aplicados desta tese estão direcionados à promoção da CM por meio do PDP. Para tanto, procuram identificar e selecionar práticas de PDP orientadas à CM mais adaptadas às particularidade de cada projeto de produto. Com isto, estes artigos estão focados na gestão da transformação do PDP de uma empresa para os benefícios da CM. Esta transformação acontece por meio da inclusão de práticas direcionadas à CM que contribuem ou suportam a execução de atividades do PDP. Desta forma, o terceiro artigo procura identificar práticas de PDP orientado à CM e identificar, de acordo com seu objetivo, sua aplicação no PDP. O quarto artigo tem por objetivo desenvolver um protocolo de suporte à decisão para identificar, de acordo com as características do projeto, as práticas mais indicadas para a configuração do PDP selecionado. O quinto artigo desenvolve um sistema de suporte a decisão para identificar, selecionar e aplicar técnicas para o PDP orientado à CM.

A Figura 1.4 apresenta um quadro resumo com as propostas de cada um dos cinco artigos que integram essa tese. Posteriormente, cada um desses artigos é apresentado, e também são mencionadas as publicações realizadas sobre o mesmo tema, mas que não integram a tese.



	Questões de pesquisa	Objetivos	Estratégia de Pesquisa	Revisão Teórica
Artigo 1	Como é empregada a estratégia de CM no setor de móveis modulados?	(i) mapeamento da interface entre cliente e a produção para a customização dos produtos (ii) identificação do nível de customização utilizado no setor (iii) identificação das principais demandas e restrições para a adoção da CM no setor.	Abordagem qualitativa baseada em entrevistas em profundidade	-Design for Mass Customization (DFMC) -Interface cliente produção para a CM -Níveis de CM -Indústria de móveis modulados
Artigo 2	De acordo com as características comerciais da empresa, é interessante empregar a estratégia de CM com a utilização do configurador online de produto? Dado que seja interessante para a empresa utilizar a estratégia de CM com o suporte do configurador online de produto, qual deve ser a combinação de recursos que o configurador deve contemplar?	Analisar a relação entre as características comerciais das empresas com a utilização da estratégia de CM com a disponibilização do configurador online de produto e em um segundo momento, a relação destas características comerciais com os recursos que integram estes configuradores.	Abordagem quantitativa baseada em 134 configuradores online de produto da indústria automobilística	-Customização em Massa -Envolvimento do cliente na CM -Configuradores de produto
Artigo 3	Quais e Como são as práticas de PDP recomendadas para a promoção da estratégia de CM?	Realizar uma revisão de literatura sobre estes métodos e ferramentas aplicáveis ao PDP e orientadas a promoção da CM e identificar, de acordo com seu objetivo, sua aplicação no PDP.	Revisão sistemática da bibliografia	-Práticas de PDP orientadas a CM
Artigo 4	Como identificar e selecionar as práticas de PDP recomendadas para a promoção da estratégia de CM de acordo com as características do projeto?	Desenvolver um protocolo de suporte a decisão para identificar, de acordo com as características do projeto, as práticas mais indicadas para a configuração do PDP selecionado.	Desenvolvimento de um protocolo baseado na bibliografia	-Adaptação do modelo referencial de PDP -Níveis de customização -Identificação do nível de customização
Artigo 5	Como identificar e selecionar as técnicas para o PDP recomendadas para a promoção da estratégia de CM de acordo com as características do projeto?	Desenvolver uma ferramenta de suporte à decisão para identificar, de acordo com as características do projeto, as técnicas mais indicadas para a configuração do PDP selecionado.	Desenvolvimento baseado na bibliografia	-Técnicas para o PDP orientado à CM

Figura 1.4 - Quadro resumo dos artigos que integram esta tese  
Fonte: Elaborado pelo autor

### Artigo 1 - Desenvolvimento de produto para customização em massa: alternativas para o setor de móveis modulados

Este artigo tem por objetivo geral compreender como a CM e o DFMC são aplicados no setor de móveis modulados, que podem ser desdobrados em três objetivos específicos: (i) mapeamento da interface entre cliente e a produção para a customização dos produtos, (ii) identificação do nível de customização utilizado no setor e (iii) identificação das principais demandas e restrições para a adoção da CM no setor. Para isto, foram realizadas entrevistas em profundidade com profissionais responsáveis pelos processos de projeto, de venda e produtivo de modo a analisar todas as etapas do processo de customização do produto. Os resultados indicam a falta de aplicação de métodos estruturados para o projeto do produto

orientado à CM, sendo esta uma das oportunidades de pesquisa identificadas. Seguindo esta temática exploratória do emprego da CM associado ao desenvolvimento de produto, também foram publicados outros dois artigos. O primeiro uma análise teórica sobre as contribuições do DFMC para uma visão mais sustentável. O segundo artigo realiza um estudo de caso sobre o processo de gestão de portfólio em uma empresa com estratégia ETO que pretende migrar para a CM.

#### Publicações associadas ao Artigo 1:

FETTERMANN, D. C.; ECHEVESTE, M.E.S. O Design for Mass Customization no PLM Sustentável. *RGO. Revista Gestão Organizacional* (Online), v. 3, p. 238-251, 2010.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F.A.; SANTOS, A.; OMETTO, A.R.; DANILEVICZ, A.M.; DUTRA, C.C.; FETTERMANN, D.C.; BEUREN, F.H.; PAULA, I.C.; SILVA, J.S.G.; FERREIRA, M.G.G.; PADOVANI, M.; CARVALHO, M.; MIGUEL, P.A.C.; SOUSA, S.R.; SAAVEDRA, Y.M.B.. *Gestão do Ciclo de Vida de Produtos Inovadores e Sustentáveis*. In: Vanderli Fava de Oliveira; Vagner Cavenaghi, Francisco Soares Másculo. (Org.). *Tópicos Emergentes e Desafios Metodológicos em Engenharia de Produção: casos, experiências e proposições. Tópicos Emergentes e Desafios Metodológicos em Engenharia de Produção: casos, experiências e proposições*. 1ed. Rio de Janeiro: ABEPRO - Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2010, v. 3, p. 137-228.

#### **Artigo 2** – When and How to Use the Online Configurator in the Automobile Industry

Este artigo tem o objetivo de analisar a relação entre as características comerciais das empresas com a utilização da estratégia de CM com a disponibilização do configurador *online* de produto e em um segundo momento, a relação destas características comerciais com os recursos que integram estes configuradores. Foi utilizada uma amostra de 134 empresas automobilísticas situadas em 31 diferentes países, correspondendo a 38.83% da produção mundial de automóveis no ano de 2008. Um modelo de regressão logística (logit) confirmou a relação entre os configuradores e suas características com as variáveis comerciais. Também foi indicado o efeito da combinação dos recursos dos configuradores sobre a venda de veículos. Por fim, foi desenvolvido um modelo de previsão para indicar a composição do configurador de produto recomendado de acordo com o comportamento das variáveis comerciais da empresa no mercado em questão. Além deste artigo, foi publicado outro artigo seguindo a mesma temática no congresso CBGDP (2011), sendo que sua publicação foi recomendada para a edição especial do periódico *Produto e Produção*.

#### Publicações associadas ao Artigo 2:

FETTERMANN, D.C.; MARTINS, V.L.M. ; ECHEVESTE, M.E.S. Utilização do Configurador de Produto: um estudo na indústria automobilística. In: 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto (CBGDP 2011), 2011, Porto Alegre - RS. *Anais... 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto* (CBGDP 2011). Belo Horizonte-MG: IGDP, 2011. v.1. p.1-13.

FETTERMANN, D.C.; ECHEVESTE, M.E.S. ; MARTINS, V.L.M. Utilização do Configurador de Produto: um estudo na indústria automobilística. *Produto & Produção* (Online), v. 13, p. 34-58, 2012.

**Artigo 3** - Desenvolvimento de produto orientado à Customização em Massa: uma revisão sistemática dos métodos aplicados ao projeto do produto

O objetivo deste artigo é realizar uma revisão de literatura sobre os métodos e ferramentas aplicáveis ao PDP e orientados à promoção da CM e identificar, de acordo com seu objetivo, sua aplicação no PDP. Uma revisão sistemática da literatura (KITCHENHAM, 2004; KITCHENHAM et al.; 2009) realizada na base de dados *Web of Science* identificou 38 artigos com a proposta de práticas de PDP para promoção da CM. Estas práticas foram analisadas e agrupadas por meio de uma análise de *cluster* de acordo com as atividades do PDP a que se dedicam, resultando em cinco grupos de práticas: (i) Projeto de família de produtos, (ii) Análise de mercado, (iii) Projeto de Manufatura, (iv) Planejamento do Projeto e (v) Integração do cliente ao PDP. Os resultados indicam uma grande diversidade de práticas de PDP para a promoção da CM na literatura e a oportunidade do desenvolvimento de uma sistemática para o processo de seleção destas práticas.

**Artigo 4** - Seleção de Práticas de Desenvolvimento de Produto Orientado à Customização em Massa

Este artigo tem por objetivo identificar e selecionar práticas associadas ao PDP orientado à CM. Para tanto, foi desenvolvido um protocolo de suporte a decisão para identificar, de acordo com as características do projeto, as práticas mais indicadas para a configuração do PDP selecionado. O protocolo é aplicado no projeto de desenvolvimento de balcões de atendimento de uma empresa de varejo. Os resultados indicam a sua capacidade em selecionar práticas de CM aplicáveis ao PDP adaptadas às características e ao nível de customização selecionado para o projeto de desenvolvimento.

**Artigo 5** – Ferramenta de suporte à decisão para seleção de técnicas para o PDP orientado à Customização em Massa

Este artigo tem por objetivo propor uma ferramenta de suporte à decisão para a seleção e aplicação de técnicas para o PDP orientado à CM. Além de ser utilizado como instrumento para seleção de técnicas para o PDP, contribui para a disseminação do emprego dessas técnicas e se apresenta como uma alternativa para a implantação da estratégia de CM no PDP das empresas. Os resultados apresentam 67 diferentes técnicas para o PDP associadas às atividades do PDP, sendo que sua aplicação contribuiu para o processo de seleção de técnicas no desenvolvimento de um produto. Este artigo ainda apresenta o planejamento de um sistema *web* interativo para a ferramenta desenvolvida, procurando contribuir para disseminação do conhecimento desenvolvido.

## 1.4 DELIMITAÇÕES DA TESE

Apesar de a estratégia de CM ser mencionada como uma eficiente alternativa para a crescente fragmentação do mercado (PINE II, 1993), nem sempre é uma estratégia viável para todas as empresas. A transformação de um modelo de negócio voltado à Produção em Massa de produtos para a CM costuma incorporar modificações em diversas áreas da empresa. Neste caso, a análise de viabilidade sobre a adoção do modelo de negócio voltado à estratégia de CM e seus desdobramentos além do desenvolvimento de produto não são abordados neste trabalho.

Este trabalho está concentrado no direcionamento do PDP à CM por meio da inclusão de práticas ao processo. Entretanto, a capacidade individual destas práticas em gerar benefícios para a empresa não foi analisada neste trabalho. Apesar disto, as práticas analisadas neste trabalho estão publicadas em periódicos indexados em importantes bases de dados de artigos científicos (*Web of Science*, EBSCO e *Science Direct*) sendo sempre sua publicação avaliada por *referees*. Por esta razão, não foram incluídas neste trabalho propostas de práticas de PDP recomendadas em livros ou congressos, visto que em alguns casos estas publicações possuem uma avaliação menos criteriosa que em periódicos.

As práticas de PDP recomendadas para a promoção da estratégia de CM estão associadas às atividades previstas no modelo referencial proposto por Ulrich e Eppinger (2000), que tem por característica ser recomendado para produtos de bens de consumo duráveis. Desta forma, sua recomendação está direcionada ao PDP de empresas de manufatura com estas características.

A aplicação destas práticas de PDP orientado à CM nos processos das empresas não está incluída no escopo deste trabalho. As práticas estão associadas a uma versão do modelo de referência proposto por Ulrich e Eppinger (2000). Em razão deste modelo de PDP ser mais disseminado nas empresas, as práticas associadas às atividades propostas neste modelo são de mais fácil inclusão no processo das empresas. Entretanto, o acompanhamento desta inclusão no processo da empresa, assim como sua aplicação não fazem parte do escopo deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ÅHLSTRÖM, Pär; WESTBROOK, Roy. Implications of mass customization for operations management: an exploratory survey. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 19, n. 3, p.262–275, 1999.
- BÜYÜKÖZKANA, G.; BAYKASOĞLUB, A.; DERELIB, T.. Integration of Internet and web-based tools in new product development process. *Production Planning & Control*, v.18, n.1, p.44-53, 2007.
- CHEN, C.; WANG, L. Integrating rough set clustering and grey model to analyze dynamic customer requirements. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B-Journal of Engineering Manufacture*.v.222, n.2, February, p.319-332, 2008.
- CHU, Chih-Hsing Chu; CHENG, Ching-Yi; WU, Che-Wen. Applications of the Web-based collaborative visualization in distributed product development. *Computers in Industry*, v.57, n.3, april, p.272-282, 2006.

DA SILVEIRA, Giovani J.C. Our own translation box: exploring proximity antecedents and performance implications of customer co-design in manufacturing. *International Journal of Production Research*, v.49, n.13, p.3833-3854, 2011.

EASTWOOD, Margaret A. Implementing mass customization. *Computers in Industry*, v.30, n.3, p. 171-174, October 1996.

ELMARAGHY, Hoda A. Flexible and reconfigurable manufacturing systems paradigms. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, v.17, n.4, p.261-276, October 2005.

ERICSSON, A.; ERIXON, G., *Controlling Design Variants: Modular Product Platforms*, Dearborn, MI: ASME Press, 1999.

FEITZINGER, Edward; LEE, Hau. Mass Customization at Hewlett-Packard: the power of postponement. *Harvard Business Review*, January-February, 1997.

FOGLIATTO, Flávio S.; DA SILVEIRA, Giovani J. Mass customization: a method for market segmentation and choice menu design, *International Journal of Production Economics*, v.11, n.2, p.602-622, February 2008.

FOGLIATTO, Flávio S.; DA SILVEIRA, Giovani J.C.; BORENSTEIN, Denis The mass customization decade: An updated review of the literature. *International Journal of Production Economics*, v.138, n. 1, July, p.14-25, 2012.

FOGLIATTO, Flávio S.; DA SILVEIRA, Giovani J.C.; ROYER, Rogério. Flexibility-driven index for measuring mass customization feasibility on industrialized products. *International Journal of Production Research*, v.41, n.8, p.1811-1829, 2003.

FRANKE, Nikolaus, PILLER, Frank T. Value creation by toolkits of user design and innovation: the watch case. *Journal of Product Innovation Management*, v.21, n.6, p. 401-415, 2004.

FRANKE, Nikolaus; SCHREIRER, Martin; KAISER, Ulrike. The "I designed it myself" effect in mass customization. *Management Science*, V.56, n. 1, p. 125-140, January, 2010.

GILMORE, James H.; PINE II, Joseph B. The four faces of mass customization. *Harvard Business Review*, v.75, n.1, p.90-102, Jan-Feb 1997.

GOLOGLU, Cevdet; MIZRAK, Cihan. An integrated fuzzy logic approach to customer-oriented product design. *Journal of Engineering Design*, v.22, n.2, February, p.113-127, 2011.

GRIFFIN, Abbie. PDMA Research on New Product Development Practices: Updating Trends and Benchmarking Best Practices. *Journal of Product Innovation Management*, v.14, n.6, November, p.429-458, 1997.

HABIGZANG, Moisés. *Integração entre modularidade e Seis Sigma no processo de desenvolvimento de produtos: proposta na indústria de eletrodomésticos*. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

HAYES, Robert H.; PISANO, Gary P. Beyond World-Class: the new manufacturing strategy. *Harvard Business Review*, January-February, p.77-86, 1994.

HELANDER, Martin G.; JIAO, Jianxin R. Research on E-product development (ePD) for mass customization, *Technovation*, v.22, n.11, November, p. 717-724, 2002.

HELO, P. T.; XU, Q. L.; KYLLONEN, S. J.; JIAO, R. J. Integrated Vehicle Configuration System-Connecting the domains of mass customization, *Computers in Industry*, v.61, n.1, January, p.44-52, 2010.

HEMETSBERGER, Andrea; GODULA, Georg. Virtual customer integration in new product development in industrial markets: The QLL framework. *Journal of Business-to-Business Marketing*, v.14, n.2, p.1-40, 2007.

HIPPEL, Eric von; KATZ, Ralph. Shifting Innovation to Users via Toolkits. *Management Science*, v.48, n.7, July 2002.

HUANG, George.; BIN, S.; HALEVI, G. Product platform identification and development for mass customization. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, v.52, n.1, p.117-120, 2003.

HUANG, George Q.; LI, Li; CHEN, X. ppXML: A generic and extensible language for lifecycle modelling of platform products, *Computers in Industry*, v.59, n.2-3, March, p.219-230, 2008.

JIAO, Jianxin.; MA, Qin Hai; TSENG, Mitchell M. Toward high-added products and services: mass customization and beyond, *Technovation*, v.23, p.809-821, October 2003.

JIAO, Jianxin; TSENG, Mitchell M. Customizability analysis in design for mass customization. *Computer-Aided Design*, v.36, n.8, July, p. 745–757, 2004.

JIAO, Jianxing R. J.; XU, Qianli; DU, Jun; ZHANG, Yiyang; HELANDER, Martin; KHALID, Halimahtun M.; HELO, Petri; NI, Cheng. Analytical affective design with ambient intelligence for mass customization and personalization. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, v.19, n.4, p.570-595, 2007.

JOHNSON, Michael DeShawn; KIRCHAIN, Randolph E. Developing and Assessing Commonality Metrics for Product Families: A Process-Based Cost-Modeling Approach. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.57, n.4, November, p.634-648, 2010.

JOHNSON, Michael D.; KIRCHAIN, Randolph E. The importance of product development cycle time and cost in the development of product families. *Journal of Engineering Design*, v.16, n.3, p.371-390, 2011.

JOSE, Alberto; TOLLENAERE, Michel. Modular and platform methods for product family design: literature analysis, *Journal of Intelligent Manufacturing*, v.16, n.3, p.371-390, June 2005.

KAHN, Kenneth B.; BARCZAK, Gloria; NICHOLAS, John; LEDWITH, Ann; PERKS, Helen. An Examination of New Product Development Best Practice. *Journal of Product Innovation Management*, v.29:n.2, p. 180–192, March 2012.

KARPOWITZ, Daniel J.; COX, Jordan J.; HUMPHERYS, Jeffrey C.; WARNICK, Sean C. A dynamic workflow framework for mass customization using web service and autonomous agent techniques. *Journal of Intelligent Manufacturing*, v.19, n.5, October, p.537-552, 2008.

KITCHENHAM, B. Procedure for Undertaking Systematic Reviews, Joint Technical Report Computer Science Department, Keele University (TR/SE-0401) and National ICT Australia Ltd. (0400011T.1), 2004.

KITCHENHAM, B.; BRERETON, O.P.; BUDGEN, D.; TURNER, M.; BAILEY, J.; LINKMAN, S. Systematic literature reviews in software engineering – A systematic literature review, *Information and Software Technology*, v.51, n.1, p.7-15, January 2009.

KOTHA, Suresh. Mass customization: implementing the emerging paradigm for competitive advantage. *Strategic Management Journal*. v. 16, Summer, p. 21-42, 1995.

LAU, Antonio K.W. Supplier and customer involvement on new product performance: Contextual factors and an empirical test from manufacturer perspective. *Industrial Management & Data Systems*, v. 111, n.6, p.910-942, 2011.

LIETCHY, John; RAMASWAMY, Venkatram; COHEN, Steven H. Choice menus for mass customization: an experimental approach for analyzing customer demand with an application to a web-based information service. *Journal of Marketing Research*, v.38, n.2, p.183-196, May 2001.

LIU, Zhuo; WONG, Yoke San; LEE, Kim Seng. Modularity analysis and commonality design: a framework for the top-down platform and product family design. *International Journal of Production Research*, v.48, n.12, June, p.3657-3680, 2010.

MA, Min-Yuan; CHEN, Cheih-Ying; WU, Fong-Gong. A design decision-making support model for customized product color combination. *Computers in Industry*, v.58, n.6, August, p. 504-518, 2007.

MA, Yongsheng; JIAO, Jianxin Roger; DENG, Yimin. Web Service-oriented Electronic Catalogs for Product Customization, *Concurrent Engineering*, v.16, n. 4, , p.263-270, December 2008

MARION, Tucker J.; FREYER, Matthew; SIMPSON, Timothy W.; WYSK, R.A. Design for mass customization in the early stages of product development. *Proceedings of ASME*, Philadelphia, Pennsylvania, September, 2006.

MATZLER, Kurt; STIEGER, Daniel; FÜLLER, Johann. Consumer Confusion in Internet-Based Mass Customization: Testing a Network of Antecedents and Consequences. *Journal of Consumer Policy*, v.34, n.2, p.231-247, 2011.

MCCARTHY, Ian P. Special issue editorial: the what, why and how of Mass customization. *Production Planning and Control*, v.15, n.4, p.347-351, 2004.

MEEHAN, J. S.; DUFFY, A. H. B.; WHITFIELD, R. I. Supporting 'design for re-use' with modular design. *Concurrent Engineering-Research and Applications*, v.15, n.2, June, p.141-155, 2007.

MERLE, Aurelie; CHANDON, Jean-Louis; ROUX, Elyette; ALIZON, Fabrice. Perceived value of the mass-customized product and mass customization experience for individual consumers. *Production and Operations Management*, v.19, n.5, p.503-514, 2010.

MEYER, Marc H.; LEHNERD, Alvin P. *The power of product platforms: building value and cost leadership*. New York: Free Press, 1997.

MING, X. G.; YAN, J. Q.; LU, W. F.; MA, D. Z.; SONG, B. Mass production of tooling product families via modular feature-based design to manufacturing collaboration in PLM. *Journal of Intelligent Manufacturing*, v.18, n.1, p.185-195, February 2007.

MOREAU, C. P. Inviting the Amateurs into the Studio: Understanding How Consumer Engagement in Product Design Creates Value. *Journal of Product Innovation Management*, v.28, n.3, p.409-410, May 2011.

NEPAL, Bimal; MONPLAISIR, Leslie; FAMUYIWA, Oluwafemi. Matching product architecture with supply chain design. *European Journal of Operational Research*, v.216, n.2, January, p.312-325, 2012.

NINAN, Jiju A.; SIDDIQUE, Zahed. Internet-based framework to support integration of customer in the design of customizable products. *Concurrent Engineering-Research and Applications*, v.14, n.3, September, p.245-256, 2006.

OGAWA, Susumu; PILLER Frank T. Reducing the Risks of New Product Development. *Mit Sloan Management Review*, Winter, p.65-71, 2006.

PAN, Bernice; HOLLAND, Ray. A mass customised supply chain for the fashion system at the design-production interface. *Journal of Fashion Marketing and Management*, v.10, n.3, p.345-359, 2006.

PENG, David X.; LIU, Gensheng J.; HEIM, Gregory R. Impacts of information technology on mass customization capability of manufacturing plants. *International Journal of Operations & Production Management*, v.31, n.10, p.1022-1047, 2011.

PILLER, Frank T. Mass customization: reflections on the state of the concept. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 16, n. 4, p. 313-334, October 2004.

PILLER, Frank T., LINDGENS, Evalotte; STEINER, Frank. Mass Customization at Adidas: Three Strategic Capabilities to Implement Mass Customization, January 29, 2012. *Working Papers Series*. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1994981>>.

PILLER, Frank T., VOSSEN, Alexander; IHL, Christoph. From Social Media to Social Product Development: the impact of social media on co-creation of innovation. *Die Unternehmung*, v.65, n.1, 2012. Disponível em <[http://www.unternehmung.nomos.de/fileadmin/unternehmung/doc/Aufsatz\\_DU\\_12\\_01.pdf](http://www.unternehmung.nomos.de/fileadmin/unternehmung/doc/Aufsatz_DU_12_01.pdf)>

PILLER, Frank.T.; MOESLEIN, Kathrin; STOKO, Christof M. Does Mass Customization Pay? An Economic Approach to Evaluate Customer Integration. *Production Planning & Control*, v.15, n.4, p. 435-444, June 2004.

PILLER, Frank; SCHUBERT, Petra; KOCH, Michael; MÖSLEIN, Kathrin. Overcoming Mass Confusion: Collaborative Customer Co-Design in Online Communities. *Journal of Computer-Mediated Communication*, v.10, n.4, p.1083-July, 2005.

PINE II, B. Joseph. *Mass Customization: the new frontier in busines competition*. Boston: Harvard Business School Press, 1993.

POLLARD, Dennis; CHUO, Shirley; LEE, Brian. Strategies for Mass Customization. *Journal of Business & Economics Research*, v.6, n.7, p.77-86, July 2008.

QU, T.; BIN, S.; HUANG, George Q.; YANG, H. D. Two-stage product platform development for mass customization. *International Journal of Production Research*, v.49, n.8, April, p.2197-2219, 2011.

RO, Young, K.; LIKER, Jeffrey K.; FIXSON, Sebastian K. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.54, n.1, February, p.172-189, 2007.

ROZENFELD, Henrique; FORCELLINI, Fernando A.; AMARAL, Daniel C.; TOLEDO, José C.; SILVA, Sérgio L.; ALLIPRANDINI, Dario H.; SCALICE, Regis K. *Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo*. São Paulo: Saraiva, 2006.

SALVADOR, F.; FORZA, C.; RUNGTUSANATHAM, M. Modularity, product variety, production volume, and component sourcing: theorizing beyond generic prescriptions. *Journal of Operations Management*, v.20, n.5, p.549-575, September 2002.

SALVADOR, Fabrizio; DE HOLAN, Martin P.; PILLER, Frank T. Cracking the code of mass customization. *MIT Sloan Management Review*, v.50, n.3, p.71-78, Spring 2009.

SMITH, Shana; JIAO, Roger; CHU, Chih-Hsing. Editorial: advances in mass customization. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 2012. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1007/s10845-012-0700-3>>. Arquivo acessado em 31 de outubro de 2012.

SON, Jihyeong; SADACHAR, Amrut ; MANCHIRAJU, Srikant; FIORE, Ann Marie; NIEHM, Linda S. Consumer adoption of online collaborative customer co-design. *Journal of Research in Interactive Marketing*, v. 6, n. 3, p.180-197, 2012.

SQUIRE, Brian; READMAN, Jeff; BROWN, Steve, BESSANT, John. Mass customization: the key to customer value? *Production Planning & Control*, v.15, n.4, p.459-471, June 2004.

TANG, ZJ; CHEN, RQ; JI, XH. Operational tactics and tenets of a new manufacturing paradigm 'instant customerisation'. *International Journal of Production Research*, v.43, n.14, p.2873-2894, July 2005.

TRAPPEY, Amy J.C.; HSIAO, David W. Applying collaborative design and modularized assembly for automotive ODM supply chain integration. *Computers in Industry*, v.59, n.2-3, p.277-287, March 2008.

TSENG, Mitchell M.; JIAO, Jianxin. Design for mass customization. *Annals of the CIRP*, v.45, jan. 1996.

TSENG, Mitchell M.; JIAO, Jianxin. Design for mass customization by developing product family architecture. *Proceedings of ASME Design Engineering Technical Conferences*, September, Atlanta, Georgia, 1998a.

TSENG, Mitchell M.; JIAO, Jianxin. Concurrent design for mass customization. *Business Process Management Journal*, v.4, n.1, 1998b.

TSENG, Mitchell M.; JIAO, Jianxin. Mass Customization, In. Handbook of Industrial Engineering, 3ed. SALVENDY, Gavriel (Org.), USA: John Wiley & Sons Inc., 2001.

TSENG, Mitchell. M.; JIAO, Jianxin R.; WANG, C. Design for mass personalization. *Cirp Annals – Manufacturing Technology*, v.59, n.1, p.175-178, 2010.

TU, Y.L.; KAM, J.J. Manufacturing network for rapid tool/die making. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, v.19, n.1, January-February, p.79-89, 2006.

TU, Y. L.; XIE, S. Q.; FUNG, RICHARD, Y. K. Product development cost estimation in mass customization. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.54, n.1, February, p.29-40, 2007.

ULRICH, Karl T. Users, Experts, and Institutions in Design. In: ULRICH, K. T. Design: creation of artifacts in society. University of Pennsylvania, 2011. Disponível em <<http://opim.wharton.upenn.edu/~ulrich/designbook.html>>. Acesso em set. 2011.

ULRICH, Karl T.; EPPINGER, Steven D. Product Design and Development, 2<sup>ed</sup>, Boston: McGraw Hill, 2000.

ULRICH, Pamela V.; ANDERSON-CONNELL, Lenda Jo; WU, Weifang. Consumer co-design of apparel for mass customization. *Journal of Fashion Marketing and Management*, v.7, n.4, 2003.

VOSS, Christopher A.; HSUAN, Juliana. Service Architecture and Modularity. *Decision Sciences*, v.40, n.3, p.541-569, 2009.

XU, Q. L.; ONG, S. K.; NEE, A. Y. C. Evaluation of product performance in product family design re-use. *International Journal of Production Research*, v.45, n.18-19, October, 4119-4141, 2007.

YANG, S.L.; LI, T.F. Agility evaluation of mass customization product manufacturing, *Journal of Materials Processing Technology*, v.129, n.1-3, p.640-644, October 2002.

YASSINE, Ali; KIM, Ki-Chan; ROEMER, Thomas; HOLWEG, Matthias. Investigating the role of IT in customized product design. *Production Planning & Control*, v.15, n.4, June, p.422-434, 2004.

YE, Xiaoli; THEVENOT, Henri J.; ALIZON, Fabrice; GERSHENSON, John K.; KHADKE, Kiran; SIMPSON, Timothy W.; SHOOTER, Steven B. Using product family evaluation graphs in product family design. *International Journal of Production Research*, v.47, n.13, July, p.3559-3585, 2009.

ZIPKIN, Paul H. The limits of mass customization. *MIT Sloan Management Review*, v.42, n.3, p.81-87, Spring 2001.



## 2 ARTIGO 1 - DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO PARA CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA: ALTERNATIVAS PARA O SETOR DE MÓVEIS MODULADOS

Diego de Castro Fettermann

Márcia Elisa Soares Echeveste

Artigo publicado na revista *Espacios*, v.32, n.4, p.1-12, 2011.

### Resumo

*A operacionalização da estratégia de Customização em Massa (CM) necessita da produção de produtos customizados a um baixo custo e também da participação o cliente final durante o processo de desenvolvimento de produto. Este artigo tem por objetivo identificar na bibliografia as práticas e técnicas indicadas para o desenvolvimento do Design for Mass Customization (DFMC), compreender e comparar como essas são aplicadas no setor de móveis modulados e identificar possibilidades de desenvolvimento desta estratégia para empresas do setor. O método de coleta de dados é baseado em entrevistas de profundidade com profissionais atuantes na área. Os resultados encontrados indicam possibilidades para a aplicação do DFMC nas empresas, assim como oportunidades de melhorias, tais como: associar serviços como forma de aumentar o nível de customização do produto e a utilização conjunta das tecnologias CAD (computer aided design), CAM (Computer Aided Manufacturing) e FMS (Flexible Manufacturing System).*

*Palavras chave: Desenvolvimento de produto; Plataforma de produtos, Customização em massa, Setor moveleiro.*

### PRODUCT DEVELOPMENT FOR MASS CUSTOMISATION: ALTERNATIVES TO THE MODULAR FURNITURE INDUSTRY

#### Abstract

*The strategy of mass customisation requires the production of customised products at a low cost and the inclusion of the customer during the product development process. This article aims to identify the practices and techniques suitable for the development of Design for Mass Customisation (DFMC). It also seeks to understand and compare how these practices and techniques are applied in the field of modular furniture and identify opportunities to develop this strategy for companies in this industry. The method of data collection is based on comprehensive interviews with professionals in the area. The results indicate possibilities for the application of DFMC and other improvements such as service association to increase*

*product customisation level and integrated use of CAD (computer aided design), CAM (computer aided manufacturing) e FMS (flexible manufacturing system) technologies.*

*Key words: New product development, Product plataform, Mass customization, Furniture industry.*

## **DESARROLLO DE PRODUCTOS PARA LA PERSONALIZACIÓN MASIVA: ALTERNATIVAS A LA INDUSTRIA DE MUEBLES MODULARES**

### **Resumen**

*La estrategia de personalización en masa requiere la producción de productos personalizados a un bajo costo y la participación del cliente durante el desarrollo del producto. Este artículo tiene como objetivo identificar en la bibliografía prácticas y técnicas adecuadas de desarrollo de productos para la personalización masiva, comprender y comparar la forma en que se aplican en el ámbito de muebles modulares e identificar oportunidades para desarrollar esta estrategia para las empresas en esta industria. El método de recolecta de datos se basa en entrevistas en profundidad con los profesionales del área. Los resultados indican las posibilidades de la aplicación del desarrollo de productos para la personalización masiva en las empresas y las alternativas de mejora, como: asociación de servicios para aumentar el nivel de personalización del producto, uso integrado de CAD (diseño asistido por computadora), CAM (manufactura asistida por computadora) y FMS (sistema de fabricación flexible).*

*Palabras claves: Desarrollo de Productos, Plataforma de Productos, Personalización Masiva, Industria del Mueble*

### **2.1 INTRODUÇÃO**

Como forma de melhor atender a crescente diversidade das necessidades dos clientes, muitas empresas adotam a estratégia de aumentar o seu portfólio de produtos (Pine II, 1993). Entretanto, a simples adoção desta estratégia normalmente resulta em uma redução do desempenho operacional da empresa, visto que um portfólio maior pode resultar em maiores custos de manufatura, custos indiretos, níveis de estoques e tempos de produção (Salvador et al., 2002).

Com o objetivo de atender a este problema foi desenvolvida a abordagem de Customização em Massa (CM) (Pine II, 1993). Consiste em uma estratégia para atender a crescente fragmentação do comportamento do mercado mantendo as vantagens de escala de produção. Para isto, os consumidores devem ser pensados como únicos, sendo indispensável a sua integração ao processo de customização a fim de interpretar suas necessidades (Gilmore; Pine II, 2000). Uma forma de compreender o conceito de CM é a partir da sua comparação com a produção em massa. Neste caso, a produção em massa está organizada sobre a manufatura,

direcionada para a produção de produtos seriados e padronizados (Pine II, 1993), sendo indicada para mercados de comportamento homogêneo, em que os clientes escolhem os produtos entre as companhias no mercado (Anderson-Connell et al., 2002). Enquanto isto, a CM é organizada por meio de um curto ciclo de desenvolvimento de produto e manufatura, produzindo produtos com especificações direcionadas para o atendimento das necessidades específicas de cada cliente. Na CM, os clientes passam a integrar o desenvolvimento de produto, sendo que o produto final é resultado de uma customização de acordo com a necessidade individual dos clientes (Anderson-Connell et al., 2002).

A aplicação da CM implica na utilização de processos flexíveis em uma estrutura organizacional direcionada a produzir produtos e serviços customizados a um baixo custo (Hart, 1995) e ainda em altos volumes (Da Silveira et al., 2001). A CM ainda pode ser conceituada como o desafio de atender as necessidades individuais dos clientes mantendo a eficiência da manufatura semelhante ao da produção em massa (Jiao; Tseng, 2004); (Kumar; Phrommathed, 2005).

Entre os princípios que contribuem para atingir os objetivos propostos pela CM são mencionados os sistemas flexíveis de manufatura (FMS) (Kotha, 1995); (Da Silveira et al., 2001); (Franke; Piller, 2003); (Piller, 2004) e o emprego de técnicas e práticas aplicadas no processo de desenvolvimento de produto, com destaque para a modularidade (Salvador et al., 2002); (Gilmore; Pine II, 1997); (Jose; Tollenare, 2005). A partir da reunião destas técnicas e práticas para atingir os objetivos da CM por meio do desenvolvimento de produto foi desenvolvida a abordagem designada *Design for Mass Customization* (DFMC) (Tseng; Jiao, 1996; 2001); (Jiao et al., 2003); (Marion et al., 2006). O principal objetivo da DFMC é ampliar a visão do desenvolvimento de um produto único para uma família de produtos (Tseng; Jiao, 1996, 1998a, 1998b); (Jiao et al., 2003). As vantagens obtidas por meio do desenvolvimento integrado de uma família de produtos resulta em desempenhos superiores em termos de comunalidade de componentes e sub sistemas, padronização e modularização entre os produtos (Meyer; Lehnerd, 1997), além de uma eficiente participação do cliente no processo de desenvolvimento (Duray et al., 2000).

Tradicionalmente, as indústrias de mobiliário têm por característica o emprego da estratégia de CM (Duray et al., 2000). No Brasil, a adoção desta estratégia permitiu o desenvolvimento de alguns setores em específico, com destaque para o de móveis modulados (Garcia; Motta, 2007). A compreensão de como são aplicados os conceitos de CM relacionados ao desenvolvimento do produto neste setor podem contribuir para identificar oportunidades de melhoria para outros setores industriais. Desta forma, o presente estudo tem como objetivo identificar na literatura as práticas e técnicas do DFMC, compreender como a CM e o DFMC são aplicados no setor de móveis modulados para por fim identificar possibilidades de desenvolvimento da estratégia de CM para as empresas do setor. Como forma de atingir este

objetivo foram definidos três objetivos específicos: (i) mapeamento da interface entre cliente e a produção para a customização dos produtos, (ii) identificação do nível de customização utilizado no setor e (iii) identificação das principais demandas e restrições para a adoção da CM no setor. O conteúdo deste artigo está dividido em oito seções. A revisão de literatura aborda os conceitos DFMC, o processo de customização e os níveis de CM, estes assuntos são apresentados na seção 2. As características do setor de móveis modulados relacionadas à customização são apresentadas na seção 3. O método de pesquisa empregado nesta pesquisa é apresentado na seção 4. Os resultados assim como sua discussão são apresentados nas seções 5. Os resultados descrevem o processo de customização empregado no setor, possibilidades de melhoria, assim como o nível de customização empregado. Por fim, as conclusões do artigo são descritas na seção 6.

## 2.2 DESIGN FOR MASS CUSTOMIZATION (DFMC)

Durante o projeto do produto são consideradas e decididas grande parte das questões que impactam no desempenho do produto no mercado. Aproximadamente 85% do custo do produto é determinado durante as fases iniciais do projeto (Clark; Fujimoto, 1991); (Rozenfeld et al., 2006). Alinhado com este pensamento, o DFMC busca considerar as questões de economia de escopo e escala desde as fases iniciais do desenvolvimento de produto. Para atingir estes objetivos, o escopo de desenvolvimento de produto é ampliado desde um produto único para incorporar o projeto simultâneo de uma família de produtos, incorporando o processo de venda, marketing, distribuição e serviços (Jiao et al., 2003). A Figura 2.1 representa as implicações do DFMC relacionado ao contexto de escopo do projeto de desenvolvimento e do produto.

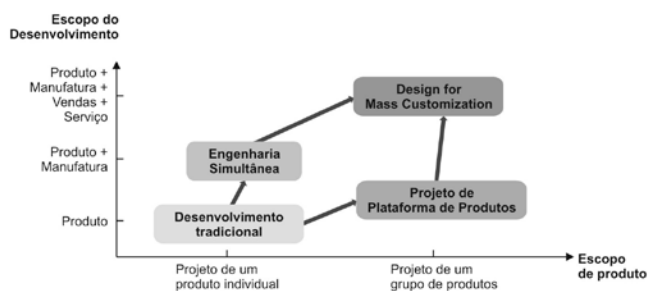


Figura 2.1 - Design for Mass Customization (DFMC)  
Adaptado de (Tseng; Jiao, 1998a, 1998b, 2001); (Jiao et al., 2003)

Como forma de suportar a CM dos produtos, o desenvolvimento da plataforma de produto deve atender aos requisitos definidos ao mesmo tempo que permite a rápida configuração e alteração de módulos e componentes para atender as necessidades específicas de cada cliente. Nessa operacionalização são utilizadas diversas técnicas, sendo a modularização dos produtos a prática mais comum empregada (Salvador et al., 2002). Esta técnica é mencionada como a

principal estratégia relacionada ao desenvolvimento de produto que viabiliza a aplicação dos conceitos de customização em massa (Gilmore; Pine II, 1997); (Jose; Tolleanare, 2005).

O conceito de modularidade é definido como a estratégia para organizar produtos e processos complexos de forma a economizar recursos (Baldwin; Clark, 2000). Enquanto que a plataforma de produto é definida como a utilização de um conjunto de componentes, módulos ou partes comuns que compõem uma quantidade maior de produtos que podem ser rapidamente desenvolvidos e lançados (Meyer; Lehnerd, 1997). Plataforma de produto também pode ser definida como a utilização de um módulo padrão compartilhado entre diferentes produtos (Jose; Tolleanare, 2005). Da mesma forma que a modularidade, Robertson e Ulrich (1998) definem a utilização de plataforma de produto como a melhor forma para desenvolver a CM. O conceito de família de produtos consiste em um grupo de produtos relacionados destinados a atender uma variedade de segmentos de mercado compartilhando um conjunto de componentes, módulos e/ou subsistemas (Simpson et al. 2006).

O desenvolvimento de uma família de novos produtos envolve um planejamento sistemático de modularidade e padronização, assim como sua relação com as questões técnicas, funcionais e estruturais dos produtos (Jiao et al., 2007). A CM do produto parte da combinação de uma plataforma de produto com módulos e/ou componentes, que podem ser incorporados e/ou editados de forma rápida para atender as necessidades específicas de cada cliente. As possíveis composições entre a plataforma de produtos e os módulos/componentes disponibilizam uma maior quantidade de alternativas de produtos. O conjunto dessas possíveis composições forma a família de produtos, que é resultado do aproveitamento de uma mesma plataforma e da combinação de módulos e/ou componentes de acordo com as necessidades específicas do cliente (Figura 2.2).

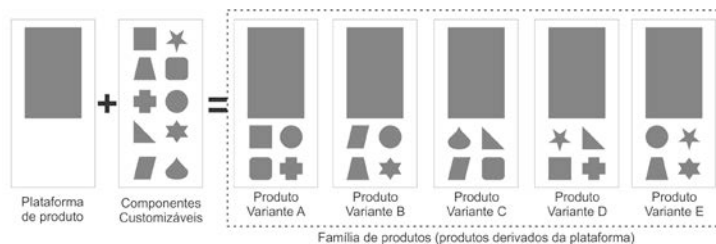


Figura 2.2 - Representação dos conceitos de plataforma de produto, módulos/componentes e família de produtos

Outro conceito correlato a este tema é a arquitetura do produto, o qual consiste no esquema em que os elementos funcionais são traduzidos em partes físicas e combinados por meio de interfaces (Ulrich, 1995); (Muffatto, 1999); (Ulrich; Eppinger, 2000); (Rozenfeld et al., 2006), sendo que esta arquitetura pode ser definida por sendo mais integral ou mais modular (Rozenfeld et al., 2006); (Simpson, 2004). Na arquitetura integral, a interface entre as partes físicas é fechada e possibilita poucas alterações. Enquanto isto, na arquitetura modular os

módulos que compõem o produto são mais independentes e possuem uma interface com os demais módulos mais simplificada, permitindo maior liberdade para combinações (Muffato, 1999). Seguindo a arquitetura modular, cada função do produto é normalmente definida um módulo físico, sendo que a composição da família de produtos consiste na combinação dos diversos módulos/componentes sobre uma plataforma comum (Ulrich, 1995). Na arquitetura modular, o comportamento dos módulos também pode variar, neste trabalho utiliza-se a abordagem de Simpson et al., 2001 e Simpson (2004), que classificam o comportamento dos módulos de acordo com dois princípios básicos: (i) modularidade (*module-based product family*) e a (ii) edição dos produtos (*scale-based product family*).

Na (i) *modularidade*, os produtos são compostos adicionando, substituindo ou removendo um ou mais módulos funcionais da plataforma a fim de atender as necessidades específicas do cliente (Simpson, 2004). Trata-se da composição da estrutura física do produto a partir da adição dos elementos funcionais um a um ou muitos em um. Esta composição ainda pode acontecer de modo *modular*, em que um ou mais elementos funcionais compõem a estrutura do produto, como no caso dos computadores pessoais (PCs). Ou ainda de forma *integral*, quando se verifica uma maior complexidade na composição dos elementos funcionais ou em suas interfaces na construção da estrutura do produto, como no caso dos automóveis (Simpson, 2004).

Na (ii) *edição*, a família de produtos é desenvolvida a partir da modificação das variáveis em uma ou mais dimensões a fim de “esticar” ou “encolher” a plataforma e viabilizar produtos com desempenhos diferentes que atendam as demandas específicas de cada segmento de mercado (Simpson, 2004), como no caso do Modelo T de Ford com o chassi “esticado” para viabilizar a picape Modelo TT, com 1ton de limite de carga (Alizon et al., 2009).

### 2.2.1 **Processo de interface entre cliente e produção para a customização em massa de produtos**

As informações coletadas no mercado são traduzidas em especificações de projeto estabelecendo uma conexão direta entre o ponto de venda, a produção e as outras operações complementares. Este fluxo de informações e atividades tem o objetivo de viabilizar a customização do produto de acordo com as demandas específicas do cliente (Kumar; Phrommathed, 2005). Cada transação implica no contato direto entre cliente e fornecedor, que resulta na troca de informações e coordenação do projeto customizado (Piller, 2004); (Duray et al., 2000); (Pine II, 1993). Desta forma, processo de customização é responsável por identificar e captar as demandas de customização dos produtos e transmiti-las para a produção, que por sua vez é responsável por transformar estas demandas em produtos que atendam as necessidades de customização do cliente (Da Silveira et al., 2001).

Como forma de compreender a interação entre cliente e produção durante a CM, foi desenvolvida uma estrutura para identificar a interface entre cliente e produção durante o

processo de CM de produtos. (Figura 2.3). Nesta estrutura, o desenvolvimento da plataforma de produto é apresentado como um processo que proporciona a customização do produto, assim como os condicionantes da customização são considerados como pré-requisitos para o projeto da plataforma de produto e posterior customização do mesmo. Ainda são considerados os facilitadores do processo de customização, apresentados como as tecnologias de manufatura, de projeto e metodologias e processos.

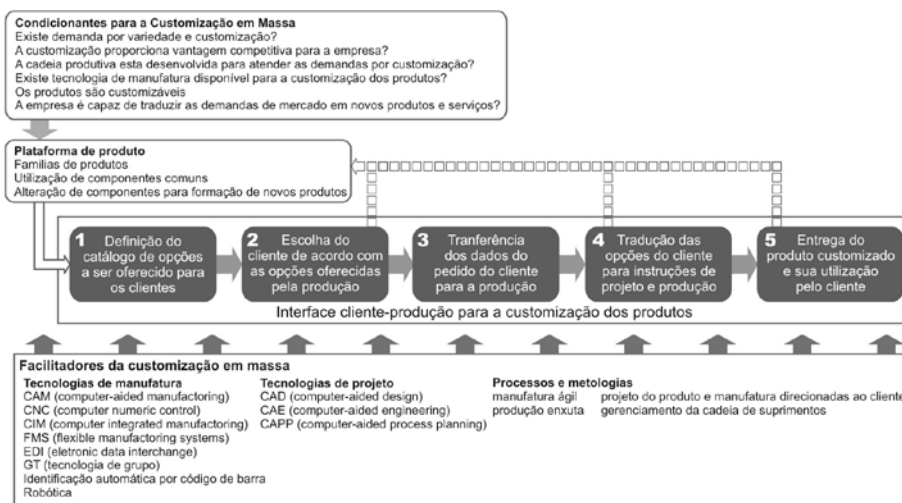


Figura 2.3 - Mapeamento da interface entre cliente e produção para a customização de produtos  
Baseado em (Gilmore; Pine II, 1997); (Duray et al., 2000); (Da Silveira et al., 2001)

A primeira etapa, (i) definição do catálogo de opções a ser oferecido para os clientes, define as opções oferecidas para a customização (Da Silveira et al., 2001). Este catálogo de produtos compreende o desenvolvimento da família de produto da empresa. A adoção da estratégia de customização ainda demanda o atendimento de alguns condicionantes, tais como a real necessidade de customização de produtos, a viabilidade de customizar os produtos e a disponibilidade de tecnologias e logística para estas atividades (Da Silveira et al., 2001). Nesta etapa, são entradas importantes o conhecimento das necessidades de customização dos produtos e das possibilidades tecnológicas para o atendimento destas solicitações, que serão reunidas no projeto da plataforma de produto. Nesta etapa, é importante a utilização das tecnologias de projeto, tais como CAD (*Computer Aided Design*), CAE (*Computer Aided Engineering*) e CAPP (*Computer-Aided Process Planning*) (Duray et al., 2000).

A segunda etapa, (ii) escolha do cliente de acordo com as opções oferecidas pela produção, considera a forma como o cliente opta pelas alternativas de customização oferecidas. A facilidade encontrada pelo cliente durante o projeto e personalização do produto tem se constituído um dos maiores determinantes para o sucesso da adoção da estratégia de CM (Duray; Milligan, 1999); (Ogawa; Piller, 2006). Este processo pode acontecer com o cliente

selecionando as opções em uma interface sem auxílio adicional ou até com a interação com um técnico ou projetista que desenvolve um arranjo dos componentes direcionado para melhor atender as necessidades do cliente (Da Silveira et al., 2001). Recomenda-se que os resultados das seleções dos clientes sejam analisados e utilizados para otimizar o processo de CM (Fogliatto; Da Silveira, 2008)

A terceira etapa, (iii) transferência dos dados do pedido do cliente para a produção, consiste na forma como as opções de customização do cliente são transferidas desde o ponto de venda para a produção. Estes dados são normalmente transmitidos via rede integrada de computadores ou mesmo utilizando a *web* (Da Silveira et al., 2001).

A quarta etapa, (iv) tradução das opções do cliente para instruções de projeto e manufatura, inicia quando a plataforma de produtos é acionada na produção para o atendimento das necessidades dos clientes. Neste processo, as tecnologias de manufatura disponibilizam suporte para transformação dos projetos customizados em produtos. Entre estas tecnologias, os sistemas CAD/ CAM destacam-se para a transformação dos projetos em instruções de manufatura (Kotha, 1995); (Da Silveira et al., 2001).

A customização do produto ou serviço também pode acontecer durante a etapa de (v) entrega e na utilização do produto pelo cliente, sendo que o fabricante pode não ter conhecimento explícito desta adaptação. Estes casos acontecem com produtos ou serviços em que o seu uso é previsível a partir de um conjunto padronizado de componentes (Gilmore; Pine, 1996), como no caso de prateleiras modulares (Royer, 2007).

### 2.2.2 Níveis de customização em massa

Determinar o nível de customização dos produtos tem se caracterizado um dos principais debates sobre CM (Da Silveira et al., 2001). De acordo com Hart (1995), a definição do nível de customização do produto ou serviço trata-se de um dos fundamentos para a customização. A forma como a empresa aplica o conceito de CM também pode ser compreendida de acordo com o grau de postergação (*postponement*) da inclusão do cliente durante o ciclo de projeto, manufatura e expedição do produto (Duray et al., 2000); (Van Hoek, 2001); (Yang; Burns, 2003); (Yang et al., 2004); (Royer, 2007). A utilização do termo postergação se refere à estratégia organizacional de adiar diversas atividades na empresa e na cadeia de suprimentos até a colocação do pedido por parte do cliente (Van Hoek, 2001). Este grau de postergação adotado varia de acordo com a etapa em que o cliente é inserido no processo (Van Hoek, 2001); (Yang et al., 2004); (Royer, 2007).

Baseado no conceito de postergação, o maior nível de CM é verificado com a participação do cliente desde a etapa de projeto do produto, que indica uma estratégia de customização total do produto, no caso uma estratégia de ETO (*Engineering to Order*). Enquanto que o grau



mínimo, em que não se identifica a postergação de atividades, indica que a produção está baseada totalmente na previsão da demanda.

### 2.3 INDÚSTRIA DE MÓVEIS MODULADOS

O setor moveleiro utiliza diversos tipos de matérias primas, produzidas por distintas cadeias produtivas, que obtêm como resultado produtos segmentados de acordo com o material utilizado (madeira, metal, plástico, outros) e também pelo uso aos quais são destinados (residenciais, escritório e institucionais) (Marion Filho, 1998). Os móveis de madeira são ainda segmentados em dois tipos: torneados, cuja principal matéria-prima é a madeira maciça e retilíneos, em que os painéis de madeira em geral são a principal matéria-prima. Esses móveis em madeira do tipo retilíneos podem ser produzidos de forma seriada e customizada, como no caso dos móveis modulados, sendo que as empresas que produzem este tipo de produto costumam ser de grande porte e utilizar as tecnologias mais avançadas disponíveis para o setor (Garcia; Motta, 2007).

A estratégia de CM aplicada ao mobiliário apresenta-se como uma oportunidade das empresas se tornarem mais competitivas (Pyke et al., 2000); (Schuler; Buehlmann, 2003); (Yao; Carlson, 2003); (Oh et al., 2004). No Brasil, as empresas de móveis residenciais retilíneos de painéis de madeira reconstituída são as que costumam utilizar esta estratégia (Garcia; Motta, 2007), como o caso da Todeschini® (Machado; Morais, 2008). As empresas que aplicam a CM neste setor costumam utilizar o conceito de mobiliário modular (*module-based product family*). Estes módulos são combinados para a obtenção de um projeto customizado. Com isto, existe a possibilidade dos clientes desenvolverem um projeto e adquirirem estes módulos conforme o espaço disponível e o orçamento, visto que os módulos são componíveis e podem ser comprados separadamente (Garcia; Motta, 2007).

A dimensão dos produtos e os diversos agentes da cadeia produtiva envolvidos entre a produção até a entrega para o cliente tornam a distribuição dos produtos um processo complexo neste setor (Pyke et al., 2000). O varejo costuma ser responsável pela montagem final do produto, pela assistência técnica após a venda e pelo transporte final até o cliente. Tradicionalmente, entre suas atividades ainda estão incluídas a disponibilização de assessoria no projeto do produto, catálogos de alternativas e a representação gráfica do produto no espaço do cliente (Pyke et al., 2000). No Brasil, estes produtos são distribuídos principalmente por lojas franqueadas ou por canais próprios, por meio da aquisição de pontos no varejo. Esta estratégia incorpora também a distribuição do produto no mercado como forma de agregar maior valor ao produto e viabiliza a associação de uma maior quantidade de serviços aos produtos comercializados.

No Brasil, a maior parte das empresas deste ramo atua no mercado doméstico, sendo que a exportação é tratada mais como uma estratégia para redução da capacidade ociosa. Existem

experiências de algumas empresas que estão expandindo o modelo de negócio baseado nos móveis modulares para países da América Latina via lojas próprias, porém este movimento de acesso direto ao mercado externo ainda é pouco representativo no setor (Garcia; Motta, 2007).

Outra tendência na distribuição deste tipo de produto é a partir de lojas virtuais (Pyke et al., 2000). Desta forma, os consumidores têm a possibilidade de customizar seus produtos diretamente pela internet. A utilização desta tecnologia para a customização de mobiliário permite diferentes formas de visualização do produto além do armazenamento de uma quantidade ilimitada de modelos virtuais (Oh et al., 2004). A possibilidade de utilizar a internet para customizar o mobiliário se apresenta como uma alternativa para aproximar as empresas dos clientes (Schuler; Buehlmann, 2003); (Franke; Piller, 2003); (Fogliatto; Da Silveira, 2008). Esta tecnologia já é oferecida por algumas empresas européias, como a alemã Huelsta, que disponibiliza um *software* para o projeto utilizando os módulos disponíveis para a venda ([www.huelsta.co.uk](http://www.huelsta.co.uk)).

#### 2.4 MÉTODO DE PESQUISA

A presente pesquisa busca investigar o processo de customização de produtos utilizado pelas empresas de móveis modulados, com foco no mercado residencial. Esta pesquisa pode ser caracterizada como exploratória, visto que tem por objetivo compreender o fenômeno e tornar o conhecimento mais explícito (Gil, 2007). Como forma de atingir este objetivo, foi utilizado o método qualitativo. Este tipo de método é indicado quando se procura compreender o fenômeno segundo a perspectiva dos participantes da situação estudada (Neves, 1996).

Para isto, foram realizadas entrevistas de profundidade seguindo um questionário semi-estruturado (Ribeiro; Milan, 2007) com representantes das empresas envolvidas nos diferentes estágios da CM dos produtos (APÊNDICE A). O questionário utilizado foi construído buscando mapear as atividades, práticas, ferramentas e dificuldades encontradas em cada etapa do processo de CM apresentado na Figura 3. Desta forma, são formuladas diversas questões para cada uma das etapas de customização, com o objetivo de levantar informações do processo de customização aplicado desde a interpretação da necessidade do cliente até a entrega e uso do produto pelo cliente. Após a finalização do questionário, foi realizado um pré-teste. Segundo Gil (2007), este procedimento visa garantir que o instrumento atinja os objetivos propostos evitando erros de compreensão ou entendimento por parte dos respondentes. O pré-teste do questionário foi realizado com dois especialistas da área de desenvolvimento de produto, posteriormente as sugestões coletadas foram incorporadas ao questionário.

No ano de 2008, no Brasil foram produzidas cerca de 354 milhões de peças de mobiliário por 17.000 indústrias moveleiras (Abimóvel, 2010). Entretanto, estes números podem ser maiores, visto que em 2001 já existiam cerca de 50.000 empresas cadastradas à juntas comerciais na

categoria de fabricantes de móveis (Gazeta Mercantil, 2001). No sul do Brasil, mais precisamente na região de Bento Gonçalves/RS, verifica-se a concentração de indústrias moveleiras especializadas em móveis retilíneos modulados (Garcia; Motta, 2007). Estas empresas formam um cluster (Silva; Santos, 2005), sendo que este arranjo permite uma vantagem competitiva resultante deste arranjo produtivo (Muñoz, 2004); (Braga et al., 2010). O objeto de estudo é o arranjo produtivo da região de Bento Gonçalves/RS, no qual se apresenta como o maior produtor brasileiro de móveis residenciais retilíneos (Garcia; Motta, 2007), sendo esta uma característica das empresas que utilizam o conceito de customização aplicado ao mobiliário.

Foram selecionados profissionais de empresas de grande porte deste arranjo produtivo que trabalham com móveis modulados residenciais. A seleção dos profissionais procurou mapear o processo completo de CM do produto, desde a interpretação da necessidade do cliente, o projeto da plataforma de produto e as restrições da produção para atender a estas necessidades. Desta forma, foram realizadas oito entrevistas em profundidade, sendo entrevistados dois profissionais envolvidos com o projeto de produtos, três gerentes de vendas e três gerentes de produção.

O critério adotado para a seleção dos respondentes observou o grau de experiência com o problema abordado, sendo selecionados profissionais com experiência superior a cinco anos no setor. Atendendo esta restrição, a amostra foi selecionada por conveniência até conseguir atingir os objetivos propostos. Cada uma das oito entrevistas realizadas teve duração aproximada de 50min e tiveram o seu áudio armazenado.

## **2.5 RESULTADOS**

Primeiramente será apresentado o processo de customização empregado pelo setor de acordo com as cinco fases que representam a interface entre cliente e produção (Figura 3). A seguir é apresentado o nível de customização adotado pelas empresas estudadas, segundo o modelo de Yang et al. (2004). Posteriormente, os resultados são discutidos e confrontados com a revisão de literatura.

### **2.5.1 Interface entre cliente e produção para a customização**

#### **Definição do catálogo de opções a ser oferecido para os clientes**

Todos os envolvidos no processo possuem algum tipo de participação na definição dos produtos. Os gerentes de vendas, em razão do maior contato com o mercado, costumam disponibilizar informações de demanda e necessidades ainda não atendidas dos clientes. Os projetistas, baseados em sua experiência, também costumam propor novos produtos. Entretanto, segundo os gerentes de produção, a definição final do catálogo de produtos para a CM a ser disponibilizado está a cargo da alta gerência, sendo que esta definição é baseada

principalmente em *benchmarking*. A pesquisa de mercado acontece principalmente a partir das visitas de representantes das empresas e dos projetistas às feiras internacionais de mobiliário. Nestas feiras são verificadas as tendências para os móveis e para os acabamentos, principalmente por meio da comparação feita com os produtos de empresas européias. Quando a empresa já possui um histórico de vendas dos produtos, estes dados costumam ser utilizados para definir quais os módulos que irão compor o catálogo. Algumas empresas também incorporam a experiência dos vendedores para montar uma expectativa de vendas para o novo módulo, a partir desta informação é tomada a decisão de incorporar ou não o novo produto ao portfólio da empresa.

Considerando as empresas pesquisadas, não foi possível identificar a utilização de métodos estruturados para a definição dos produtos que deverão compor o catálogo da empresa. Apesar de se verificar uma intensa conexão entre a produção e o varejo, as informações de mercado não estão estruturadas para a definição das opções de customização do produto. Entre as empresas estudadas, verifica-se uma dificuldade em aplicar os conceitos de plataforma de produto, tais como comunalidade, padronização e modularização. Segundo Meyer e Lehnerd (1997), esta dificuldade é decorrente do desenvolvimento independente dos projetos de cada módulo. Esta realidade permanece, ainda que parcialmente, nas empresas do setor. Mesmo que os gerentes de produção indiquem a necessidade da aplicação dos conceitos de modularização, não foram identificados métodos estruturados para a obtenção destes benefícios. Desta forma, a aplicação desses métodos, assim como uma pesquisa de mercado mais estruturada, se apresenta como oportunidades para melhorias nas famílias de produto no setor de móveis modulados.

A partir das entrevistas com os gerentes de produção e das lojas de modulados, verifica-se no setor a adoção da intercambiabilidade entre os módulos como forma de oferecer maior quantidade de alternativas de customização. Os módulos destinados para cozinha ou dormitório podem ser compostos no projeto do espaço na casa do cliente. Além disso, também se verifica uma tendência de complementaridade de produtos. Segundo Meyer e Lehnerd (1997), a utilização de indicadores para mensurar a eficiência do desenvolvimento da plataforma de produtos nas empresas é um fator importante para a otimização desta atividade. Apesar das empresas desenvolverem uma grande quantidade de módulos e produtos, não foi verificado a utilização de indicadores para mensurar a eficiência do desenvolvimento das plataformas de produtos das empresas.

### **Escolha do cliente de acordo com as opções oferecidas pela empresa**

Conforme verificado nas lojas pesquisadas, a seleção dos módulos para compor o produto do cliente sempre acontece acompanhada de um projeto. Este processo inicia com a apresentação das possibilidades dos módulos para o cliente. Posteriormente, um representante da loja vai até a casa do cliente e realiza um levantamento do espaço para a realização do projeto. Este

projeto, desenvolvido pela equipe da loja de modulados, reúne uma composição dos módulos disponíveis de forma a melhor atender às demandas do cliente no espaço disponível. A concepção do projeto utiliza uma arquitetura modular seguindo o conceito de modularidade (*module-based product family*) (Simpson, 2004).

Este primeiro projeto é executado por profissionais habilitados, normalmente arquitetos funcionários das lojas com a utilização do *software* Promob Studio® da fabricante Procad. Trata-se de um *software* CAD recomendado para fabricantes seriados de móveis que permite criar, apresentar e vender projetos de ambientes e ainda integrar a manufatura com seus parceiros comerciais (Procad, 2009). A execução deste projeto exclusivo para o cliente trata-se do primeiro serviço associado ao produto durante o processo de customização, sendo que o seu nível de complexidade é variável entre as lojas pesquisadas. Algumas lojas trabalham o projeto somente com a combinação dos módulos. Outras disponibilizam um serviço avançado para o cliente, capaz de, além de realizar a combinação dos módulos, também editá-los (*scale-based product family*) e oferecer outros serviços e produtos associados, tais como equipamentos eletrônicos e utilitários, serviços de pintura, iluminação e decoração do ambiente.

De acordo com os gerentes de vendas das lojas, o nível de serviço associado ao produto consiste em um importante diferencial para a venda. Foi possível verificar que, quando o varejo disponibiliza um nível mais avançado de serviços associados ao produto, é possível agregar maior valor ao produto e também cobrar mais por isto.

Uma dificuldade relatada por um gerente de loja para a realização da venda é a falta de capital de giro para financiar os pedidos dos clientes. Nas lojas pesquisadas, a entrega costuma ser programada para cerca de 20 dias após o fechamento do pedido, desta forma o cliente somente poderá visualizar o produto customizado no momento de sua instalação. Uma alternativa para reduzir esta dificuldade é melhorar a apresentação do projeto do ambiente para o cliente, assim como disponibilizar um espaço com recursos de áudio, vídeo e conforto para realizar esta apresentação. Trata-se de uma melhoria no serviço associado ao produto com capacidade de agregar maior valor a customização e ao negócio.

### **Transferência dos dados do pedido do cliente para a produção**

Quando o procedimento de venda é finalizado, o próprio *software* utilizado pelo varejo para a execução do projeto, o Promob Studio®, identifica quais foram os módulos definidos no projeto e desenvolve uma listagem desses módulos para encaminhar à produção. Todas as lojas pesquisadas disponibilizam um canal de comunicação direto com a produção para encaminhar estes pedidos, com a utilização do EDI (*Electronic Data Interchange*). Esta listagem encaminhada para a produção não costuma identificar a combinação dos módulos que integra o projeto do cliente, sendo que a produção desconhece a aplicação final dos

módulos na casa do cliente. A disponibilização deste canal de comunicação dos pedidos, juntamente com o telefone e a *web* atendem a necessidade de comunicação entre varejo e produção e, segundo os entrevistados, não se configura em um problema para o processo de customização no setor.

### **Tradução das opções do cliente para instruções de projeto e produção**

Com o recebimento das referências dos módulos que compõem o projeto, estes produtos entram em produção. Normalmente, a produção trabalha sem estoques de produtos acabados ou com níveis mínimos desses. Todas as empresas fabricantes pesquisadas utilizam máquinas CNC (*computer numeric control*) para a produção. Uma vez desenvolvida a programação destas máquinas, o processo de produção é bastante automatizado. O tempo de *set up* das máquinas de produção entre os módulos é bastante reduzido, capacidade esta que permite a produção de uma grande variedade de módulos sem perda de produtividade. Desta forma, verifica-se uma eficiente integração das tecnologias CAD e CAM para a produção dos módulos, muito em razão do emprego das máquinas CNC.

Com a grande variedade de produtos e os baixos níveis de estoque utilizados pelas empresas fabricantes, verifica-se uma dificuldade na programação da produção destes módulos. Em razão da diversidade dos acabamentos e dimensões, foi constatada nas empresas pesquisadas dificuldade da manufatura programar a produção de lotes de maior volume. Apesar do *set up* das máquinas entre os lotes ser reduzido, a variabilidade dos acabamentos da matéria prima utilizada e suas espessuras, chapas de MDF (*Medium Density Fiberboard*) ou MDP (*Medium Density Particleboard*) dificulta a programação de lotes maiores. Diante desta realidade, os fabricantes pesquisados procuram investir em FMS (*Flexible Manufacturing System*), principalmente a partir da aquisição de máquinas flexíveis, que conseguem produzir diferentes itens com alta produtividade, mas também com a flexibilidade no roteiro de produção. Segundo os gerentes de produção entrevistados, a redução dos acabamentos e padrões utilizados nas chapas poderia contribuir para uma maior produtividade.

Conforme um gerente de produção entrevistado, outra alternativa para reduzir este problema é a busca por componentes com dimensões ou características comuns. Com isto, é possível realizar a postergação de algumas atividades da produção, criando um estoque em processo de produtos semi-acabados, que a partir do pedido, podem ser mais rapidamente produzidos e customizados de acordo com a demanda. Apesar desta prática não ser amplamente utilizada nas empresas pesquisadas, segundo os entrevistados, sua aplicação é viável e permite aumentar o ganho em escala em alguns estágios da produção sem sacrificar a variedade de produtos. Neste sentido, a utilização de métodos estruturados de padronização de componentes é defendida como alternativa para a manutenção do ganho de escala de produção sem prejudicar a variedade de produtos (Jiao; Tseng, 2000); (Simpson, 2004); (Thevenot; Simpson, 2007).

Segundo os gerentes de produção, as empresas fabricantes, costumam trabalhar somente utilizando o conceito de modularidade (*module-based product family*) e não editam os produtos. Uma alternativa desenvolvida por um grupo de lojas franqueadas para disponibilizar maior customização para os clientes é utilizar um segundo estágio de produção. Sob coordenação do varejo, foi desenvolvida uma fábrica capaz de editar os módulos (*scale-based product family*) produzidos pela produção, assim como desenvolver e produzir outros produtos especiais que não fazem parte do portfólio de produtos do fabricante. Desta forma, o varejo faz os pedidos dos módulos que compõem o projeto do cliente e demais matérias primas necessárias para editar estes módulos. O resultado são produtos ainda mais customizados e adaptados a necessidade do cliente com a manutenção do volume de produção do fabricante.

### **Entrega do produto customizado e sua utilização pelo cliente**

Conforme o relato dos gerentes das lojas após o fechamento do pedido para a produção verifica-se um *lead time* entre 15 e 20 dias para a entrega e instalação do produto no espaço do cliente. Normalmente, este serviço de instalação está sob supervisão das lojas, sendo realizado por montadores terceirizados ou por funcionários próprios. Durante a instalação também são comuns algumas adaptações específicas no produto, sendo esta uma alternativa para aumentar a customização do produto. Em razão da criticidade do processo de montagem, um fabricante pesquisado oferece treinamentos periódicos para as equipes de montagem das lojas, e ainda disponibiliza uma equipe de montagem própria para os produtos.

Como forma aumentar o nível do serviço associado, algumas lojas pesquisadas disponibilizam outros serviços associados ao mobiliário adquirido, tais como pintura do espaço, instalação de equipamentos de som e vídeo, decoração, entre outros. Estes serviços costumam ser prestados por profissionais associados ao varejo, sendo que a dimensão e a eficiência da rede de profissionais e fornecedores destes serviços se apresentam como um diferencial para o negócio. Após a instalação dos produtos e sua utilização por parte do cliente, ainda existem serviços que podem ser disponibilizados para os clientes, tais como o transporte do material em uma eventual mudança ou a realização de ampliações ou adaptações no mobiliário adquirido.

De acordo com os gerentes de vendas entrevistados, a qualidade do serviço de instalação do produto se apresenta como crítica no processo de customização, pois é diante desta atividade que o cliente pode, pela primeira vez, visualizar o produto adquirido de forma real. Desta forma, a supervisão deste serviço, assim como dos demais serviços associados, é muito importante para o sucesso do processo e posterior satisfação e fidelização do cliente.

### 2.5.2 Nível de customização utilizado no setor de modulados

No mercado de mobiliário verifica-se uma demanda por produtos customizados. Esta estratégia é identificada como alternativa para agregar maior valor aos produtos ofertados (Pyke et al., 2000); (Schuler; Buehlmann, 2003); (Yao; Carlson, 2003); (Oh et al., 2004). Os profissionais entrevistados ressaltaram a vantagem obtida pela estratégia de CM dos seus produtos.

Segundo os entrevistados, as empresas trabalham prioritariamente com o início da manufatura posterior a colocação do pedido do cliente, uma estratégia MTO (*Make to Order*). Esta estratégia somente é possível em razão da agilidade de produção implantada no setor. O planejamento da produção das empresas pesquisadas possui uma previsão média de 5 dias entre a colocação do pedido até a expedição do produto. Os níveis de customização verificados no setor são apresentados na Figura 2.4.



Figura 2.4 - Nível de CM verificado no setor de móveis modulados seguindo a estrutura de níveis de postergação Baseado em (Yang; Burns, 2003); (Yang et al., 2004); (Royer, 2007)

Foi verificado nas empresas fabricantes que os projetos dos módulos podem ser adaptados de acordo com a necessidade do cliente, uma estratégia muito próxima à ETO (*Engineering to Order*). Esta possibilidade é uma alternativa para oferecer maior quantidade de opções para os clientes, sendo empregada em alguns casos especiais ou mesmo em pedidos de grande volume para exportação. Apesar de o produto sofrer alterações, nas empresas pesquisadas são exceções os casos do desenvolvimento de um produto novo especial, normalmente acontece alguma adaptações do mesmo, mais próximo do conceito de edição dos módulos (*scale-based product family*). Nas entrevistas com os gerentes das lojas, foi identificado que a estratégia de customização total do produto (ETO) também é aplicada no setor, com destaque para as lojas destinadas a um público mais seletivo, de classe A. Entretanto, essa estratégia não é muito difundida nas empresas, apesar de ser crescente a sua utilização.

Conforme o relato dos entrevistados em geral, as empresas não costumam possuir estoques de produtos acabados, entretanto este tipo de estratégia pode ser verificado em produtos com características mais simples, de menor valor agregado. Isso acontece como forma de atingir



maior economia de escala. Nesse caso, as empresas trabalham com lotes maiores de produção, estratégia esta que indica a existência de estoques de produtos acabados, que configura uma estratégia de expedição por pedido, muito semelhante à MTS (*Make to Stock*). Por meio das entrevistas com os profissionais verifica-se que as demandas de mercado por customização é o principal definidor do nível de postergação adotado, e por consequência, do nível de CM.

### 2.5.3 Discussão dos resultados

A partir das entrevistas realizadas foi verificada nas empresas do setor uma estrutura desenvolvida para a adoção da estratégia de CM. Esta estratégia é suportada por uma eficiente integração entre a manufatura e o varejo, que acontece pela incorporação do ponto de venda pela manufatura e também por meio da relação com lojas franqueadas. As tecnologias de manufatura, tais como CAD/CAM/CNC e FMS também são importantes fatores que contribuem o processo de CM no setor. O setor desenvolveu diversas alternativas para o desenvolvimento da CM que também podem ser aplicadas em outros setores industriais.

Apesar de possuir um eficiente processo de CM, o setor de móveis modulados ainda possui diversas possibilidades de melhoria. Ao compararmos as proposições encontradas na literatura para a DFMC com as práticas e técnicas empregadas no setor é possível identificar alternativas de desenvolvimento e ganho de competitividade para as empresas do setor que utilizam a estratégia de CM. Estas alternativas estão principalmente relacionadas à questão de métodos de desenvolvimento de produto estruturados para a CM e do controle deste processo (Figura 2.5).

Aspectos do DFMC	Status	Verificado nas empresas
Método estruturado para o desenvolvimento de produto para a CM (Jiao et al., 2003)	ausente	Apesar da experiência dos projetistas, não foi verificada a utilização de nenhum método estruturado para o desenvolvimento da produto orientado a customização em massa.
Utilização de métodos de padronização de componentes (comunalização) (Simpson, 2004); (Robertson; Ulrich, 1998).	ausente	Não foram identificados métodos de padronização nas empresas estudadas.
Utilização de modelo para auxiliar a identificação da plataforma de produto (Simpson, 2004); (Duray et al. 2000).	ausente	Não foi verificado nas empresas estudadas.
Métodos para incorporar a demanda do consumidor no projeto da plataforma (Yu et al. 1999); (Simpson, 2004); (Simpson et al., 2006)	parcial	O <i>benchmarking</i> é a principal técnica utilizada para compor a família de produtos. Não foram identificadas a utilização de métodos mais elaborados para identificar as tendências de mercado e a composição da família de produtos
Utilização de indicadores para mensurar a eficiência do desenvolvimento da plataforma de produtos (Meyer; Lehnard, 1997). Ex. (faturamento x desenvolvimento da família de produtos)	ausente	Não foi verificado nas empresas estudadas.
Sistema de configurador online para os produtos (Oh et al., 2004); (Franke; Piller, 2003); (Fogliatto; Da Silveira, 2008).	ausente	Não foi verificado nas empresas estudadas.
Utilização de tecnologias de manufatura auxilia o processo de CM (Da Silveira et al., 2000); (Duray et al., 2000) <ul style="list-style-type: none"> <li>• CAM (computer-aided manufacturing)</li> <li>• CNC (computer numeric control)</li> <li>• CIM (computer integrated manufacturing)</li> <li>• FMS (flexible manufacturing systems)</li> <li>• EDI (electronic data interchange)</li> <li>• GT (tecnologia de grupo)</li> <li>• Identificação automática por código de barra</li> <li>• Robótica</li> </ul>	presente	As empresas utilizam o CAM/CNC para traduzir os dados de projeto para a produção. A identificação por código de barras pode ser utilizada para a identificação dos componentes de cada módulo na expedição. São verificados grandes investimentos em FMS, principalmente na aquisição de máquinas com <i>set up</i> reduzido e alto volume de produção. O EDI é utilizado para a para transferência dos dados de projeto/pedidos.
A aplicação de tecnologias de projeto (Da Silveira et al., 2000); (Duray et al., 2000) <ul style="list-style-type: none"> <li>• CAD (computer-aided design)</li> <li>• CAE (computer-aided engineering)</li> <li>• CAPP (computer-aided process planning)</li> </ul>	presente	Todas as empresas utilizam o CAD, sendo que buscam uma integração mais direta e efetiva com o CAM/CNC.
A aplicação de projetos e metodologias auxilia o processo de CM (Da Silveira et al., 2000) <ul style="list-style-type: none"> <li>• manufatura ágil</li> <li>• projeto de manufatura e produto direcionados ao cliente</li> <li>• produção enxuta</li> <li>• gerenciamento da cadeia de suprimentos</li> </ul>	parcial	Entre as empresas estudadas, a aplicação dos conceitos de produção enxuta foi o lembrado como que poderia auxiliar no processo de customização. A cadeia de suprimentos ainda não é considerada como participante do processo de customização.

Figura 2.5 - Comparação entre a teoria e o verificado nas empresas

O DFMC se apresenta como uma metodologia alinhada com o processo de CM de produtos. Entre as possibilidades de contribuição na utilização do DFMC no setor de móveis modulados, se apresentam com destaque: (i) pensar nos serviços associados ao produto durante o seu desenvolvimento (Tseng; Jiao, 1998a, 1998b, 2001); (Jiao et al., 2003); (ii) definir um portfólio de produtos mais otimizado (Meyer; Lehnard, 1997); (Bare; Cox, 2008); (iii) proporcionar maior modularidade e padronização dos componentes (Baldwin; Clark, 2000); (Jiao et al., 2003, 2007); (Jose; Tolleanare, 2005); (iv) atender às necessidades individuais dos clientes (Pine II, 1993), (v) adotar metodologia de desenvolvimento de produto direcionada para CM (Jiao et al., 2003) e (vi) desenvolver sistema de customização online do produto (Franke; Piller, 2003); (Oh et al., 2004); (Fogliatto; Da Silveira, 2008). A síntese dos resultados encontrados, assim como as oportunidades de pesquisa são apresentada na Figura 2.6.

Resultados encontrados	Oportunidades de pesquisa
Ainda existem demandas não atendidas pelos fabricantes de móveis modulados, sendo que é maior nos segmentos de mercado mais elevados. Também se verifica muitas necessidades não atendidas relacionadas aos serviços associados ao produto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CM dos produtos por meio dos serviços associados</li> <li>• Levantamento quantitativo das características de qualidade demandadas</li> <li>• Integrar métodos de análise de mercado ao projeto das famílias de produto</li> </ul>
A variabilidade dos acabamentos das matérias primas utilizadas (chapas de MDF e MDP) dificulta a programação de lotes maiores de produção e as economias de escala. A quantidade/variedade de produtos também dificulta a produção e aumenta os níveis de estoque de matérias primas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolver metodologia para aplicação dos conceitos de plataforma de produto no setor</li> <li>• Otimizar a variedade de produtos para atingir maiores volumes de produção</li> <li>• Estender os conceitos de CM para a cadeia de suprimentos da empresa.</li> </ul>
A utilização da interface entre CAD e CAM/CNC é um importante facilitador do processo de customização. O emprego dos conceitos de FMS também contribuem para a customização, principalmente pela utilização de máquinas flexíveis e com baixo tempo de <i>set up</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Otimizar o <i>trade off</i> entre a produção de uma variedade de produtos e os as dificuldades da produção (estoque, <i>set up</i>, movimentação...)</li> <li>• Desenvolver sistema de CM de produtos via web</li> </ul>

Figura 2.6 - Síntese dos resultados e oportunidades de pesquisa

## 2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou identificar na bibliografia as práticas e técnicas indicadas para o desenvolvimento do Design for Mass Customization (DFMC), compreender e comparar como estas são aplicadas no setor de móveis modulados e por fim identificar possibilidades de desenvolvimento desta estratégia para empresas do setor de móveis modulados. Por meio de um comparativo entre a teoria de CM e DFMC e as técnicas e práticas utilizadas nas empresas foi possível identificar diversas possibilidades de desenvolvimento. Em razão da experiência das empresas analisadas com a CM foi possível identificar um conjunto de práticas empregadas que também poderiam ter resultados satisfatórios para o desenvolvimento da estratégia de CM em empresas de outros setores. Entre estas práticas podem ser destacadas o desenvolvimento de serviços associados ao produto, a utilização de um segundo estágio de produção, investimento em manufatura flexível (FMS) e a integração entre os sistemas e softwares utilizados no varejo e na produção.

Apesar da estratégia de CM já ser difundida no setor de móveis modulados, foi possível verificar que a quantidade de práticas e técnicas de suporte aplicadas ao projeto do produto para CM ainda é baixa, sinalizando a oportunidade de melhorias com a aplicação dos conceitos do DFMC. Foi possível identificar que a CM está baseada principalmente nas práticas aplicadas ao sistema produtivo, principalmente com a utilização das tecnologias CAM e FMS que permitem a produção de lotes pequenos e baixo tempo de *set up*. Com isto, identificou-se a oportunidade da aplicação de diversas práticas e técnicas do DFMC para o desenvolvimento do setor, tais como: métodos para o projeto de produtos direcionado a CM, técnicas de apoio e controle do desenvolvimento de plataformas de produto e utilização de configurador de produto via web.

## REFERÊNCIAS

- ABIMOVEL (2010); "Panorama do setor moveleiro no Brasil". Disponível em: < <http://www.abimovel.com/>>. Acesso em: 20 ago. 2010.
- Alizon, F.; Shooter, S.B.; Simpson, T.W. (2009); "Henry Ford and the Model T: lessons for product platforming and mass customization", *Design Studies*, 30 (5), september, 588-605.
- Anderson-Connel, L.J.; Ulrich, P.V.; Brannon, E.L. (2002); "A consumer-driven model for mass customization in apparel market", *Journal of Fashion Marketing and Management*, .6(3), 240-258.
- Baldwin, C.Y.; Clark, K.B. (2000); "Managing in an age of modularity". In Gilmore, J. H.; Pine II, J. B. **Markets of one: creating customer-unique value through mass customization**. Harvard Business School Press, Boston, MA.
- Bare; M. Cox, J.J. (2008); "Applying principles of mass customization to improve the empirical product development process", *Journal of Intelligent Manufacturing*, 19(5), 565-576.
- Braga, D. P. G.; Braga, A. X. V.; Souza, M. A. (2010); "Desempenho e competitividade de empresas associadas em rede: estudo em uma rede de agências de viagens e turismo do Estado do Rio Grande do Sul – Brasil", *Espacios*, 31 (2).
- Clark, K.B.; Fujimoto, T. **Product development performance: strategy, organization, management in the world auto industry**. Boston: Harvard Business School Press, 1991.
- Da Silveira, G.; Borenstein, D.; Fogliatto, F.S. (2001); "Mass customization: literature review and research directions", *International Journal of Production Economics*, 72, 1-13.
- Duray, R.; Milligan, G.W. (1999); "Improving customer satisfaction through mass customization", *Quality Progress*, 32(8), 60-66.
- Duray, R.; Ward, P.T.; Mulligan, G.W.; Berry, W.L. (2000); "Approaches to mass customization: configurations and empirical validation", *Journal of Operations Management*, 18, 605-625. 2000.
- Fogliatto, F.S.; Da Silveira, G.J.C. (2008); "Mass Customization: A method for market segmentation and choice menu", *International Journal of Production Economics*, v.111, 606-622.
- Franke, N.; Piller, F.T. (2003); "Key Research Issues in User Interaction whith Configuration Toolkits in Mass Customization", *International Journal of Technology Management*, v.26(5-6), 578-599.
- Hart, C.W.L. (1995); "Mass customization: conceptual underpinnings, opportunities and limits". *International Journal of Service Industry Management*, 6(2), 36-45.
- Garcia, R.; Motta, F. G. (2007); "Relatório setorial final: móveis residenciais em madeira". Rede DPP-FINEP. Disponível em <<http://www.finep.gov.br/PortalDPP/>>. Acesso em: 04/2008.
- Gazeta Mercantil (2001); *Jornal Gazeta Mercantil*. Disponível em: <<http://www.gazetamercantil.com.br/salavip/>>. Acesso em: 15 jun. 2001.
- Gil, A.C. (2007); **Como elaborar projetos de pesquisa**, Editora Atlas S.A., 4ed. São Paulo.
- Gilmore, J. H.; Pine II, J. B. (1997); "The four faces of mass customization", *Harvard Business Review*, Jan-Feb, 90-102.
- Gilmore, J. H.; Pine II, J. B. (2000); **Markets of one: creating customer-unique value through mass customization**, Harvard Business School Press, Boston, MA.
- Jiao, J.; Ma, Q.; Tseng, M.M. (2003); "Toward high-added products and services: mass customization and beyond", *Technovation*, 23, 809–821.
- Jiao, J.R.; Simpson, T.W.; Siddique, Z. (2007); "Product family design and platform-based product development: a state-of-art review", *Journal of Intelligent Manufacturing*, 18, 5-29.
- Jose, A.; Tolleanare, M. (2005); "Modular and plataform methods for product family design: literature analysis", *Journal of Intellingent Manufacturing*, 16, 371-390.
- Kotha, S. (1995); "Mass customization: implementing the emerging paradigm for competitive advantage", *Strategic Management Journal*, 16, 21-42, Summer.

- Krishnan, V.; Gupta, S. (2001); "Appropriateness and impact of platform-based product development", *Management Science*, 47(1), jan., 52-68.
- Kumar, S.; Phrommathed, P. (2005); **New product development**: an empirical study of the effects of innovation strategy, organizational learning, and market conditions, Springer, New York.
- Machado, A.G.C.; Moraes, W.F.A. (2008); "Estratégias de customização em massa implementadas por empresas brasileiras", *Produção*, 18(1), 170-183.
- Marion Filho, P. J. (1998); **A Evolução e a organização recente da indústria de móveis nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. 151 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Marion, T.; J.; Freyer, M.; Simpson, T. W.; Wusk, R. A. (2006); "Design for mass customization in the early stages of product development". *Proceedings of ASME*, Philadelphia, Pennsylvania, September.
- Muñoz, G. S. R. (2004); "Estrategias para la Instrumentación y Desarrollo de Clusters", *Espacios*. 25 (1).
- Meyer, M.H.; Lehnerd, A.P. (1997); **The power of product platforms**: building value and cost leadership, New York: Free Press.
- Muffatto, M. (1999); "Introducing a platform strategy in product development", *International Journal of Production Economics*, 60-61, 145-153.
- Neves, J.L. (1996); "Pesquisa qualitativa: características, uso e possibilidades", *Caderno de Pesquisa em Administração*, 1(3), 1-5.
- Oh, H.; Yoon, S.; Hawley, J. (2004); "What virtual reality can offer to the furniture industry", *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 4(1), summer, 1-17.
- Ogawa, S.; Piller, F.T. (2006); "Reducing the risks of new product development", *MIT Sloan Management Review*, 47(2), 65-71.
- Piller, F. (2004); "Mass Customization: Reflections on the State of the Concept", *The International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 16, 313-334.
- Pine II, J.B. **Mass customization**: the new frontier in business competition, Harvard Business School Press, Cambridge, MA.
- PROCAD. Promob Studio® (2009); Disponível em <http://www.procad.net/br/produtosDet.aspx?idProdutos=4>. Acesso em 10/2009.
- Pyke, D. F.; Johnson, M. E.; Desmond, P. (2000); "E-Fulfillment: it's harder than it looks", *Supply Chain Management Review*, jan-feb., 26-32.
- Ribeiro, J.L.D.; Milan, G.S. (2007); **Entrevistas individuais**: teoria e aplicações, FEENG/UFRGS, Porto Alegre.
- Robertson, D.; Ulrich, K. (1998); "Planning for product platform", *Sloan Management Review*, summer, 39(4), 19-31.
- Royer, R. (2007); Implantação da customização em massa na estratégia da manufatura. In. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Foz do Iguaçu, PR, Brasil.
- Rozenfeld, H.; Forcellini, F. A.; Amaral, D. C.; Toledo, J. C.; Silva, S.L.; Alliprandini, D. H.; Scalice, R. K. *Gestão de desenvolvimento de produtos*: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.
- Salvador, F.; Forza, C.; Rungtusanatham, M. (2002); "Modularity, product variety, production volume, and component sourcing: theorizing beyond generic prescriptions", *Journal of Operations Management*, 20, 549-575.
- Schuler, A.; Buehlmann, U. (2003); Identifying future competitive business strategies for the U.S. residential wood furniture industry: benchmarking and paradigms shifts, USDA Forest Service, Delaware, 2003. Disponível em [http://www.fs.fed.us/ne/newtown\\_square/publications/technical\\_reports/pdfs/2003/gtrne304.pdf](http://www.fs.fed.us/ne/newtown_square/publications/technical_reports/pdfs/2003/gtrne304.pdf). Acesso em: 08/2009.
- Silva, E. M.; Santos, F. C. A. (2005); "Análise do alinhamento da estratégia de produção com a estratégia competitiva na indústria moveleira", *Produção*, 15(2), may/aug., 286-299.

- Simpson, T.W.; Maier, J.R.A.; Mistree, F. (2001); "Product platform design: Method and application", *Research in Engineering Design*, 13(1), 2-22.
- Simpson, T.W.; Holtta-Otto, K.; Weck, O.; Kokkolaras, M.; Shoter, S.B. (2006); Platform-based design and development: current trends and needs in industry. IDETC/CIE – ASME, Philadelphia, Pennsylvania, USA.
- Simpson, T.W. (2004); "Product platform design and customization: status and promise", *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 18, 3-20.
- Tseng, M.M.; Jiao, J. (1996); Design for mass customization. Proceedings of the CIRP, 45(1), jan. 153-156.
- Tseng, M.M.; Jiao, J. (1998a); Design for mass customization by developing product family architecture. *Proceedings of ASME Design Engineering Technical Conferences*, September, Atlanta, Georgia, 1-19.
- Tseng, M.M.; Jiao, J. (1998b); "Concurrent design for mass customization", *Business Process Management Journal*, 4(1) 1998(b), 10-24.
- Tseng, M.M.; Jiao, J. (2001); **Mass Customization**, In. Handbook of Industrial Engineering, 3ed. SALVENDY, Gavriel (Org.), USA: John Wiley & Sons Inc.
- Ulrich, K. (1995); "The role of product architecture in manufacturing firm", *Research Policy*, 24(3), 419-440.
- Ulrich, K.T.; Eppinger, S.D. (2000); **Product Design and Development**, New York: McGraw-Hill.
- Van Hoek, R.I. (2001); "The rediscovery of postponement a literature review and directions for research", *Journal of Operations Management*, 19(2), 161-184.
- Yang, B.; Burns, N.D. (2003); "Implications of postponement for the supply chain", *International Journal of Production Research*, 41(9), 2075-2790.
- Yang, B.; Burns, N.D.; Backhouse, C.J. (2004); "Postponement: a review and an integrated framework", *International Journal of Operations & Production Management*, 24(5), 468-487.
- Yao, A.C.; Carlson, J.G.H. (2003); "Agility and mixed-model furniture production", *International Journal of Production Economics*, 81-82, jan., 95-102.

### 3 WHEN AND HOW TO USE THE ONLINE CONFIGURATOR IN THE AUTOMOBILE INDUSTRY

Diego de Castro Fettermann  
Márcia Elisa Soares Echeveste  
Carla Schwengber ten Caten

Artigo publicado na revista IEEE Latin America, v.10, n.6, p.2331-23412, December, 2012.

#### **Abstract**

*In the Mass Customization (CM), the product configurator helps the customers to identify their individual needs and assists to transform these needs into a customized product. The objective of this paper is to verify relation between online configurators and their features with business variables of automobile companies. The sample consists of 134 automobile companies located in 31 different countries corresponding to 38.83% of the worldwide car production in 2008. The logistic regression (logit) confirmed the relation between online configurators and their features with the business variables. It also identifies the online configuration's set of features correlating with an increase in the sale of vehicles.*

*Keywords— mass customization, online configurator, logistic regression.*

#### 3.1 INTRODUÇÃO

Verifica-se uma tendência de substituição da estratégia de marketing de massa por abordagens diferenciadas para cada segmento de mercado ou até com um atendimento individual ao cliente [1]. Como forma de melhor atender a crescente variedade de necessidades dos clientes, muitas empresas têm adotado uma estratégia de aumentar o seu portfólio de produtos [2]. Entretanto, a simples adoção desta estratégia normalmente resulta em uma redução do desempenho operacional da empresa, muito em razão de que a maior quantidade de produtos resultar em maiores custos de manufatura, custos indiretos, níveis de estoques e tempos de produção [3].

Simultaneamente, o desenvolvimento de novas tecnologias de manufatura proporciona maior flexibilidade aos sistemas produtivos. Estas tecnologias têm por característica viabilizar a produção de uma maior variedade de produtos mantendo-se as vantagens de economia de escala [4],[5],[6],[7],[8]. Neste contexto, a Customização em Massa (CM) consiste em uma estratégia que busca empregar estas tecnologias de manufatura para direcionar o processo produtivo ao atendimento das necessidades individuais dos clientes [9],[2],[10]. A adoção da CM está relacionada à habilidade em disponibilizar produtos ou serviços customizados por

meio de processos produtivos flexíveis com grande volume de produção e a um custo baixo [6],[11]. A viabilidade de sua operacionalização também é sustentada por mecanismos eficientes para integrar o cliente ao processo de desenvolvimento de produto [12].

Na CM, a venda de cada produto implica no contato direto entre cliente e empresa, resultando em troca de informações e coordenação do projeto do customizado para o cliente [2],[13],[14]. Desta forma, a participação do cliente durante o processo de desenvolvimento do produto passa a ser indispensável na adoção da CM [13]. Mecanismos para facilitar esta comunicação entre cliente e empresa durante o projeto e especificação do produto são considerados um dos principais determinantes para o sucesso da adoção da estratégia de CM [15], além de um dos principais desafios para a sua adoção [2],[16].

Esta comunicação entre cliente e empresa utiliza mecanismos para captar e processar as necessidades e desejos específicos de cada cliente e traduzi-las em especificações de um produto ou serviço customizado. A pesquisa sobre como deve acontecer essa interação tem sido estudo de diversos autores [1],[17],[18],[19], [20],[21],[22],[23]. A maior parte desta interação com o cliente acontece durante a configuração do produto [7]. Uma alternativa para estabelecer esta interação com o cliente é com a utilização de um mecanismo denominado 'configurador de produto'. Seu principal objetivo é guiar o cliente durante o processo de configuração [12], permitindo ao consumidor projetar o seu próprio produto combinando opções de acordo com as suas necessidades [24]. Desta forma, o configurador de produto consiste em uma ampla rede de interfaces entre cliente e empresa para a configuração do produto. Esta rede de interfaces pode ser desde um encadeamento de opções pré-determinadas para a configuração do produto até sistemas complexos que permitem a intervenção no processo de projeto, comparação e atualização dos custos durante a customização [25]. A utilização da internet constitui-se em uma eficiente alternativa para estabelecer esta rede de interfaces entre cliente e empresa durante o processo de customização [7],[8],[12],[24],[26].

Diversos estudos mencionam a importância da disponibilização do configurador *online* de produto como uma ferramenta de suporte à estratégia de CM [7],[12],[20],[22],[23],[24]. Esta importância é resultado principalmente do valor adicionado pela possibilidade de o cliente configurar o seu próprio produto no configurador de acordo com suas necessidades [22],[23],[27],[28].

Franke e Piller [27] realizaram um experimento simulado para a compra de relógios com uma amostra de 164 alunos de graduação em administração. Os resultados apresentaram uma disposição em pagar a mais pelos relógios montados no configurador *online* que os padronizados. Esta disposição de pagar a mais pelo produto customizado também foi verificada em um estudo sobre um jornal em que as informações (notícias) são customizadas de acordo com o perfil do cliente [22]. Chang e Chen [28] desenvolveram um experimento com uma amostra de 380 alunos de ensino médio e graduação simulando a compra de



diferentes produtos pela internet. Foi verificada uma intenção de compra superior além de uma maior satisfação após a utilização do configurador de produto pelos clientes. Resultado semelhante foi obtido com uma amostra de 114 alunos de graduação simulando a compra de três diferentes produtos por meio do configurador [23]. Como características gerais, estes trabalhos tem como principais características: aplicar experimentos simulados, utilizar variáveis baseadas em escalas intervalares para mensurar o nível de satisfação do usuário, utilizar amostras não representativas e concentradas em alunos de graduação [22],[23],[27],[28].

Apesar destes estudos ressaltarem a capacidade do configurador em agregar valor ao produto, a adoção da estratégia de CM com a utilização do configurador frequentemente resulta no aumento do portfólio de produto e perda do desempenho operacional da empresa, resultando em maiores custos de manufatura, custos indiretos, níveis de estoques e tempos de produção [3]. Além disto, os custos relacionados ao desenvolvimento e manutenção do configurador também podem se apresentar como variáveis importantes para se decidir por esta estratégia. Com isto, algumas características comerciais da empresa precisam ser analisadas a fim de verificar a viabilidade da adoção da estratégia de CM com a disponibilização do configurador *online* de produto, tais como: (i) a partir de qual volume de vendas a adoção da estratégia de CM com a utilização do configurador *online* de produto é recomendada? (ii) qual deve ser o tamanho do mercado atendido pelo configurador de produto para compensar a sua disponibilização? (iii) a variedade de produtos que integram o portfólio da empresa consiste em uma variável importante para se decidir pela estratégia de CM com a utilização do configurador? A partir da análise destas características comerciais, são identificadas duas questões de pesquisa que orientam este trabalho:

- De acordo com as características comerciais da empresa, é interessante empregar a estratégia de CM com a utilização do configurador *online* de produto?
- Dado que seja interessante para a empresa utilizar a estratégia de CM com o suporte do configurador *online* de produto, qual deve ser a combinação de recursos que o configurador deve contemplar?

Como forma de responder a estas questões, o presente trabalho tem por objetivo analisar a relação entre as características comerciais das empresas com a utilização da estratégia de CM com a disponibilização do configurador *online* de produto e em um segundo momento, a relação destas características comerciais com os recursos que integram estes configuradores. Como população alvo foram selecionadas empresas do setor automobilístico. Consiste em um setor tradicional da economia, com uma alta taxa de substituição de produtos, demanda diversificada além da disponibilidade de tecnologias de manufatura, características estas que recomendam a estratégia de CM [29],[30], inclusive com a utilização do configurador *online* de produto.

Foram utilizadas três características comerciais das empresas para descrever a sua atuação comercial. Para mensurar o volume de vendas da empresa foi selecionada a variável quantidade de carros vendidos pela empresa no mercado de atuação do configurador de produto. Como forma de mensurar a dimensão do mercado atendido pelo configurador de produto foi utilizada a variável quantidade de registros de novos veículos no mesmo mercado de atuação do configurador. Para mensurar a variedade do portfólio de produtos foi selecionada a quantidade de modelos de carros oferecidos pela empresa no mercado de atuação do configurador de produto. A seleção destas variáveis também acontece por estarem disponíveis em fontes de dados secundárias, tais como relatórios anuais das empresas (*anual reports*), relatórios das associações nacionais de fabricantes de veículos e as próprias páginas de internet das empresas.

Este artigo está estruturado em cinco seções. A primeira seção consiste em uma introdução sobre o tema e o problema abordado. A segunda seção apresenta a revisão de literatura sobre os temas de CM, envolvimento do cliente na CM e configuradores de produto. A terceira seção apresenta o desenvolvimento das hipóteses de pesquisa, o método utilizado, o procedimento de coleta de dados, os recursos dos configuradores analisados assim como o roteiro de análise de dados. Os resultados obtidos são apresentados e discutidos na quarta seção. A última seção apresenta as conclusões e recomendações para trabalhos futuros.

## 3.2 REVISÃO DE LITERATURA

O desdobramento do tema aborda além da estratégia de CM, a necessidade de envolvimento do cliente durante o processo e a utilização do configurador como forma de estabelecer a conexão entre cliente e empresa.

### 3.2.1 Customização em Massa

O termo Customização em Massa (CM) foi elaborado como a estratégia capaz de atender a grande quantidade de clientes e ao mesmo tempo tratá-los individualmente [9], sendo popularizada a partir do sucesso da Dell Computers [31]. Os principais princípios que sustentam as vantagens propostas pela CM são: a utilização de manufatura flexível (FMS) [5],[6],[7],[12] e as técnicas e práticas aplicadas durante o processo de desenvolvimento de produto, principalmente a modularidade [10],[32],[33].

Como forma de suportar a customização dos produtos, o desenvolvimento de uma plataforma de produto deve atender aos requisitos definidos ao mesmo tempo em que permite a rápida configuração e alteração de módulos e componentes de modo a atender as necessidades específicas de cada cliente. Para atingir este objetivo são utilizadas diversas técnicas, sendo a modularização dos produtos a mais comum empregada [10],[32],[33]. A modularidade possibilita a combinação de módulos do produto por meio de um configurador de produto. Este processo de combinação de características e módulos utilizando o configurador tem

como resultado um produto customizado de acordo com as necessidades individuais dos clientes. Para isto, o desenvolvimento de produto deve disponibilizar uma quantidade restrita de módulos, que a partir de sua combinação, possam atender uma maior quantidade de necessidades dos clientes ao mesmo tempo em que são mantidos os ganhos de escala de desenvolvimento e produção. Desta forma, a CM exige uma eficiente coordenação do portfólio de plataformas/módulos/componentes [34],[35] a fim de manter reduzidos os custos de manufatura, custos indiretos, níveis de estoques e tempos de produção resultantes de um maior portfólio de produtos [32].

### 3.2.2 Envolvimento do cliente na CM

Integrar clientes durante o processo de projeto e produção consiste em uma estratégia promissora nos mercados em que é crescente a individualização da demanda [7]. Alinhada a este objetivo, a CM incorpora esta tendência [2] e estuda qual é a melhor forma de integrar estes clientes para compreender suas necessidades individuais e transformá-las em especificações dos produtos customizados [12]. No do contexto da CM, os clientes são integrados ao processo agregando valor ao produto, seja definindo, configurando, escolhendo, projetando ou mesmo modificando suas soluções anteriores para o produto [12]. A maior parte desta interação acontece durante o projeto do produto customizado, sendo que para designar esta interação são utilizados os termos *co-design* [7] e *consumer involvement* [36]. Esta participação permite aos clientes expressarem suas necessidades e desenvolverem o produto a partir do mapeamento dos seus requisitos em partes físicas do produto [7],[19]. O resultado deste processo é um produto customizado com especificações que atendem as necessidades e desejos individuais do cliente, que por sua vez está disposto a pagar a mais por isto [2],[19],[22],[23],[24].

Com a proposta de proporcionar esta integração do cliente, orientando o mapeamento de seus requisitos no produto foi desenvolvido o configurador de produto [12]. Seu conceito envolve uma ampla rede de interfaces entre cliente e empresa que assistem o cliente durante o processo de projeto, comparação de atributos e estimativas de custos para os pedidos de produtos customizados em massa [25]. Neste contexto, a função do configurador de produto é proporcionar ao cliente a interação necessária para mapear seus requisitos nas alternativas disponíveis do produto a fim de atender as suas necessidades.

### 3.2.3 Configuradores de Produto

Foram identificados diversos termos na literatura consultada para identificar o mecanismo utilizado para integrar o cliente na CM (Figura 3.1 - Termos encontrados na literatura relacionados ao tema Figura 3.1). Os termos *choice menu*, *toolkits for mass customization*, e *configurator* são os mais frequentes. Apesar de o termo *configurator* também ser empregado relacionado ao *software*, é crescente a sua utilização vinculada ao configurador *online* de

produto [24]. Entretanto, é importante salientar que o configurador de produto representa um conceito, superando a ferramenta disponível para combinar os componentes modulares, podendo inclusive estar desassociada do *software* [7]. Em razão da crescente utilização da *internet* como meio da interação com o cliente, o termo configurador passou a ser mais utilizado. Por esta razão, neste trabalho optou-se por utilizar o termo ‘configurador de produto’. Para denominar o configurador *online*, os sites das empresas automobilísticas analisadas também utilizam o termo ‘*configurator*’ ou ‘*configure your car*’, mas também é comum o termo ‘*build your car*’ ou ‘monte seu carro’, principalmente no mercado dos Estados Unidos e mercado Latino Americano, respectivamente.

Nome	Autor
<i>Toolkits for user innovation</i>	[27],[36],[37]
<i>Toolkit for MC</i>	[8],[21],[22],[23],[38]
<i>Toolkits for customer co-design</i>	[12],[14]
<i>Choice menu</i>	[20],[24]
<i>Configuration toolkits</i>	[7]
<i>Configuration tool</i>	[39]
<i>MC configuration</i>	[17]
<i>User design</i>	[19]
<i>ChoiceBoards</i>	[40]
<i>Co-design platforms</i>	[41]

Figura 3.1 - Termos encontrados na literatura relacionados ao tema

No contexto do desenvolvimento de produto tradicional, as tecnologias de representação tridimensional e prototipagem proporcionam a equipe de projeto uma eficiente interação e aprendizado com o produto, resultando em melhorias na qualidade do projeto [42]. No contexto de CM, este processo é parcialmente executado pelo cliente por meio do configurador de produto, sendo que uma de suas funções é reduzir o nível de conhecimento e habilidade necessários para o cliente realizar o projeto do produto [23]. Este mecanismo ainda deve proporcionar um aprendizado sobre o produto, auxiliar o cliente no processo de projeto além de incorporar o conceito da marca no produto [7]. Durante o processo de customização com a utilização do configurador, os clientes tem a percepção de realizar o projeto do produto [28]. Entretanto, durante este processo normalmente é realizada somente a montagem de produtos derivados por meio da combinação de módulos, não sendo realizadas atividades de projeto de componentes [3]. Ao iniciar a configuração do produto, o cliente começa um processo de tentativa e erro para adequar as alternativas de customização as suas necessidades, este processo proporciona um maior conhecimento do produto além de suas reais necessidades [37]. O resultado desta interação é um produto customizado cliente, sendo que este processo agrega valor ao produto e, conforme já mencionado, aumenta a sua disponibilidade em pagar por isto [23],[42].

Os configuradores *online* de produto podem variar muito em razão da sua complexidade, desde simples conjuntos de opções até sistemas complexos que permitem o processo de projeto [25]. Nos configuradores mais simples, somente são disponibilizadas a seleção de opções restritas, como o caso da Dell Computadores ([www.dell.com.br](http://www.dell.com.br)). Os configuradores

mais complexos permitem ao usuário uma participação mais ativa. Nestes configuradores de produto, o usuário possui maior liberdade, permitindo a inclusão de características não restritas às delimitadas pela empresa [7]. Um exemplo de um configurador mais elaborado é o caso loja de mobiliário alemã Huelsta, que disponibiliza inclusive um *software* associado ao configurador para o projeto dos produtos ([www.huelsta.co.uk](http://www.huelsta.co.uk)). No caso das empresas automobilísticas, é mais frequente a utilização de configuradores em que são apenas disponibilizadas opções limitadas, tais como: cores, motorização e acabamento interno. A participação do cliente está restrita em estabelecer a combinação destas alternativas de acordo com as suas necessidades. Entretanto, alguns configuradores *online* de produto disponibilizados pelas empresas automobilísticas permitem uma maior liberdade ao cliente na configuração do seu automóvel. Este é o caso do Mini Cooper, da fabricante BMW, que além de uma quantidade superior de alternativas para a composição do produto, permite a personalização do acabamento da pintura externa e do teto do veículo (<http://www.miniusa.com>). Apesar de se verificar outros exemplos na indústria automobilística, estes ainda são restritos e focalizados em nichos específicos de mercado.

Além de permitir a interação com o cliente, a forma como acontece esta interação, definida pela sua usabilidade também é importante. Neste sentido, mensuração da usabilidade consiste na valoração da mais indicada combinação de componentes e recursos para compor o *software*, neste caso, o configurador [43]. Outra questão que auxilia o desempenho do configurador consiste na forma como o usuário é conduzido no processo de customização, sendo que a facilidade de o usuário encontrar as informações necessárias para utilizar o software também consiste um importante fator para seu desempenho [44].

A utilização do configurador de produto também pode disponibilizar um maior conhecimento do comportamento do cliente por parte da empresa. O armazenamento das informações sobre as preferências do consumidor contribui para aumentar o aprendizado sobre as tendências de mercado, preferências dos clientes durante a configuração dos produtos [20]. Apesar de existir diversos estudos que abordam as vantagens comerciais da disponibilização dos configuradores *online* de produto [22],[23],[27],[28], estes estudos não relacionam variáveis comerciais reais das empresas e utilizam experimentos simulados para corroborar a eficiência do configurador *online* de produto.

O projeto do configurador de produto ainda consiste em uma dificuldade para as empresas. Os métodos estruturados para o projeto do configurador de produto localizados na literatura [20],[24] não apresentam recomendações para a seleção de qual combinação de recursos dos configuradores é mais indicada. A inclusão excessiva de recursos e opções normalmente resulta em uma sobrecarga de informações além da percepção de aumento da complexidade do processo por parte do cliente [7],[28].

Apesar de existirem diversos estudos que abordam as vantagens comerciais da utilização do configurador *online* do produto como suporte à estratégia de CM [12],[22],[23],[28], estes estudos não indicam sob quais condições de mercado que esta estratégia é recomendada. A adoção da CM com o suporte do configurador *online* implica no desenvolvimento de requisitos internos à empresa, principalmente relacionados ao desenvolvimento do produto [12],[13], ao processo produtivo [5],[6], e a integração do cliente durante o processo de customização [7],[12]. Além dos requisitos internos, questões do mercado também se apresentam importantes para viabilizar a adoção da CM com utilização do configurador. Neste sentido, as condições de demanda fragmentada, produtos com curto ciclo de vida e mercados maduros [29], também se ressaltam a importância em se identificar uma demanda do mercado pelo produto customizado e a capacidade de a estratégia de CM oferecer vantagem competitiva à empresa [6].

A indústria automotiva tem por característica atuar em mercados que apresentam os condicionantes de mercado para aplicar a estratégia de CM. Neste setor também se identifica a disponibilidade dos requisitos para a aplicação da CM com a utilização do configurador de produto. As empresas automobilísticas costumam possuir acesso às tecnologias de manufatura [31], são reconhecidas por empregar técnicas avançadas de projeto de produto [45] e também por utilizar o configurador de produto. Apesar disto, algumas destas empresas automobilísticas têm por característica não utilizar a estratégia de CM com suporte do configurador de produto em alguns mercados. Apesar desta estratégia ser mencionada como vantajosa por diversos autores [22],[23],[28], os custos para a aplicação das tecnologias e as dificuldades de gerenciamento também se apresentam como empecilhos para o emprego da CM com a disponibilização do configurador de produto. Por esta razão, a forma e a intensidade como a empresa atua no mercado podem se apresentar como condições importantes para o emprego da CM com a utilização do configurador, principalmente por serem responsáveis em custear os requisitos internos da empresa necessários para utilizar a estratégia de CM. Como forma de representar esta atuação da empresa no mercado foram selecionadas três variáveis comerciais. A variável quantidade de carros vendidos procura identificar se o volume de vendas, e por consequência, o impacto comercial destas vendas está relacionado com a adoção desta estratégia. A variável dimensão do mercado tem por objetivo identificar se o volume total do mercado, ou seja, o potencial máximo de vendas para o produto, também está relacionado a esta decisão da empresa. Por fim, a variável variedade de modelos procura identificar se o tamanho do portfólio de produtos da empresa também está relacionada a utilização do configurador *online* de produto. O desdobramento do objetivo deste trabalho é apresentado em forma de hipóteses. A seguir são apresentadas as duas hipóteses que orientam a execução do trabalho.

### 3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho é classificado como uma pesquisa aplicada de natureza explicativa. Por meio de um levantamento e análise de dados relacionados aos configuradores *online* de produto disponibilizados pelas empresas automobilísticas este trabalho procura atingir ao objetivo proposto. Por esta razão também pode ser classificada com uma abordagem quantitativa [46]. Como desdobramento do objetivo foram desenvolvidas hipóteses de pesquisa apresentadas a seguir:

H<sub>1</sub> – As variáveis comerciais têm efeito na decisão da empresa em utilizar a estratégia de CM com a disponibilização do configurador *online* de produto

Em muitos casos a estratégia de CM resulta no aumento dos custos decorrentes da maior variedade de produtos no portfólio da empresa [32]. Apesar disto, diversos autores mencionam que a possibilidade de customizar produtos por meio de configuradores *online* aumenta a sua disposição em pagar mais pelo produto [22],[23],[27],[28]. Mesmo que a estratégia de CM com a utilização do configurador *online* de produto esteja disseminada nas empresas do setor automobilístico, ainda não representa unanimidade. Desta forma, existe a possibilidade de que características comerciais, tais como: o volume de vendas, o tamanho do mercado atendido pelo configurador e a variedade do portfólio de produtos afetarem a decisão da empresa em adotar a estratégia de CM com a utilização do configurador de produto. Com isto, procura-se identificar se as variáveis comerciais, a saber: quantidade de carros vendidos, dimensão do mercado e variedade de modelos estão relacionadas com a decisão da empresa em utilizar a estratégia de CM com a disponibilização do configurador de produto.

H<sub>2</sub> – As variáveis comerciais têm efeito na decisão da empresa em utilizar a estratégia de CM com a disponibilização do configurador *online* de produto com uma combinação específica de recursos

Os configuradores *online* de produtos utilizados pelas empresas automobilísticas possuem diferentes recursos. Estes recursos demonstram como o produto é apresentado para o cliente, quais são as opções de visualização, a presença de dicas para o cliente customizar o produto, informações atualizadas do preço da configuração entre muitas outras. É esperado encontrar diferenças entre os recursos presentes nos configuradores *online* disponibilizados pelas empresas automobilísticas. A partir disto, existe a possibilidade de que questões comerciais afetem a decisão da empresa em adotar a estratégia de CM com a utilização do configurador de produto com uma combinação específica de recursos. Desta forma, procura-se identificar a relação entre as variáveis comerciais com a decisão da empresa em utilizar a estratégia de CM com a disponibilização de um configurador de produto com uma combinação específica de recursos.

### 3.3.1 Coleta de Dados

Foram selecionadas empresas automobilísticas que possuem por característica disponibilizar modelos de automóveis com diversas opções, que atuam em diferentes segmentos de mercado simultaneamente, tais como: de carros pequenos, comerciais e de carros maiores, como *vans* ou *sedans*. Foram excluídas da amostra empresas que atuam em nichos diferenciados de mercado, como o caso das empresas Ferrari ou IVECO. O procedimento de coleta de dados seguiu 5 etapas apresentadas na Figura 3.2.

Descrição da etapa	Fonte de dados
Identificar as variáveis comerciais (quantidade de carros vendidos e dimensão do mercado) em um mercado específico.	<i>Annual Report</i> das empresas e relatório das Associações Nacionais de Fabricantes de Veículos
Identificar a existência de site na <i>internet</i> da marca de automóvel no respectivo mercado pesquisado	<i>Internet</i>
Identificar quais as empresas que disponibilizam configurador <i>online</i> de produto em seu <i>site</i> para cada mercado específico	Página da marca de automóveis da empresa destinada ao respectivo mercado
Identificar a quantidade de modelos disponibilizados pela empresa em cada mercado	Página da marca de automóveis da empresa destinada ao respectivo mercado
Identificar os recursos dos configuradores <i>online</i> de produto de cada marca no respectivo mercado.	Página da marca de automóveis da empresa destinada ao respectivo mercado

Figura 3.2. Etapas executadas para a coleta de dados.

Mesmo assim, entre as empresas automobilísticas que disponibilizaram a quantidade de veículos vendidos por marca em um determinado mercado e que possuem *web site* foram localizadas 134 marcas de automóveis. Para cada uma destas marcas de automóvel que integrou a pesquisa, foi computada a quantidade de carros vendidos no mercado de abrangência do *web site* da empresa. Utilizando como exemplo a marca de automóvel Fiat no Brasil, dada a presença de *web site* orientado com informações restritas ao mercado brasileiro, foi computada somente a quantidade de unidades vendidas pela marca Fiat na área de atuação do *web site*, neste caso no Brasil. O somatório do volume de vendas de todas as marcas de automóveis com *web site* que integram a amostra deste estudo nos respectivos mercados de atuação dos *web sites* analisados corresponde ao montante de 20.441.559 veículos vendidos no ano de 2008. Em razão da produção anual de automóveis durante o ano de 2008 atingir o montante de 52.637.206 unidades [47], as marcas nos mercados analisados distribuídos em 34 diferentes países representam 38,83% da produção total de carros durante o respectivo ano.

### 3.3.2 Recursos dos configuradores online de produto analisados

A análise dos configuradores *online* de produto está restrita aos recursos contidos no processo de customização de produto disponibilizado no *site* de cada empresa. A seleção dos recursos a serem analisados partiu de uma iniciativa de levantamento de características diversas de configuradores *online* de produto disponibilizados por empresas dos mais variados segmentos, desenvolvida por pesquisadores sobre o tema [48] e disponível no Configurator Database (<http://www.configurator-database.com>). Nesta fonte são listados 71 diferentes recursos dos configuradores *online* de produto, agrupados em seis diferentes constructos (conceito/projeto, estrutura, especificações técnicas, visualização, pedido e extras).



Uma análise prévia excluiu 11 recursos não relacionados aos configuradores. Com isto foram analisados 60 recursos em uma amostra piloto composta por 20 configuradores *online* disponibilizados pelas empresas automobilísticas. Nesta amostra, foi possível identificar que 12 recursos avaliam características semelhantes e foram agrupados, além destes, outros 3 dos recursos não foram avaliados em razão destas informações não estarem disponíveis nas páginas dos configuradores *online* das empresas. Também foi possível identificar que outros 11 recursos não foram verificados na amostra de 20 configuradores *online* analisados. Destes recursos, 8 foram retirados da análise por não se adaptarem ao setor automobilístico e 3 foram mantidos, a saber: pedido *online*, informação da previsão de entrega do produto e o prazo de entrega do produto. Na amostra analisada, foram identificados outros quatro recursos que não constavam no levantamento e foram incluídos na análise, como: simulação de financiamento, encaminhamento para um vendedor próximo e informações sobre o estoque do produto customizado. Ao final, foram selecionados para análise 41 recursos dos configuradores (Figura 3.3).

	Recurso do Configurador	Variável
1	Botão de ajuda no configurador	presença/ausência
2	Política de privacidade	presença/ausência
3	Distância desde a página inicial até iniciar o configurador	páginas até iniciar o configurador
4	O acesso ao configurador está presente na meta navegação	presença/ausência
5	Menu de perguntas frequentes	presença/ausência
6	Contato para informações adicionais	presença/ausência
7	Demonstrativo do processo de customização	presença/ausência
8	Produtos pré customizados (livraria)	presença/ausência
9	Recomendações	presença/ausência
10	Esquema de preço	presença/ausência
11	Botão de "Voltar"	presença/ausência
12	Modelo básico para customização	presença/ausência
13	Status do processo de Customização	presença/ausência
14	Mapa das alternativas de customização	presença/ausência
15	Guia para customização	presença/ausência
16	Estrutura das decisões de customização no configurador	presença/ausência
17	Preenchimento automático do sistema	presença/ausência
18	Quantidade de etapas para configuração	quantidade de etapas para a configuração
19	Resumo do produto customizado	presença/ausência
20	Salvar configuração	presença/ausência
21	Login	presença/ausência
22	Pop up	presença/ausência
23	Plug in	presença/ausência
24	Visualização	presença/ausência
25	Imagem final do produto customizado	presença/ausência
26	Perspectivas finais	perspectivas do produto customizado
27	Visualização final rotacionada (360graus)	presença/ausência
28	Interatividade com o modelo final	presença/ausência
29	Animação	presença/ausência
30	Visualização do produto final ambientada	presença/ausência
31	Custos dos itens (customizadores) individualizados	presença/ausência
32	Botão comprar	presença/ausência
33	Pedido <i>online</i>	presença/ausência
34	Forma de pagamento	presença/ausência
35	O sistema informa a previsão de entrega do produto	presença/ausência
36	Qual a previsão de entrega do produto	dias para a entrega
37	Simulação de financiamento	presença/ausência
38	Encaminhamento para um vendedor físico próximo	presença/ausência
39	Encaminhamento da proposta <i>online</i> para avaliação	presença/ausência
40	Informação de estoque de veículos	presença/ausência
41	Fórum de discussão	presença/ausência

Figura 3.3. Recursos dos configuradores *online* de produtos analisados.

A partir da seleção dos 41 recursos dos configuradores *online* procedeu-se uma análise do comportamento destes recursos nos configuradores *online* que integram a amostra deste estudo. Foram avaliados todos os configuradores *online* das empresas que integram esta pesquisa. Em cada um dos configuradores avaliados foi analisado o comportamento de cada um dos 41 recursos que integram estes configuradores. Esta análise foi realizada entre o período de agosto a dezembro de 2010.

### 3.3.3 Análise de dados

O roteiro de análise dos dados foi desenvolvido de forma a responder ao objetivo do estudo. Primeiramente, é estabelecida uma sequência de análises para identificar a relação das variáveis comerciais com a decisão da empresa em utilizar a estratégia de CM com a disponibilização do configurador *online*. Posteriormente, são acrescentadas mais duas etapas de análise para identificar a relação das variáveis comerciais com a decisão da empresa em utilizar a estratégia de CM com uma combinação específica de recursos (Figura 3.4).

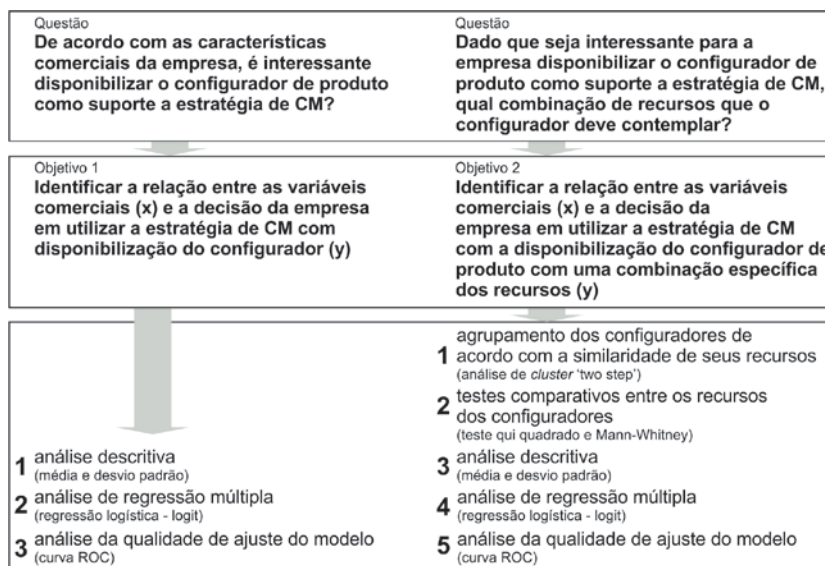


Figura 3.4. Roteiro de análise de dados.

O roteiro de análise proposto para se identificar a relação entre as variáveis comerciais e a decisão da empresa em utilizar a estratégia de CM com a disponibilização do configurador inicia com uma análise descritiva dos dados, apresentando média e variação dos mesmos. Após, utiliza-se a análise de regressão logística múltipla (logit), que tem por objetivo identificar o comportamento de uma variável dependente categórica (disponibilização do configurador de produto) a partir de variáveis independentes métricas ou categóricas (variáveis comerciais) [49],[50]. O seu principal resultado indica a probabilidade de um determinado evento ocorrer ou não [50]. Apesar da técnica de regressão logística ser robusta contra a não normalidade multivariada dos dados [50], uma de suas suposições consiste na

ausência de multicolinearidade entre as variáveis independentes [50],[51]. Para tanto, é realizada uma análise da correlação de Pearson ( $\rho$ ) entre as variáveis comerciais a fim de identificar a existência de correlação entre as mesmas. No caso de se verificar correlação entre as variáveis explicativas, recomenda-se utilizar como critério de exclusão da variável a significância do coeficiente em uma análise simples de regressão logística sob a variável dependente (disponibilidade do configurador). [49]. Seleccionadas as variáveis, utiliza-se a análise de regressão logística múltipla para gerar o modelo de previsão final. Por fim, como forma de mensurar a qualidade do modelo de regressão logística utiliza-se a análise da Curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*). A área sobre a Curva ROC representa uma medida para a capacidade do modelo em discriminar a variável de interesse [49]. Esta técnica demonstra de forma bidimensional a razão de verdadeiros positivos *versus* a razão de falsos positivos, sendo utilizada para avaliar a habilidade de discriminação de modelos de previsão [52],[53].

Para identificar a relação entre as variáveis comerciais e a decisão da empresa em utilizar a estratégia de CM com a disponibilização do configurador de produto com uma combinação específica dos recursos foram acrescentadas duas etapas prévias de análise em relação ao objetivo anterior: agrupamento dos configuradores de produto de acordo com a similaridade de seus recursos e testes comparativos entre os recursos. Em razão da quantidade de recursos analisados nos configuradores (41) optou-se por analisá-los de forma conjunta, agrupando os configuradores de acordo com a similaridade de seus recursos. Para tanto, foi empregada a técnica estatística multivariada análise de agrupamentos (*cluster analysis*) que tem por objetivo agregar observações de acordo com suas características, resultando em grupos com homogeneidade interna e heterogeneidade externa [50]. Em função da natureza dos recursos dos configuradores, expressos tanto por variáveis qualitativas quanto quantitativas, foi empregada a técnica ‘*two step*’, que viabiliza o agrupamento das observações com variáveis categóricas e métricas de forma simultânea. Em razão da quantidade de variáveis (41), selecionou-se o algoritmo ‘Schwarz’s Bayesian Criterion’ para a seleção dos agrupamentos, visto que este algoritmo penaliza a entrada de variáveis no modelo, reduzindo problemas de um modelo com muitas variáveis (*overfitting*). Neste algoritmo, a quantidade de agrupamentos é dada pelo menor valor obtido para Bayesian Information Criterion (BIC).

A partir da identificação de grupos de configuradores com similaridade de recursos, procede-se a comparação de quais destes recursos possuem diferença significativa, ao nível de 5%, entre os agrupamentos obtidos. Para tanto, utiliza-se teste comparativo qui-quadrado para os recursos qualitativos e teste de U-Mann-Whitney, para os recursos quantitativos. Depois de identificados os agrupamentos de configuradores e os recursos com diferença significativa entre estes agrupamentos é realizada a análise de regressão logística múltipla (logit), seguindo as mesmas etapas do objetivo anterior. Todas as análises propostas neste estudo são realizadas utilizando o *software* estatístico SPSS®17.

### 3.4 RESULTADOS

Os resultados são apresentados e discutidos de acordo com o objetivo da pesquisa. Primeiramente é apresentado o estudo sobre a relação da relação entre as variáveis comerciais das empresas com a utilização da estratégia de CM com a disponibilização do configurador *online* de produto e em um segundo momento, a relação destas variáveis comerciais com os recursos que integram estes configuradores.

#### 3.4.1 Identificar a relação entre as variáveis comerciais e a decisão da empresa em utilizar a estratégia de CM com a disponibilização do configurador online de produto

O estudo confirma a tendência pela utilização do configurador *online* de produto como uma ferramenta comercial pelas empresas automobilísticas. Entre as 134 empresas analisadas, 78% disponibilizam o configurador para os clientes customizarem os produtos.

#### Análise Descritiva

A Tabela 3.1 apresenta uma análise descritiva das três variáveis comerciais analisadas. Uma análise prévia indica a existência de acentuada variação nas variáveis comerciais.

Tabela 3.1 - Análise descritiva das variáveis explicativas das empresas com e sem configuradores online de produto

	n	Quantidade de carros vendidos (x1.000) ( $x_1$ )	Dimensão do Mercado (x1.000) ( $x_2$ )	Variedade de modelos ( $x_3$ )
		Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)
Com configurador	105	178,01(352,28)	2.669,61 (3987,45)	17,838 (8,433)
Sem configurador	29	60,19 (57,170)	1.065,76 (792,655)	12,750 (4,250)

#### Análise de regressão múltipla

Na segunda etapa de análise, é realizada a análise de regressão logística múltipla, que procura identificar o efeito das variáveis comerciais das empresas na adoção da estratégia de CM com a disponibilização do configurador *online* de produto. A categoria de referência da variável dependente é a disponibilização (presença/ausência) do configurador *online* de produto pelas empresas automobilísticas. Como forma de evitar a multicolinearidade foi realizada uma análise de correlação entre as variáveis comerciais. Foi verificada correlação significativa entre as variáveis quantidade de carros vendidos ( $x_1$ ) e dimensão do mercado ( $x_2$ ) ( $\rho=0,578$ ;  $p<0,001$ ).

Para selecionar a variável a ser excluída do modelo em razão da multicolinearidade, procedeu-se uma análise de regressão logística simples para cada variável sob a variável dependente (disponibilidade do configurador). O resultado apresenta que as três variáveis comerciais analisadas estão relacionadas, ao nível de 5%, com a disponibilização do configurador *online* de produto. Entre as variáveis correlacionadas, optou-se por retirar da análise a variável

quantidade de carros vendidos ( $x_1$ ), em razão de apresentar menor significância ( $p=0,027$ ) que a variável dimensão de mercado ( $x_2$ ) ( $p=0,008$ ).

Com isto foi realizada a análise de regressão logística múltipla com as variáveis comerciais dimensão do mercado ( $x_2$ ) e variedade de modelos ( $x_3$ ). Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 3.2 e o modelo de previsão resultante na Equação 3.1

Tabela 3.2 - Análise de regressão logística (logit) múltipla com as variáveis comerciais explicativas

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Dimensão do mercado $\times 10^5$ ( $x_2$ )	0,101	0,037	7,259	1	0,007	1,106
Variedade de modelos ( $x_3$ )	0,096	0,040	5,947	1	0,015	1,101
Constant	-1,122	0,681	2,715	1	0,099	0,326

$$P(y = 1) = \frac{1}{1 + e^{-(-1,122 + 0,101x_2 + 0,096x_3)}} \quad (1)$$

No modelo obtido, verifica-se a partir do coeficiente de cada variável comercial que estas possuem efeito semelhante na probabilidade da empresa disponibilizar o configurador *online* de produto. Cada aumento em 100.000 carros vendidos na dimensão do mercado ( $x_2$ ) aumenta em 10,6% a chance de a empresa disponibilizar o configurador *online* de produto. Assim como, o aumento de um modelo no portfólio de carros da empresa ( $x_3$ ) aumenta em 10,1% a chance de a empresa disponibilizar o configurador *online* de produto.

#### Análise de qualidade de ajuste do modelo

Como forma de mensurar a qualidade do modelo obtido foi realizada a análise da Curva ROC. O resultado apresenta que o modelo obtido possui capacidade de previsão aceitável ( $a > 0,7$ ) [49] e significativa ( $a = 0,787$ ,  $p < 0,001$ ).

#### Discussão do resultado

Com base no modelo estimado na Equação 1 foram substituídos os valores das variáveis comerciais da montadora Toyota no mercado brasileiro. Durante o ano de 2010 foram registrados 3.515.064 novos carros no Brasil [54] e atualmente a empresa possui um portfólio no Brasil de cinco modelos ([www.toyota.com.br](http://www.toyota.com.br)). Para o caso da montadora Toyota no mercado brasileiro foi indicada uma probabilidade de 0,948 de a empresa disponibilizar o configurador *online* de produto. Apesar desse resultado, ressalta-se que até o presente momento a empresa não disponibiliza o configurador de produto. Essa informação indica que as condições de mercado da empresa no Brasil, representada pelas variáveis comerciais analisadas, recomenda a utilização da estratégia de CM com a utilização do configurador *online*. Essa recomendação consiste em uma análise comparativa com outras 134 marcas de carros distribuídas em 31 diferentes mercados. Desta forma, utilizando uma estratégia de CM com a disponibilização do configurador *online* no Brasil, a empresa estaria mais alinhada com seus concorrentes.

Os resultados obtidos recomendam a utilização ou não da estratégia de CM com a disponibilização do configurador *online* de produto de acordo com comportamento das variáveis comerciais da empresa. Como foi verificado uma relação significativa, ao nível de 5%, das variáveis comerciais com a decisão da empresa em disponibilizar o configurador *online*, a Hipótese 1 foi confirmada.

#### **3.4.2 Identificar a relação entre as variáveis comerciais com a decisão da empresa em disponibilizar um configurador de produto com uma combinação específica de recursos**

Entre as empresas 134 empresas automobilísticas analisadas nesta pesquisa, 105 destas disponibilizam o configurador *online* de produto. Dentre estas empresas, foram analisados 41 recursos que integram os seus configuradores *online* (Figura 3.3).

##### **Agrupamento dos configuradores de acordo com a similaridade de seus recursos**

Por meio da análise de *cluster 'two step'* foi possível agrupar os configuradores de acordo com as características de seus recursos. O menor valor do Bayesian Information Criterion (BIC) indicou o melhor agrupamento para dois grupos. Entre os 105 configuradores *online* analisados foram encontrados dois padrões de configuradores. Estes padrões foram denominados como 'A', com 46 observações, e 'B', com 59 observações.

##### **Testes comparativos entre os recursos dos configuradores**

A partir da definição dos padrões de configuradores 'A' e 'B' foi possível verificar quais recursos dos configuradores são mais discriminadores entre estes padrões. A diferença da frequência dos recursos dos configuradores entre o padrão 'A' e 'B' de configuradores é analisada pelo teste qui-quadrado (Tabela 3.3). Para os recursos mensurados quantitativamente é realizado o teste não paramétrico U Mann-Whitney de diferença de médias (Tabela 3.4).

Tabela 3.3 - Frequências dos recursos dos configuradores de produto com diferença significativa entre o padrão 'A' e o padrão 'B' de configuradores (teste qui quadrado)

	Recurso do configurador	Padrão 'A'	Padrão 'B'	Resultado (P-value)
4	O acesso ao configurador está presente na meta navegação	9 <sub>(7,7)</sub> 14,1%	55 <sub>(7,7)</sub> 85,9%	$p < 0,001^{**}$
5	Menu de perguntas frequentes	16 <sub>(5)</sub> 64%	9 <sub>(5)</sub> 36%	$p = 0,020^*$
9	Recomendações	5 <sub>(3,4)</sub> 17,2%	24 <sub>(3,4)</sub> 82,8%	$p = 0,001^{**}$
10	Esquema de preço	34 <sub>(3,4)</sub> 37,4%	57 <sub>(3,4)</sub> 62,6%	$p = 0,001^{**}$
13	Status do processo de customização	43 <sub>(2,9)</sub> 42,2%	59 <sub>(2,9)</sub> 57,7%	$p = 0,047^*$
14	Mapa das alternativas de customização	42 <sub>(2,3)</sub> 41,6%	59 <sub>(2,3)</sub> 58,4%	$p = 0,021^*$
19	Resumo do produto customizado	34 <sub>(3,4)</sub> 34,4%	57 <sub>(3,4)</sub> 62,6%	$p = 0,001^{**}$
20	Salvar configuração	10 <sub>(2,1)</sub> 29,4%	24 <sub>(2,1)</sub> 70,6%	$p = 0,040^*$
21	Login	2 <sub>(2,2)</sub> 15,4%	11 <sub>(2,2)</sub> 84,6%	$p = 0,027^*$
22	Pop up	0 <sub>(2,9)</sub> 0%	10 <sub>(2,9)</sub> 100%	$p = 0,003^*$
25	Imagem final do produto customizado	33 <sub>(3,0)</sub> 37,5%	55 <sub>(3,0)</sub> 62,5%	$p = 0,003^*$
27	Visualização final rotacionada (360graus)	3 <sub>(2,0)</sub> 20%	12 <sub>(2,0)</sub> 80%	$p = 0,045^*$
31	Custos dos itens (customizadores) individualizados	27 <sub>(4,0)</sub> 33,3%	54 <sub>(4,0)</sub> 66,7%	$p < 0,001^{**}$

Frequência (resíduo ajustado)  
frequência percentual

\* significativo a 5% - \*\* significativo a 1%

Tabela 3.4 - Diferença de médias dos recursos dos configuradores de produto com diferença significativa entre o padrão 'A' e o padrão 'B' de configuradores (teste U Mann-Whitney)

	Recurso do configurador	Padrão 'A'	Padrão 'B'	P-value
3	Distância desde a página inicial até iniciar o configurador	$\bar{X}=3,48$	$\bar{X}=2,42$	$p < 0,001^{**}$
18	Quantidade de etapas para configuração	$\bar{X}=4,83$	$\bar{X}=5,97$	$p < 0,001^{**}$
26	Perspectivas finais	$\bar{X}=1,63$	$\bar{X}=3,19$	$p < 0,001^{**}$

\* significativo a 5% - \*\* significativo a 1%

Entre os 41 recursos dos configuradores analisados foi identificada diferença significativa, ao nível de 5%, para 16 recursos entre os padrões de configuradores 'A' e 'B' (Tabela 3.3 e Tabela 3.4). Os resultados indicam que o primeiro agrupamento, o Padrão 'A' de configurador, apresenta uma menor frequência em 13 recursos qualitativos dos configuradores, tais como esquema de preço atualizado do produto conforme a customização (item 10), custos dos itens individualizados (item 31), presença do configurador no menu da metanavegação do site (item 4), entre outros. Enquanto isto, as empresas que disponibilizam o Padrão 'B' de configurador possuem uma frequência superior destes mesmos recursos (Tabela 3.3). Nos 3 recursos dos configuradores quantitativos analisados, foi verificado que as empresas que disponibilizam o padrão 'A' apresentam em média o configurador mais afastado da página inicial do site (item 3), uma menor quantidade de etapas para configuração do produto (item 18) e uma menor quantidade de perspectivas finais do produto customizado (item 26) em relação ao padrão 'B' (Tabela 3.4).

A partir destes resultados, pode-se identificar a utilização de dois diferentes padrões de configuradores online de produto utilizados pelas empresas automobilísticas. Um padrão mais simples, com menor quantidade de recursos, denominado Padrão Básico (A), e outro mais completo, com mais opções disponíveis ao cliente durante o processo de customização do produto, denominado Padrão Avançado (B).

### Análise descritiva

A análise descritiva das variáveis comerciais de acordo com as empresas que adotam um padrão básico 'A' e o padrão avançado 'B' é apresentada na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 - Análise descritiva das variáveis comerciais explicativas das empresas de acordo com o padrão de configuradores *online* de produto

	n	Quantidade de carros vendidos (x1.000)(x <sub>1</sub> ) Média (DP)	Dimensão do mercado (x1.000)(x <sub>2</sub> ) Média (DP)	Variedade de Modelos (x <sub>3</sub> ) Média (DP)
Padrão Básico "A"	46	107,14 (151,521)	1418,51 (2000,89)	17,086 (8,309)
Padrão Avançado "B"	59	233,27 (442,709)	3645,05 (4795,74)	18,423 (8,484)

### Análise de regressão múltipla

Esta etapa de análise procura identificar o efeito das variáveis comerciais na decisão da empresa em disponibilizar o configurador *online* de produto do padrão avançado. A categoria de referência da variável dependente é a disponibilização (presença/ausência) do configurador *online* de produto do padrão avançado pelas empresas automobilísticas. Como forma de evitar a multicolinearidade, as variáveis comerciais foram submetidas a uma análise de correlação. Foi verificada correlação significativa entre as variáveis quantidade de carros vendidos (x<sub>1</sub>) e dimensão do mercado (x<sub>2</sub>) ( $\rho=0,572$ ;  $p<0,001$ ) e dimensão do mercado (x<sub>2</sub>) e variedade de modelos (x<sub>3</sub>) ( $\rho=-0,225$ ;  $p=0,021$ ).

Como forma de evitar a multicolinearidade foi necessário retirar uma das variáveis comerciais da análise. Esta seleção foi realizada de acordo com menor significância obtida a partir da análise de regressão logística simples para cada variável sob a variável dependente (disponibilidade do configurador do padrão avançado). O resultado apresenta que as três variáveis comerciais analisadas estão relacionadas, ao nível de 5%, com a disponibilização do configurador *online* de produto do padrão avançado. Entre as variáveis correlacionadas, optou-se por retirar da análise a variável dimensão do mercado (x<sub>2</sub>), em razão de apresentar menor significância ( $p=0,017$ ) do que a variável quantidade de carros vendidos (x<sub>1</sub>) ( $p=0,010$ ) e variedade de modelos (x<sub>3</sub>) ( $p<0,001$ ).

Com isto foi realizada a análise de regressão logística múltipla para prever a disponibilização do configurador *online* de produto do padrão avançado por meio do comportamento das variáveis comerciais quantidade de carros vendidos (x<sub>1</sub>) e variedade de modelos (x<sub>3</sub>). O resultado obtido é apresentado na Tabela 3.6 e o modelo de regressão na Equação 3.2.

Tabela 3.6 - Análise de regressão logística (logit) múltipla com as variáveis comerciais explicativas

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Quantidade de carros vendidos x10 <sup>5</sup> (x <sub>1</sub> )	0,321	0,205	2,458	1	0,010	1,379
Variedade de modelos (x <sub>3</sub> )	0,104	0,032	10,506	1	0,001	1,110
Constant	-1,163	0,547	4,524	1	0,033	0,313



$$P(y = 1) = \frac{1}{1 + e^{-(-1,163 + 0,321x_1 + 0,104x_3)}} \quad (2)$$

No modelo obtido, verifica-se a partir do coeficiente de cada variável, que o efeito da variável quantidade de carros vendidos  $x_1$  é superior ao da variedade de modelos ( $x_3$ ). Cada aumento em 100.000 carros vendidos em ( $x_1$ ) aumenta em 37,9% a probabilidade de a empresa disponibilizar o configurador online de produto no padrão avançado. No caso do aumento de um modelo no portfólio de carros da empresa ( $x_3$ ), a probabilidade da empresa em disponibilizar o configurador online de produto do padrão avançado aumenta em 11,0%. Este resultado contribui para compreender o efeito das variáveis comerciais na decisão da empresa em optar por um configurador mais elaborado, do padrão avançado, ou um mais elementar, do padrão básico.

#### **Análise de qualidade de ajuste do modelo**

Foi realizada a análise da Curva ROC para mensurar a qualidade do modelo obtido. O resultado da aplicação da Curva ROC no modelo apresenta que sua capacidade de previsão é aceitável ( $a > 0,7$ ) [49] e significativa ( $a = 0,763$ ,  $p < 0,001$ ).

#### **Discussão do resultado**

A partir da análise anterior, que recomendou a adoção da estratégia de CM com a disponibilização do configurador *online* de produto para a empresa Toyota no mercado brasileiro, qual seria a combinação de recursos indicada para integrar o seu configurador. De acordo com o modelo estimado (Equação 2) foram substituídos novamente os valores das variáveis comerciais da montadora Toyota no mercado brasileiro. A montadora Toyota comercializou no Brasil durante o ano de 2010 o montante de 99.585 unidades de automóveis [54] e possui um portfólio de cinco modelos ([www.toyota.com.br](http://www.toyota.com.br)). Para o caso da montadora Toyota no mercado brasileiro foi indicada uma probabilidade de 0,419 de a empresa disponibilizar o configurador *online* de produto do padrão avançado. Esta informação indica que, de acordo com as variáveis comerciais analisadas, caso a empresa opte por empregar a estratégia de CM com a disponibilização do configurador *online* no mercado brasileiro, a opção de configurador do tipo padrão básico ainda estaria adequada de acordo com os seus concorrentes.

Dado o interesse em empregar a estratégia de CM com a disponibilização do configurador *online* de produto, os resultados contribuem para selecionar a combinação de recursos que este configurador deve possuir. Esta indicação é obtida a partir do comportamento das variáveis comerciais analisadas. Foi verificado que as variáveis comerciais possuem efeito significativo, ao nível de 5%, sobre a decisão de qual padrão de configurador é mais indicado. Desta forma, a partir dos resultados obtidos, pode-se confirmar a Hipótese 2.

Como resultado complementar, este estudo apresenta a relação de recursos dos configuradores *online* de produto para os padrões básico e avançado. Este resultado contribui para complementar os métodos de projeto de configurador [20],[24] que não apresentam como identificar a combinação de recursos para os configuradores. A relação de todos recursos analisados e integrantes do padrão básico e avançado de configurador é apresentada na Tabela 3.7.

Tabela 3.7 - Relação das características dos configuradores online de produto analisados

	Recurso do Configurador	Presença no Configurador	
		Básico	Avançado
1	Botão de ajuda no configurador	6 <sup>13%</sup>	13 <sup>22%</sup>
2	Política de privacidade	44 <sup>95%</sup>	59 <sup>100%</sup>
3	Distância desde a página inicial até iniciar o configurador	$\bar{X}=3,48^{**}$	$\bar{X}=2,42^{**}$
4	O acesso ao configurador está presente na metanavegação	9 <sup>20%<sup>**</sup></sup>	55 <sup>93%<sup>**</sup></sup>
5	Menu de perguntas frequentes	9 <sup>35%*</sup>	16 <sup>15%*</sup>
6	Contato para informações adicionais	43 <sup>93%</sup>	58 <sup>98%</sup>
7	Demonstrativo do processo de customização	44 <sup>96%</sup>	59 <sup>100%</sup>
8	Produtos pré customizados (livraria)	45 <sup>98%</sup>	59 <sup>100%</sup>
9	Recomendações	5 <sup>11%<sup>**</sup></sup>	24 <sup>41%<sup>**</sup></sup>
10	Esquema de preço	34 <sup>74%<sup>**</sup></sup>	57 <sup>97%<sup>**</sup></sup>
11	Botão de "Voltar"	43 <sup>93%</sup>	58 <sup>98%</sup>
12	Modelo básico para customização	46 <sup>100%</sup>	59 <sup>100%</sup>
13	Status do processo de Customização	43 <sup>93%*</sup>	59 <sup>100%*</sup>
14	Mapa das alternativas de customização	42 <sup>91%*</sup>	59 <sup>100%*</sup>
15	Guia para customização	2 <sup>4%</sup>	6 <sup>10%</sup>
16	Estrutura das decisões de customização no configurador (passo a passo)	46 <sup>100%</sup>	59 <sup>100%</sup>
17	Preenchimento automático do sistema	24 <sup>52%</sup>	39 <sup>66%</sup>
18	Quantidade de etapas para configuração	$\bar{X}=4,83^{**}$	$\bar{X}=5,97^{**}$
19	Resumo do produto customizado	34 <sup>74%<sup>**</sup></sup>	57 <sup>97%<sup>**</sup></sup>
20	Salvar configuração	10 <sup>22%*</sup>	24 <sup>41%*</sup>
21	Log in	2 <sup>4%*</sup>	11 <sup>19%*</sup>
22	Pop up	0 <sup>0%*</sup>	10 <sup>17%*</sup>
23	Plug in	0 <sup>0%</sup>	1 <sup>2%</sup>
24	Visualização	40 <sup>87%</sup>	55 <sup>93%</sup>
25	Imagem final do produto customizado	33 <sup>72%*</sup>	55 <sup>93%*</sup>
26	Perspectivas finais	$\bar{X}=1,63^{**}$	$\bar{X}=3,19^{**}$
27	Visualização final rotacionada (360graus)	3 <sup>7%*</sup>	12 <sup>20%*</sup>
28	Interatividade com o modelo final	1 <sup>2%</sup>	7 <sup>12%</sup>
29	Animação	0 <sup>0%</sup>	1 <sup>2%</sup>
30	Visualização do produto final ambientada	1 <sup>2%</sup>	4 <sup>12%</sup>
31	Custos dos itens (customizadores) individualizados	27 <sup>59%<sup>**</sup></sup>	54 <sup>92%<sup>**</sup></sup>
32	Botão comprar	0 <sup>0%</sup>	1 <sup>2%</sup>
33	Pedido <i>online</i>	0 <sup>0%</sup>	0 <sup>0%</sup>
34	Forma de pagamento	1 <sup>2%</sup>	0 <sup>0%</sup>
35	O sistema informa a previsão de entrega do produto	0 <sup>0%</sup>	0 <sup>0%</sup>
36	Qual a previsão de entrega do produto	0 <sup>0%</sup>	0 <sup>0%</sup>
37	Simulação de financiamento	15 <sup>33%</sup>	30 <sup>51%</sup>
38	Encaminhamento para um vendedor físico próximo	32 <sup>70%</sup>	44 <sup>70%</sup>
39	Encaminhamento da proposta <i>online</i> para avaliação	15 <sup>30%</sup>	28 <sup>50%</sup>
40	Informação de estoque de veículos	4 <sup>9%</sup>	8 <sup>14%</sup>
41	Fórum de discussão	6 <sup>13%</sup>	3 <sup>13%</sup>

freqüência percentual  
 \* significativo a 5% - \*\* significativo a 1%

### 3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No contexto da CM, os clientes são integrados ao processo definindo, configurando ou modificando suas soluções a partir de uma lista de opções já estabelecida [7]. Esta participação individual do cliente consiste em um dos principais requisitos da CM [38], sendo o configurador *online* de produto uma eficiente alternativa para esta interação [12],[20],[24]. Apesar de a estratégia de CM com a utilização do configurador de produto ser mencionada como uma alternativa para agregar valor ao produto [22],[23],[27],[28], ainda não está estabelecido a partir de qual volume de vendas, qual dimensão do mercado de atuação do configurador ou qual variedade no portfólio de produtos que esta estratégia passa a ser recomendada. A partir disto, este artigo teve por objetivo analisar a relação entre as características comerciais das empresas com a utilização da estratégia de CM com a disponibilização do configurador *online* de produto e em um segundo momento a relação destas características comerciais com os recursos que integram estes configuradores.

Foi identificada relação significativa, ao nível de 5%, entre as variáveis comerciais estudadas quantidade de carros vendidos ( $x_1$ ), dimensão do mercado ( $x_2$ ) e variedade de modelos disponíveis ( $x_3$ ) com a decisão da empresa em utilizar a estratégia de CM com a disponibilização do configurador *online* de produto e de seus recursos. Foi possível desenvolver modelos de previsão para a disponibilização ou não do configurador *online* de produto e para a combinação de seus recursos. A partir destes resultados tornou-se possível identificar por meio do comportamento das variáveis comerciais das empresas automobilísticas quando é indicado o emprego da estratégia de CM com a disponibilização do configurador *online* de produto e dada esta indicação qual é a combinação de recursos recomendada para compor o configurador. Como sugestões para trabalhos futuros, a confirmação das hipóteses formuladas neste trabalho em outros setores da economia, assim como a mensuração do valor agregado por cada recurso dos configuradores ainda se apresentam em aberto na bibliografia.

#### Agradecimentos

A realização deste trabalho obteve apoio financeiro do Estado do Rio Grande do Sul, por intermédio da FAPERGS (PqG n° 06/2010 – 1008530) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq (Universal 481586/2011-3).

#### REFERÊNCIAS

- [1] I. Simonson, "Determinants of Customers' Responses to Customized Offers: Conceptual Framework and Research Propositions", *Journal of Marketing*, v.69, pp. 32-45, January 2005.
- [2] J.B. Pine, *Mass customization: the new frontier in business competition*, Cambridge: Harvard Business Review, 1993.

- [3] F. Salvador and C. Forza, C. "Configuring Products to Address the Customization-Responsiveness Squeeze: A survey of management issues and opportunities", *International Journal of Production Economics*, v. 91, n.3, pp.273-291, 2004.
- [4] C.W.L. Hart, "Mass customization: conceptual underpinnings, opportunities and limits", *International Journal of Service Industry Management*, v.6, n. 2, pp. 36-45, 1994.
- [5] S. Kotha, S., "Mass customization: implementing the emerging paradigm for competitive advantage", *Strategic Management Journal*, v.16, pp. 21-42, Summer 1995.
- [6] G. da Silveira, D. Borenstein and F.S. Fogliatto, "Mass customization: literature review and research directions", *International Journal of Production Economics*, v.72, n.1, 30, pp.1-13, June 2001.
- [7] N. Franke and F.T. Piller, "Key reserch issues in user interaction with configuration toolkits in mass customisation", *The International Journal of Technology Management*, v.25, n.5/6, pp.578-599, 2003.
- [8] F.T. Piller, "Observations on the present and future os mass customization", *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, v.19, n.4, December 2007.
- [9] S. Davis, S. *Future Perfect*. 1ed. ed. Reading: Addison Wesley P, 1987.
- [10] J.H. Gilmore and B.J. Pine, "The four faces of mass customisation", *Harvard Business Review*, pp. 91-101, January-February, 1997.
- [11] Y.L. Tu, S.Q. Xie and R.Y.K. Fung, "Product Development Cost Estimation in Mass Customization", *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.54, n.1, pp.29-40, February 2007
- [12] F.T. Piller, "Mass customization: reflections on the state of the concept", *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, v.16, n.4, pp. 313-334, October 2004.
- [13] R. Duray, P.T. Ward, G.W. Milligan and W.L. Berry, "Approaches to mass customization: configurations and empirical validation", *Journal of Operations Management*, v.18, n.6, pp.605-625, November 2000.
- [14] F.T. Piller, K. Moeslein, and C. Stoko "Does Mass Customization Pay? An Economic Approach to Evaluate Customer Integration", *Production Planning & Control*, v.15, n.4, pp. 435-444, June 2004.
- [15] S. Ogawa and F.T. Piller, "Reducing the risks of new product development" *MIT SLOAN Management Review*, v.47, n.2, pp. 65-71, Winter 2006.
- [16] M. Tseng and X. Du, "Design by customers for mass customization products", *Annals of the International Academy for Production Engineering (CIRP)*, v.47, n.1, pp. 103-106, 1998.
- [17] B.G.C. Dellaert and S. Stremersch, "Marketing mass-customized products: striking a balance between utility and complexity", *Journal of Marketing Research*, v.42, n.2, pp. 219-227, May 2005.
- [18] E.E. Fang, "Customer Participation and the Trade-Off between New Product Development Innovativeness and Speed to Market", *Journal of Marketing*, v.72, n.4, pp.90-104, July 2008.
- [19] T. Randall, C. Terwiesch and K.T. Ulrich, "User design of customized products", *Marketing Science*, v.26, n.2, pp.268-280, 2007.
- [20] F.S. Fogliatto and G.J. da Silveira, "Mass customization: a method for market segmentation and choice menu design", *International Journal of Production Economics*, v.11, n.2, pp.602-622, February 2008.
- [21] N. Franke, P. Keinz and M. Schreier, "Complementing mass customization toolkits with user communities: how peer input improves customer self-design", *Journal of Product Innovation Management*, v.25, n.6, pp. 546-559, November 2008.
- [22] N. Franke, P. Keinz and C. Steger, "Testing the Value of Customization: When Do Customers Really Prefer Products Tailored to their Preferences?", *Journal of Marketing*, v.73, n.5, pp. 103-121, September 2009.
- [23] N. Franke, M. Schreier and U. Kaiser, "The "I designed it myself" effect in mass customization", *Management Science*, v.56, n. 1, p. 125-140, January 2010.
- [24] J. Lietchy, V. Ramaswamy and S.H. Cohen, "Choice menus for mass customization: An experimental approach for analyzing customer demand with an application to a web-based information service", *Journal of Marketing Research*, v.38, n.2, pp.183-196, May 2001.

- [25] G.L. Urban and J.R. Hauser, "Listening in" to find and explore new combinations of customer needs". *Journal of Marketing*, v.68, n.2, pp.72-87, April 2004.
- [26] J.D. Frutos and D. Borenstein, "A framework to support customer-company interaction in mass customization environments", *Computer in Industry*, v.54, n. 12, pp. 115-135, June 2004.
- [27] N. Franke and F.T. Piller, "Value creation by toolkits for user innovation and design: the case of the watch market", *Journal of Product Innovation Management*, v.21, n.6, pp. 401-415, 2004.
- [28] C.C. Chang and H.Y. Chen, "I Want My Own Way, But Which Way? The effects of different product categories and cues on customer responses to web-based customizations", *Cyber Psychology & Behavior*, v.12, n.1, pp.7-14, 2009.
- [29] B. Pan and R. Holland, "A mass customised supply chain for the fashion system at the design-production interface", *Journal of Fashion Marketing and Management*, v.10, n.3, pp.345-359, 2006.
- [30] A. Bardakci, and J. Whitelock, J. "How "ready" are customers for mass customization? an exploratory investigation", *European Journal of Marketing*, v.38, n.11/12, pp.1396-1416, 2004.
- [31] Y. Ro, J.K. Liker and S.K. Fixson, "Modularity as a Strategy for Supply Chain Coordination: The Case of U.S. Auto", *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.54, n.1, p.172-189, 2007.
- [32] F. Salvador, C. Forza and M. Rungtusanatham, "Modularity, product variety, production volume, and component sourcing: theorizing beyond generic prescriptions", *Journal of Operations Management*, v.20, n.5, pp.549-575, September 2002.
- [33] A. Jose and M. Tolleanare, "Modular and platform methods for product family design: literature analysis", *Journal of Intelligent Manufacturing*, v.16, n.3, pp.371-390, 2005.
- [34] M. Bare and J.J. Cox, "Applying principles of mass customization to improve the empirical product development process", *Journal of Intelligent Manufacturing*, v.19, n.5, pp.565-576, 2008.
- [35] M.D. Johnson and R. Kirchain, "Developing and Assessing Commonality Metrics for Product Families: A Process-Based Cost-Modeling Approach", *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.57, n.4, pp.634-648, November 2010
- [36] L.B. Jeppesen, "User toolkits for innovation: consumers support each other", *Journal of Product Innovation Management*, v.22, pp.347-362, 2005.
- [37] E.V. Hippel, "Perspective: user toolkits for innovation", *Journal of Product Innovation Management*, v.18, n.4, pp. 247-257, July 2001.
- [38] F. Piller, P. Schubert, M. Koch and K. Möslein, "Overcoming Mass Confusion: Collaborative Customer Co-Design in Online Communities", *Journal of Computer-Mediated Communication*, v.10, n.4, pp.1-25, 2005.
- [39] C. Berger and F.T. Piller, "Customers as co-designers", *IEEE Manufacturing Engineer*, August/September, pp. 42-45, 2003.
- [40] A.J. Slywotzky, "The age of the choiceboard", *Harvard Business Review*, January-February, pp. 40-41, 2000.
- [41] H. Oh, S. Yoon and J. Hawley, "What virtual reality can offer to the furniture industry", *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, v.4, n.1, Summer 2004.
- [42] K.T. Ulrich, Users, Experts, and Institutions in Design. In: ULRICH, K. T. *Design: creation of artifacts in society*. University of Pennsylvania, 2011. Disponível em <<http://opim.wharton.upenn.edu/~ulrich/designbook.html>>. Acesso em set. 2011.
- [43] M.F. Bertoa and A. Vallecillo, "Medidas de Usabilidade de Componentes Software", *IEEE Latin America Transactions*, v.4, n.2, April 2006.
- [44] P.C.G. Marina, E.M. Martínez, E.M and V. Castro, "Modelado Navegacional desde una Perspectiva Orientada a Servicios de Usuario", *IEEE Latin America Transactions*, v.3, n.1, March 2005.
- [45] K.B. Clark and T. Fujimoto, T. *Product development performance: strategy, organization and management in the world auto industry*. Boston, Mass.: Harvard Business School Press, 1991.
- [46] A.C. Gil, *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Ed. Atlas, 2002.

- [47] OICA. *Production Statistics*. Paris: 2008. Disponível em: <<http://oica.net/category/production-statistics/>>. Acesso em 25 fev. 2010.
- [48] F.T. Piller, N. Franke, M. Tseng and L. Hvam, *Configurator Database*. Disponível em <<http://www.configurator-database.com>>, acessado em 8/10/2010.
- [49] D.W. Hosmer and S. Lemeshow, *Applied Logistic Regression*. USA: John Wiley & Sons, 2ed, 2000.
- [50] J.F. Hair Jr, R.E. Anderson, R.L. Tatham and W.C. Black, *Multivariate Data Analysis*. 5th ed. New Jersey: Prentice Hall, 2005.
- [51] L.P. Fávero, P. Belfiore, F.L. Silva and B.L. Chan, *Análise de Dados: modelagem multivariada para tomada de decisões*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
- [52] J.A. Hanley and M.D. MCNEIL. The Meaning and Use of the Area Under a Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve. *Radiology*, v.143, n.1, p.29-36, april, 1982.
- [53] R.C. Prati, G.E.A.P.A. Batista, G.E.A.P.A. and M.C. Monard, Curvas ROC para avaliação de classificadores, *IEEE Latin America Transactions*, v.6, n.2, June 2008.
- [54] ANFAVEA. *Anuário da Indústria Automobilística Brasileira*. São Paulo: CEDOC, 2011, 158p. Disponível em <<http://www.anfavea.com.br/anuario.html>>. Acesso em 10 jan. 2012.

## 4 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO ORIENTADO À CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DOS MÉTODOS APLICADOS AO PROJETO DO PRODUTO

Diego de Castro Fettermann  
Márcia Elisa Soares Echeveste

### Resumo

*A incorporação de métodos e ferramentas ao Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) tende a contribuir na operacionalização da estratégia de Customização em Massa (CM). Diante da dificuldade em selecionar e aplicar esses métodos o presente trabalho tem por objetivo realizar uma revisão de literatura dos métodos e ferramentas aplicáveis ao PDP orientados à promoção da CM e identificar, de acordo com seu objetivo, sua aplicação no PDP. Uma revisão sistemática identificou 39 métodos e ferramentas de PDP. Os resultados apresentam que apesar de uma maior frequência de métodos e ferramentas direcionadas ao projeto da família de produto ainda existe uma diversidade de alternativas para promover a CM, sendo que o desenvolvimento de um mecanismo para a seleção desses métodos e ferramentas adaptado a necessidade da empresa uma importante lacuna de pesquisa.*

### 4.1 INTRODUÇÃO

A Customização em Massa (CM) tem por finalidade entregar produtos que atendam as necessidades individuais de cada cliente a um baixo custo (PINE II, 1993). A CM pode ser definida como o desafio de atender as necessidades individuais dos clientes mantendo a eficiência da manufatura semelhante ao da produção em massa (JIAO; TSENG, 2004; KUMAR; PHROMMATHED, 2005). A literatura e a prática observada nas empresas indicam que o desenvolvimento da Customização em Massa (CM) está baseado principalmente na utilização de manufatura flexível (FMS) (KOTHA, 1995; DA SILVEIRA et al., 2001, FRANKE; PILLER, 2003; PILLER, 2004) e na inserção de técnicas e ferramentas aplicadas durante o Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP), com destaque para a modularidade (SALVADOR et al., 2002, GILMORE; PINE II, 1997; JOSE; TOLLEANARE, 2005).

Existem basicamente três áreas de estudo para promover a CM por meio do PDP. A primeira área abriga os modelos de desenvolvimento de produto orientado à CM, frequentemente denominados como *Design for Mass Customization* (DFMC) (TSENG; JIAO, 1996; 2001; JIAO et al., 2003, JIAO; TSENG, 2004; MARION et al., 2006). O principal objetivo do DFMC é ampliar a visão do desenvolvimento de um produto único para uma família de produtos, incorporando o processo de venda, marketing, distribuição e serviços (TSENG; JIAO, 1996, 1998a, 1998b, JIAO et al., 2003). Apesar de o PDP possuir um escopo mais amplo, o foco do DFMC permanece concentrado ao projeto de arquitetura modular de produto

(TSENG; JIAO, 1996, 1998a, 1998b; TSENG; DU, 1998; JIAO; TSENG, 2000; JIAO et al.; 2003)

A segunda área incorpora os facilitadores para o PDP que contribuem para o desenvolvimento da CM. Estes facilitadores são muito diversos e podem ser desenvolvidos em outras áreas de estudo. Estes estudos tem por característica identificar questões que afetam o desempenho do PDP orientado a CM, tais como o efeito da tecnologia da informação na integração dos agentes durante o processo de customização (YASSINE et al. 2004; MING et al., 2007; PENG et al., 2011) ou linguagens de *softwares* que contribuem para esta integração (HEMETSBERGER et al., 2007; HUANG et al., 2008). Também podem ser incluídos nesta área estudos do efeito do envolvimento do fornecedor no PDP (LAU, 2011) e da integração da cadeia de suprimentos e seus efeitos na melhoria do projeto de produto modular e maior agilidade no processo de customização (RO et al., 2007; TRAPPEY et al., 2008).

A terceira área incorpora os métodos, ferramentas e técnicas desenvolvidos para o PDP orientado a CM, sendo a mais frequente na literatura. Estas propostas desenvolvem diversos métodos e ferramentas para o suporte ou execução das atividades do PDP com o objetivo de promover a CM. Este trabalho está inserido nessa terceira área da pesquisa, que incorpora os métodos, ferramentas propostas para o PDP orientado à CM. As propostas de melhorias no projeto físico do produto são as mais frequentemente encontradas, destacando-se os métodos de projeto de famílias de produto (JIAO; TSENG, 1996), de projeto modular (STONE, 1997; ERICSSON; ERIXON, 1999, LEE et al., 2004). Também são identificadas propostas relacionadas à integração do cliente durante PDP para a CM, com destaque para o tema de configuradores de produto (FOGLIATTO; DA SILVEIRA, 2008; KAPLAN; HAENLEIN, 2006).

Em razão da quantidade e da variedade destes métodos e ferramentas de PDP para a CM foram identificados trabalhos que procuraram reunir estes métodos e ferramentas aplicáveis ao PDP. A maior parte desses trabalhos identifica métodos e ferramentas para o desenvolvimento da arquitetura do produto, principalmente nos temas de formação da plataforma de produto (SIMPSON, 2004; JOSE; TOLLEANARE, 2005), definição da família de produto (SIMPSON et al., 2006) e modularização do produto (DHAMUS et al., 2001; GERSHENSON et al., 2004).

Apesar desses trabalhos identificarem diversos métodos e ferramentas para o desenvolvimento de produto orientado à CM, ainda estão focados em uma área restrita do processo. Além disto, verifica-se uma baixa aderência desses métodos e ferramentas à prática das empresas, muito em razão da dificuldade em aplicar estas propostas na realidade do PDP das empresas (KAHN et al., 2012). Entre as razões da falta de aplicação dessas propostas menciona-se o conhecimento restrito da variedade de alternativas disponíveis para a promoção da CM no PDP, além da dificuldade de localizar essas propostas no processo de



desenvolvimento da empresa. Como forma de contribuir nesta lacuna, o presente trabalho tem por objetivo realizar uma revisão de literatura dos métodos e ferramentas aplicáveis ao PDP e orientados à promoção da CM e identificar, de acordo com seu objetivo, sua aplicação no PDP.

Como forma de localizar esses métodos e ferramentas na bibliografia foi selecionado o procedimento de revisão sistemática, que tem por característica identificar, selecionar e avaliar criticamente artigos publicados tendo por foco uma questão, ou área, ou tópico de interesse (KITCHENHAM, 2004). Este trabalho pode ser classificado como uma pesquisa aplicada com uma abordagem quantitativa, em razão da interpretação dos dados ser realizada por meio de técnicas estatísticas.

Este artigo está estruturado em quatro seções. Primeiramente, a introdução apresenta o problema e o objetivo deste estudo. A segunda seção apresenta a estratégia de pesquisa, descrevendo todas as etapas deste estudo. Posteriormente, os resultados encontrados são apresentados e discutidos e, por fim, é apresentada uma conclusão sobre a execução deste trabalho.

## 4.2 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

O desenvolvimento de estudos de literatura baseados em evidências tem sido amplamente reportado nas pesquisas em geral (KITCHENHAM et al.; 2009; BRERETON et al., 2007; MARGAREY et al., 2000). Neste enfoque, a revisão sistemática da literatura é indicada como forma de identificar, avaliar e interpretar pesquisas relevantes relacionadas a um problema específico problema, tópico, área ou fenômeno de interesse (KITCHENHAM, 2004). Este método é utilizado amplamente na área médica (MARGAREY et al., 2000) e na área de sistemas de informação (KITCHENHAM et al.; 2009; BARETON et al., 2007; AFZAL; TORKAR, 2011; ALVES et al.; 2010). O método utilizado neste trabalho está baseado na proposta desenvolvida por Kitchenham (2004) e amplamente utilizada na literatura (KITCHENHAM et al.; 2009; BRERETON et al., 2007; ALVES et al.; 2010; AFZAL; TORKAR, 2011), sendo composta por seis fases (Figura 4.1).



Figura 4.1 - Método de revisão sistemática (adaptado de KITCHENHAM, 2004)

### 4.2.1 Questões de pesquisa

As questões de pesquisa de pesquisa que direcionam este trabalho são: (i) identificar quais os métodos e ferramentas de PDP destinados a promoção da CM e (ii) como auxiliar a selecioná-los para aplicação durante o desenvolvimento de produto. O desdobramento dessas questões orienta a presente revisão de literatura para a execução de uma análise bibliográfica a fim de

identificar primeiramente a origem destes métodos e ferramentas, identificando os principais periódicos, centros de pesquisa, assim como os principais autores sobre o tema. Posteriormente, procura-se identificar quais são os métodos e ferramentas propostos na literatura e de que forma estas propostas contribuem ao PDP.

#### 4.2.2 Processo de busca

Os dados analisados nesta pesquisa estão baseados em trabalhos já publicados, utilizando uma fonte de dados terciária. Como fonte de dados foram selecionados artigos publicados em periódicos indexados na base de dados *Web of Science*, *Science Direct* e *EBSCO*. O algoritmo de busca utilizou as palavras-chave: “product development” AND “mass customization” OR “mass customisation”. Esta busca por artigos com estes temas está restrita ao título, palavras chave e resumo na base de dados mencionada, sendo que não houve delimitação à data da publicação. O procedimento foi realizado entre 1 e 10 de outubro de 2012 e totalizou 91 ocorrências.

#### 4.2.3 Critérios de inclusão e exclusão

Foram definidos três estágios de triagem para a decisão pela inclusão dos artigos na análise. Primeiramente, foram identificadas cinco ocorrências de capítulos de livro, sendo estas excluídas do levantamento, além de uma ocorrência repetida. A partir desta primeira triagem foram selecionados 85 artigos.

O segundo estágio procurou eliminar artigos que não estivessem diretamente relacionados ao tema de Desenvolvimento de Produto orientado à CM. Para tanto, foram analisados os resumos de todos os trabalhos e em alguns casos também foi analisado o seu conteúdo. A partir desta segunda análise foram excluídas mais cinco ocorrências, restando ainda 80 artigos.

O terceiro estágio da triagem procura identificar entre os artigos restantes quais possuem entre suas propostas métodos e ferramentas aplicáveis ao PDP, e que contribuam para o desenvolvimento da CM. Método consiste em um modo específico e racional em que um conjunto lógico de idéias é utilizado para resolver um problema (ROOZENBURG; EEKELS, 1995; ROZENFELD et al., 2006). Uma ferramenta consiste em um instrumento, dispositivo ou mecanismo, físico ou intelectual utilizado na execução de uma atividade (ROZENFELD et al., 2006; DAYCHOUW, 2007). Em razão da sobreposição entre os conceitos de método e ferramenta, e seguindo a denominação da literatura (GRIFFIN, 1997), neste trabalho utiliza-se o termo ‘prática’ para denominar métodos e ferramentas. Já uma técnica tem por característica contribuir para realizar as atividades (MITCHAM, 1994), sendo que normalmente estão incorporadas às práticas. Neste trabalho as técnicas estão classificadas de duas formas: (i) técnicas analíticas, que contribuem na execução da atividade proposta nas práticas e (ii)

técnicas computacionais, normalmente associadas a *softwares* que suportam a execução das atividades propostas.

Após os três estágios de triagem, foram identificados 39 artigos com este propósito, correspondendo a 48,10% dos artigos publicados sobre o tema CM e Desenvolvimento de Produto identificados nas bases de dados pesquisadas. Cada artigo selecionado propõe uma prática de PDP, correspondendo a unidade de análise utilizada. Cada prática pode sugerir a aplicação de uma ou mais técnicas, sendo que cada uma destas práticas ainda podem estar associadas ao objetivo de uma ou mais atividades do PDP.

#### 4.2.4 Avaliação da qualidade do estudo

A qualidade dos artigos selecionados foi realizada indiretamente pelos periódicos de publicação, visto que todas as ocorrências possuem como origem periódicos indexados e com sistema de avaliação por *referees*.

#### 4.2.5 Coleta de dados

Cada atividade prevista em um PDP pode ser suportada por uma ou mais práticas, assim como, cada uma dessas práticas poderão suportar uma ou mais atividades em diferentes fases do PDP. A partir da identificação das práticas e da análise de suas etapas de aplicação foi possível relacionar os resultados propostos com atividades previstas em um modelo genérico de PDP. Para tanto, foi selecionado o modelo de PDP proposto por Ulrich e Eppinger (2001). Entre as propostas de modelos referencias de PDP (PAHL; BEITZ, 2006; WHEELWRIGHT; CLARK, 1992; ROZENFELD et al., 2006), a proposta de Ulrich e Eppinger (2001) é a mais reportada na literatura e também costuma possuir maior aderência ao PDP utilizado nas empresas. Assim, a localização das práticas no modelo referencial de Ulrich e Eppinger (2001) tende a contribuir para a sua incorporação efetiva no PDP das empresas.

#### 4.2.6 Análise de dados

A análise dos dados coletados está dividida em duas etapas: análise bibliográfica e análise das práticas. A análise bibliográfica compreende a apresentação das práticas selecionadas, análise descritiva dos periódicos de origem e suas citações na base de dados *Web of Science*, análise descritiva sobre os períodos de publicação, análise sobre as localidades e instituições de origem dos autores assim como a frequência de publicação dos autores.

A análise das práticas inicia com a identificação de quais atividades do PDP referencial de Ulrich e Eppinger (2000) estão associadas ao objetivo daquela prática. Como resultado tem-se quais atividades do PDP têm sua execução realizada ou suportada pela aplicação da prática analisada. A partir deste relacionamento, propõe-se utilizar uma análise de *cluster* para identificar similaridade entre as práticas de acordo com sua contribuição no PDP. Este tipo de análise tem por objetivo agregar observações de acordo com suas características, resultando

em grupos com homogeneidade interna e heterogeneidade externa (TINSLEY; BROWN, 2000; HAIR Jr et al., 2005; NORUŠIS, 2011). Neste caso, investigam-se padrões entre o objetivos da *i*-ésima prática associada ao objetivo da *j*-ésima atividade do PDP. Entre os métodos de análise de *cluster* foi selecionado o hierárquico e a medida de similaridade de *jaccard* (MILLIGAN; COOPER, 1986), em razão da característica binária dos dados e do interesse somente nas ocorrências em que a prática *i* está associada ao objetivo da atividade *j* do PDP. Para avaliar o melhor arranjo, é considerada a coesão entre as ocorrências e a separação entre os agrupamentos, mensurada por meio do coeficiente de Silhouette (ROUSSEUW; 1987; CHAIMONTREE et al., 2010; NORUŠIS, 2011). Cada agrupamento de práticas identificado é posteriormente descrito e juntamente são apresentados os casos de aplicação destas práticas e as técnicas recomendadas pelas práticas. As análises propostas são realizadas nos *softwares* Excel® e SPSS v.21®.

### 4.3 RESULTADOS

#### 4.3.1 Análise bibliográfica

A partir do algoritmo de busca foram identificadas 90 ocorrências. Retirando-se capítulos de livro, ocorrências repetidas e artigos não relacionados ao tema de Desenvolvimento de Produto orientado a CM, foram registrados 80 artigos. Entre esses, foram identificados 39 artigos que propõem práticas de PDP orientadas a promoção da CM.

A Tabela 4.1 apresenta a lista dos artigos selecionados, apresentado sua identificação, título, autores, periódico da publicação e ano da publicação. Destaca-se que grande parte dos artigos sobre o tema (48,75%) possui no seu objetivo a proposta de uma prática para o desenvolvimento de produto orientado à promoção da CM.

Tabela 4.1 - Artigos selecionados

id	Título	Autores	Periódico	Ano
4	A methodology of developing product family architecture for mass customization	Jiao, J.X.; Tseng, M.M.	Journal of Intelligent Manufacturing	1999
5	Product family modeling for mass customization	Jiao, J.X.; Tseng, M.M.; Duffy, V.G.; Lin, F.H.	Computers & Industrial Engineering	1998
7	Architecture of product family: Fundamentals and methodology	Du, X.H.; Jiao, J.X.; Tseng, M.M.	Concurrent Engineering-Research and Applications	2001
8	Functional interdependence and product similarity based on customer needs	McAdams, D.A.; Stone, R.B.; Wood, K.L.	Research in Engineering Design-Theory Applications and Concurrent Engineering	1999
12	A fuzzy analytic hierarchy process approach in modular product design	Lee, W.B.; Lau, H.; Liu, Z.Z.; Tam, S.	Expert Systems	2001
16	Applications of the Web-based collaborative visualization in distributed product development	Chu, C.H.; Cheng, C.Y.; Wu, C.W.	Computers in Industry	2006
19	Product development cost estimation in mass customization	Tu, Y. L.; Xie, S. Q.; Fung, Richard Y. K.	IEEE Transactions on Engineering Management	2007
22	Operational tactics and tenets of a new manufacturing paradigm 'instant customerisation'	Tang, Z.J.; Chen, R.Q.; Ji, X.H.	International Journal of Production Research	2005
23	A design decision-making support model for customized product color combination	Ma, M.Y.; Chen, C.Y.; Wu, F.G.	Computers in Industry	2007
26	Analytical affective design with ambient intelligence for mass customization and personalization	Jiao,R.J.; Xu,Q.; Du,J.; Zhang,Y.; Helander,M.; Khalid,H.M.; Helo,P.; Ni,C.	International Journal of Flexible Manufacturing Systems	2007
27	A reconfigurable platform in support of one-of-a-kind product development	Xie,S.Q.; Xu, X.; Tu, Y.L.	International Journal of Production Research	2005
28	Service Architecture and Modularity	Voss, C.A.; Hsuan, J.	Decision Sciences	2009
29	A web-based fuzzy mass customization system	Chen, Y.H.; Wang, Y.Z.; Wong, M.H.	Journal of Manufacturing Systems	2001
32	Supporting 'design for re-use' with modular design	Meehan, J. S.; Duffy, A. H. B.; Whitfield, R. I.	Concurrent Engineering-Research and Applications	2007
35	A decision support system for rapid one-of-a-kind product development	Xie, S.Q.	International Journal of Advanced Manufacturing Technology	2006
37	Product platform identification and development for	Huang, G.; Bin, S.; Halevi, G.	CIRP Annals-Manufacturing	2003

	mass customization		Technology	
38	Virtual customer integration in new product development in industrial markets: The QLL framework	Hemetsberger, A.; Godula, G;	Journal of Business-To-Business Marketing	2007
40	Evaluation of product performance in product family design re-use	Xu, Q. L.; Ong, S. K.; Nee, A. Y. C.	International Journal of Production Research	2007
44	A framework of product styling platform approach: Styling as intangible modules	Fung, R.Y.K.; Chong, S.P.Y.; Wang, Y.	Concurrent Engineering-Research and Applications	2004
45	Integrating rough set clustering and grey model to analyze dynamic customer requirements	Chen, C.; Wang, L.	Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B- Journal of Engineering Manufacture	2008
47	A dynamic workflow framework for mass customization using web service and autonomous agent techniques	Karpowitz, D.J.; Cox, J. J.; Humpherys, J.C.; Warnick, S.C.	Journal of Intelligent Manufacturing	2008
48	Using product family evaluation graphs in product family design	Ye, X.; Thevenot, H.J.; Alizon, F.; Gershenson, J.K.; Khadke, K.; Simpson, T.W.; Shooter, S.B.	International Journal of Production Research	2009
50	Manufacturing network for rapid tool/die making	Tu, Y.L.; Kam, J.J.	International Journal of Computer Integrated Manufacturing	2006
51	Internet-based framework to support integration of customer in the design of customizable products	Ninan, J.A.; Siddique, Z.	Concurrent Engineering-Research and Applications	2006
52	A generic and extensible information infrastructure framework for mass-customizing platform products	Huang, G.Q.; Li, L.; Lau, T.L.; Chen, X.	International Journal of Computer Integrated Manufacturing	2007
53	ppXML: A generic and extensible language for lifecycle modelling of platform products	Huang, G.Q.; Li, L.; Chen, X.	Computers In Industry	2008
56	On Modular Products Development	Kong, F.B.; Ming, X.G.; Wang, L.; Wang, X.H.; Wang, P.P.	Concurrent Engineering-Research and Applications	2009
58	Integrated Vehicle Configuration System-Connecting the domains of mass customization	Helo, P.T.; Xu, Q.L.; Kyllonen, S.J.; Jiao, R.J.	Computers in Industry	2010
59	Modularity analysis and commonality design: a framework for the top-down platform and product family design	Liu, Z.; Wong, Y.S.; Lee, K.S.	International Journal of Production Research	2010
61	An integrated fuzzy logic approach to customer-oriented product design	Gologlu, C.; Mizrak, C.	Journal of Engineering Design	2011
64	Fuzzy Topsis Decision Method for Configuration Management	Chang, S.H.; Tseng, H.E.	International Journal of Industrial Engineering-Theory Applications and Practice	2008
66	Web Service-oriented Electronic Catalogs for Product Customization	Ma, Y.; Jiao, J.R.; Deng, Y.	Concurrent Engineering-Research and Applications	2008
71	Ontology-Based Multiplatform Identification Method	Li, Y.; Chang, X.; Terpenney, J.P.; Gilbert, T.	Journal of Computing and Information Science in Engineering	2010
72	Developing and Assessing Commonality Metrics for Product Families: a process-based cost-modeling approach	Johnson, M.D.; Kirchain, R.E.	IEEE Transactions on Engineering Management	2010
79	The importance of product development cycle time and cost in the development of product families	Johnson, M.D.; Kirchain, R.E.	Journal of Engineering Design	2011
82	An Approach to Constraint-Based and Mass-Customizable Product Design	Nordin, A.; Hopf, A.; Motte, D.; Bjarnemo, R.; Eckhardt, C.C.	Journal of Computing and Information Science in Engineering	2011
86	Matching product architecture with supply chain design	Nepal, B.; Monplaisir, L.; Famuyiwa, O.	European Journal of Operational Research	2012
89	Two-stage product platform development for mass customisation	Qu, T.; Bin, S.; Huang, George Q.; Yang, H. D.	International Journal of Production Research	2011
90	A helical model for managing innovative product and service initiatives in volatile commercial environments	Deakins, E.; Dillon, S.	International Journal of Project Management	2012

Entre os 39 artigos selecionados foi realizado um levantamento da frequência dos periódicos, das citações de cada artigo dentro da base de dados *Web of Science* e da média de citações do artigo por periódico (Tabela 4.2). Os 39 artigos selecionados foram publicados em 20 diferentes periódicos. Entre os periódicos com maior frequência de publicações no tema estão *Concurrent Engineering-Research and Applications*, *International Journal of Production Research* e *Computers in Industry* com 18 ocorrências, que correspondem a 46% dos artigos com propostas de práticas de PDP orientadas à CM identificados. Entre as citações, verifica-se que os artigos publicados no periódico *Journal of Intelligent Manufacturing* possuem a maior utilização, visto que entre os selecionados, são os mais citados dentro da base de dados *Web of Science*. Esta incidência é resultado da quantidade de citações do artigo ‘*A Methodology of Developing Product Family Architecture for Mass Customization*’ (JIAO; TSENG, 1999), que totaliza 123 citações na referida base de dados.

Tabela 4.2- Análise dos periódicos

Periódicos	Artigos	%	Citações*	Cit/artigo	IP**
Concurrent Engineering-Research and Applications	6	15,38%	75	12,5	0,478
International Journal of Production Research	6	15,38%	27	4,5	1,115
Computers in Industry	4	10,26%	35	8,75	1,529
IEEE Transactions on Engineering Management	2	5,13%	19	9,5	0,958
International Journal of Computer Integrated Manufacturing	2	5,13%	2	1	1,071
Journal of Computing and Information Science in Engineering	2	5,13%	0	0	0,511
Journal of Engineering Design	2	5,13%	1	0,5	0,928
Journal of Intelligent Manufacturing	2	5,13%	123	61,5	0,859
CIRP Annals-Manufacturing Technology	1	2,56%	4	4	1,708
Computers & Industrial Engineering	1	2,56%	90	90	1,589
Decision Sciences	1	2,56%	6	6	1,359
European Journal of Operational Research	1	2,56%	0	0	1,815
Expert Systems	1	2,56%	35	35	0,684
International Journal of Advanced Manufacturing Technology	1	2,56%	5	5	1,103
International Journal of Flexible Manufacturing Systems	1	2,56%	8	8	0,250
International Journal of Industrial Engineering-Theory Applications and Practice	1	2,56%	0	0	0,154
Journal of Business-to-Business Marketing	1	2,56%	4	4	1,227
Journal of Manufacturing Systems	1	2,56%	6	6	0,639
Proceedings of The Institution of Mechanical Engineers Part B-Journal of Engineering Manufacture	1	2,56%	2	2	0,725
Research in Engineering Design-Theory Applications and Concurrent Engineering	1	2,56%	54	54	1,243
International Journal of Project Management	1		-	-	1,532
Total	39	100%	500		

\* Citações dentro da base de dados *Web of Science* / \*\* Fator de Impacto (Impact Factor)

Em relação ao período das publicações, a primeira publicação sobre o tema seccionada na base de dados *Web of Science* foi publicada em 1998 (HUANG et al., 1998). A análise da série de publicações sobre o tema indica uma ascendência em torno do ano de 2007, como pode ser observado na Figura 4.2. Essa característica indica que apesar de este tema ser discutido na literatura há mais de uma década, continua atual e em desenvolvimento.

Ano	Quantidade	Percentual
1998	1	2,56%
1999	2	5,13%
2000	0	0,00%
2001	3	7,69%
2002	0	0,00%
2003	1	2,56%
2004	1	2,56%
2005	2	5,13%
2006	4	10,26%
2007	7	17,95%
2008	5	12,82%
2009	3	7,69%
2010	4	10,26%
2011	4	10,26%
2012	2	5,13%
Total	39	100,00%

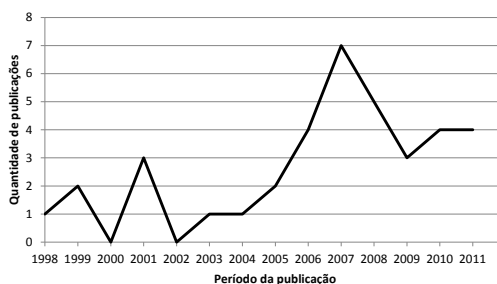


Figura 4.2 - Descritivo dos períodos de publicação

Entre as 39 publicações analisadas foram identificadas as instituições de origem de cada autor. No total, foram identificados 123 autores filiados a 46 diferentes instituições localizadas em 16 diferentes países. Entre as instituições com autores filiados, verifica-se que somente quatro destas não são universidades, o que indica uma baixa aderência de pesquisadores com publicações nas empresas.

Em relação às instituições de origem dos autores das publicações, verifica-se que a maior parte dos autores estão filiados a instituições Chinesas ou nos Norte-americanas, correspondendo a quase 60% das instituições sede dos autores. Na Ásia, destacam-se também as instituições sediadas em Singapura e Taiwan. Na Europa se verifica uma menor quantidade de artigos e com autores filiados a diversas instituições (Figura 4.3).

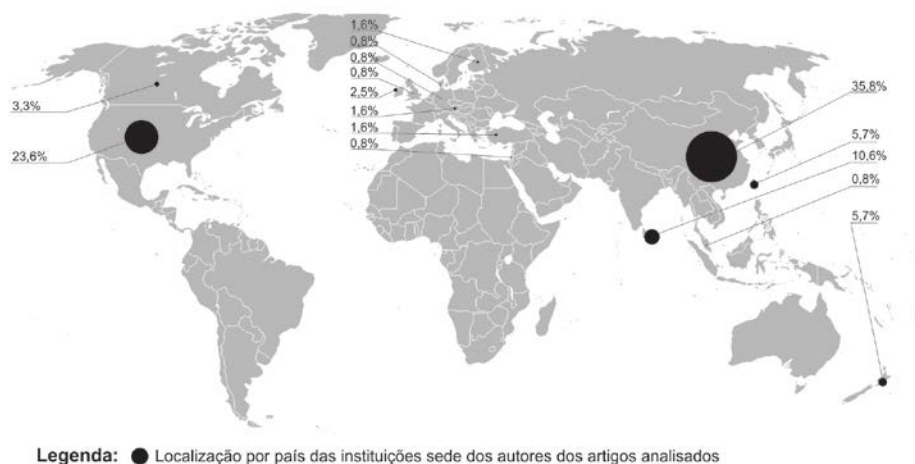


Figura 4.3 - Localização das instituições sede dos autores com artigos selecionados

A concentração de instituições na China é ainda mais destacada na cidade de Hong Kong, que abriga instituições de 30 autores, correspondendo a 24,4% dos autores estavam filiados a instituições na cidade de Hong Kong, indicando esta cidade como um centro de pesquisa na área. Entre as instituições de Hong Kong, destacam-se a *University of Hong Kong*, como instituição sede de 17 autores, e a *Hong Kong University of Science & Technology*, como instituição sede de 8 autores. Outras instituições que se destacam pela quantidade de publicações são a também chinesa *Shanghai Jiao Tong University*, sede de sete autores, e as universidades *Nanyang Technological University* e *National University of Singapore*, ambas de Singapura com sete e seis autores, respectivamente (Tabela 4.3).

Tabela 4.3 - Descritivo da origem dos autores

	<b>Qtd.*</b>	<b>Instituição**</b>
China	44 35,77%	University of Hong Kong(17), Hong Kong University of Science & Technology(8), Shanghai Jiao Tong University(7), Hong Kong Polytechnic University(3), Huazhong University of Science and Technology(3), Guang Dong University of Technology(2), Group Sense(1), Ningbo University(1), University of Technology, Guang Zhou(1), Artesyn Technologies(1)
EUA	29 23,58%	Brigham Young University(4), Virginia Polytechnic Institute and State University(4), Georgia Institute of Technology(3), Michigan Technological University(3), Texas A&M University(3), Bucknell University(2), Massachusetts Institute of Technology(2), Pennsylvania State University(2), University of Oklahoma(2), University of Texas(1), Schneider Logistics Corporation(1), University of Missouri(1), Wayne State University(1)
Singapura	13 10,57%	Nanyang Technological University(7), National University of Singapore(6)
Taiwan	7 5,69%	National Cheng Kung University(3), National Chin-Yi Institute of Technology(1), National Changhua University of Education(1), National Chao Tung University(1), National Tsing Hua University(1)
Nova Zelândia	7 5,69%	University of Auckland(4), University of Canterbury(1);University of Waikato (2)
Suécia	5 4,07%	Lund University(5)
Canadá	4 3,25%	University of Calgary(3), University of Alberta(1),
Escócia	3 2,44%	University of Strathclyde(3)
Turquia	2 1,63%	Karabuk University(2)
Finlândia	2 1,63%	University of Vaasa(2)
Austria	2 1,63%	University of Innsbruck(1), Consultoria em Bludenz (1)
Alemanha	1 0,81%	IC:IDO(1)
Malásia	1 0,81%	Damai Sciences(1)
Inglaterra	1 0,81%	London Business School(1)
Dinamarca	1 0,81%	Copenhagen Business School(1)
Israel	1 0,81%	Israel Institute of Technology-Techlon(1)
<b>TOTAL</b>	<b>123</b> 100%	

\*Frequência Percentual /\*\* Instituição(quantidade de autores)

A

Tabela 4.4 apresenta todos os autores com mais de duas publicações e suas respectivas instituições. Em relação aos autores com maior quantidade de publicações selecionadas, destacam-se a filiados a universidades de Hong Kong, tais como Jianxin Jiao, George Huang e Mitchell Tseng. Jiao e Tseng possuem três publicações selecionadas em conjunto, cujo foco de pesquisa é o projeto de plataforma de produtos (JIAO; TSENG, 1999; JIAO et al., 1998; DU et al., 2001). Mais recentemente, o pesquisador Jiao tem orientado seu foco de pesquisa para o processo de customização, mais precisamente em mecanismos para integrar o cliente neste processo (JIAO et al., 2007; HELO et al., 2010) ou sistemas de suporte ao processo (MA et al., 2008). As propostas de Huang possuem direcionamento a sistemas de apoio ao planejamento e desenvolvimento do produto (HUANG et al., 2007; HUANG et al., 2008), e métodos destinados à otimização de família de produtos, principalmente com a utilização de algoritmo genético (HUANG et al., 2003; QU et al., 2011).



Tabela 4.4 - Autores mais frequentes

Autor	Quant.*	(artigo) Instituição**
Jianxin R. Jiao	6 15,4%	(4;5) Hong Kong University of Science & Technology, (7) Nanyang Technological University, (26;58;66) Georgia Institute of Technology
George Q. Huang	4 10,2%	(37;52;53;89) University of Hong Kong
Mitchell M. Tseng	3 7,7%	(4;5;7) Hong Kong University of Science & Technology
Qianli L. Xu	3 7,7%	(26) Nanyang Technological University, (40;58) National University of Singapore
S Q. Xie	3 7,7%	(19;27;35) University of Auckland
Yiliu L. Tu	3 7,7%	(19;27;50) University of Calgary,
Li Li	2 5,1%	(52;53) University of Hong Kong
Michael D.S. Johnson	2 5,1%	(72;79) Texas A&M University
Petri T. Helo	2 5,1%	(26;58) University of Vaasa
Randolph E. Kirchain	2 5,1%	(72;79) Texas A&M University
Richard Y.K. Fung	2 5,1%	(19;44) University of Hong Kong
Sheng Bin	2 5,1%	(37;89) University of Hong Kong
Xin Chen	2 5,1%	(52;53) Guang Dong University of Technology
Zhuo Liu	2 5,1%	(12) Hong Kong Polytechnic University, (59) University of Hong Kong

\*Frequência Percentual / \*\* (Identificação do artigo conforme Figura 3) Instituição do autor

Em razão da quantidade de publicações, as instituições as quais estes pesquisadores estão vinculados servem de referência sobre os locais onde também acontece o desenvolvimento de pesquisa sobre o tema. Depois de realizar seu PhD em *Industrial Engineering* na *Hong Kong University of Science & Technology*, o prof. Jiao esteve vinculado a *Nanyang Technological University* em Singapura até chegar, em dezembro de 2008, à *Woodruff School of Mechanical Engineering*, pertencente a *Georgia Institute of Technology*, em Atlanta, nos EUA.

#### 4.3.2 Análise das práticas

O modelo de PDP proposto por Ulrich e Eppinger (2000) tem por característica estar dividido em cinco fases: Planejamento, Desenvolvimento do Conceito, Projeto do Sistema, Projeto Detalhado, Testes e Avaliações, e Produção. A fase de Planejamento precede a aprovação do projeto e incorpora as atividades relacionadas à estratégia de produto, mercado, restrições e planejamento do projeto. A fase de Desenvolvimento do Conceito inicia com a definição das necessidades de mercado até o esboço do projeto, acompanhado de especificações, análise de concorrentes e avaliação financeira do projeto. O Projeto do Sistema incluiu atividades de especificações das dimensões, dos materiais, das tolerâncias, assim como a definição e detalhamento do processo de manufatura do produto. O projeto Detalhado inclui atividades referentes a especificação da geometria, materiais, tolerâncias de todas as peças além das atividades relacionadas aos fornecedores, ferramentaria e controle da documentação do produto. A fase de Testes e Avaliações envolve a construção e avaliação de versões do produto para otimização do produto e processo, visando também melhorias de desempenho e análise da confiabilidade do produto. A fase de Produção incorpora atividades para viabilizar a produção dos produtos, tais como testes de produção, otimização de montagens e treinamento de colaboradores (ULRICH; EPPINGER, 2000).

A partir da análise de cada prática foi possível identificar quais atividades e subatividades do PDP tem seu objetivo associado ao proposto pela respectiva prática. Para tanto, foi utilizado o

PDP referencial proposto por Ulrich e Eppinger (2000), sendo seu resultado apresentado de forma reduzida, com somente as atividades de cada fase do PDP e excluindo as sub-atividades de cada fase, no Apêndice B. A partir desta análise, as práticas foram agrupadas de acordo com sua semelhança de aplicação nas atividades do PDP. A partir do resultado da análise de *cluster* hierárquico e a análise do coeficiente de Silhouette (Si), o melhor arranjo (Si=0,575) foi obtido para quatro agrupamentos.

Os grupos foram denominados de acordo com as atividades do PDP às quais as práticas estão associadas. Desta forma, foram denominados cinco grupos: (i) projeto de família de produtos, com 18 ocorrências; (ii) integração do cliente ao PDP, com dez ocorrências; (iii) projeto de manufatura, com três ocorrências; (iv) planejamento do projeto, com oito ocorrências. Cada um dos grupos possui práticas associadas a uma ou mais atividades em diferentes fases do PDP. A identificação dos grupos, com a localização de cada prática analisada e sua contribuição à fase do PDP é apresentada na Figura 4.4.

	0 Planejamento	1 Desenv. do conceito	2 Projeto do sistema	3 Projeto detalhado	4 Testes e avaliações	5 Produção
<b>Grupo 1 (18 artigos)</b> Projeto de família de produtos	4,7,8,28,37,40,44,56,59,71,86	4,8,12,28,32,37,40,44,50,56,86	4,5,7,8,12,28,37,40,44,50,56,59,66,71,72,86,89	4,50		
<b>Grupo 2 (10 artigos)</b> Integração do cliente ao PDP	16,58	23,26,38,51,61,64,82	23,26,29,38,61,64,82	58,61,64,82	23,26,29,38,58,61,64,82	
<b>Grupo 3 (3 artigos)</b> Projeto de manufatura		27		19,27,35		
<b>Grupo 4 (8 artigos)</b> Planejamento do projeto	22,45,47,48,52,53,79,90	45,52,79	53	45	45	
<small>(frequência percentual) Frequência</small>	21 ocorrências (24,2%)	22 ocorrências (25,3%)	25 ocorrências (28,7%)	10 ocorrências (11,9%)	9 ocorrências (10,3%)	0 ocorrências (0%)

Figura 4.4 - Agrupamentos de métodos e ferramentas de PDP

Entre as práticas analisadas, verifica-se com maior frequência seu direcionamento para o suporte a execução de atividades pertencentes às três fases iniciais do PDP proposto por Ulrich e Eppinger (2000), correspondendo ao total de 78,2% da amostra de artigos selecionada com base nos critérios desta pesquisa. Questões sobre a influência do projeto do produto no sistema de manufatura, sequenciamento de produção, definição de lotes de produção, confiabilidade de produtos customizados e garantia da qualidade dos mesmos não são abordados entre as práticas analisadas. Também não foram encontradas práticas direcionadas ao lançamento do produto, testes de uso e de mercado. Isto significa que estes temas, apesar de serem pertinentes ao projeto do produto de acordo com os modelos referenciais de PDP (PAHL; BEITZ, 1996; ULRICH; EPPINGER, 2000; ROZENFELD et al., 2006; BACK, et al.,2008) ainda não são discutidos ou apresentados no âmbito do projeto de produto direcionado à CM. Neste sentido, uma maior associação entre estes temas e o projeto do produto poderia contribuir para que os problemas associados a eles sejam antecipados e resolvidos durante o projeto do produto, quando o custo das alterações tende a ser menor (CLARK; FUJIMOTO, 1991).

Ao se analisar o histórico de publicações entre as práticas analisadas, verifica-se que as primeiras publicações sobre o tema encontram-se no agrupamento de projeto de família de produtos (Tabela 4.5). Posteriormente, outros temas foram incorporados ao projeto de produto orientado a CM, como a integração do cliente ao PDP seguido dos demais. Apesar de mais frequente na literatura, o tema de projeto de família de produto permanece atual nas publicações. A integração do cliente ao desenvolvimento do produto é mencionada como um tema em desenvolvimento (PILLER, 2007), muito em razão da possibilidade da utilização da internet como meio de comunicação com o cliente (LIETCHY et al., 2001) e da crescente demanda por personalização do produto (TSENG et al., 2010). A primeira prática identificada nesta amostra para a integração do cliente foi publicada em 2001 (CHEN et al., 2001), desde então verifica-se um aumento das publicações com este objetivo.

Tabela 4.5 - Histórico de publicações entre os agrupamentos

Grupos	1998-2000	2001-2003	2004-2006	2007-2009	2010-2012	total
1-Projeto da família de produto	3 <sup>(16,7%)</sup>	2 <sup>(11,1%)</sup>	3 <sup>(16,7%)</sup>	5 <sup>(27,8%)</sup>	5 <sup>(27,8%)</sup>	18 <sup>(42,2%)</sup>
2- Integração do cliente ao PDP	0 <sup>(0%)</sup>	1 <sup>(10,0%)</sup>	2 <sup>(20,0%)</sup>	4 <sup>(40,0%)</sup>	3 <sup>(30,0%)</sup>	10 <sup>(25,6%)</sup>
3-Projeto de manufatura	0 <sup>(0%)</sup>	0 <sup>(0%)</sup>	2 <sup>(66,7%)</sup>	1 <sup>(33,3%)</sup>	0 <sup>(0%)</sup>	3 <sup>(7,7%)</sup>
4-Planejamento do projeto	0 <sup>(0%)</sup>	0 <sup>(0%)</sup>	1 <sup>(12,5%)</sup>	5 <sup>(62,5%)</sup>	2 <sup>(25,0%)</sup>	8 <sup>(20,5%)</sup>
	3 <sup>(7,7%)</sup>	3 <sup>(7,7%)</sup>	8 <sup>(20,5%)</sup>	15 <sup>(38,5%)</sup>	10 <sup>(25,6%)</sup>	39 <sup>(100%)</sup>

frequência (frequência percentual)

### Projeto da família de produtos

O primeiro grupo de práticas é o mais frequente na literatura, constituído por 18 artigos, correspondendo a 42,2% das ocorrências na amostra analisada. Estas propostas estão mais direcionadas para a execução de atividades contidas principalmente nas fases de planejamento, desenvolvimento do conceito e projeto do sistema, de acordo com o modelo referencial de PDP proposto por Ulrich e Eppinger (2000). Os resultados destas atividades estão principalmente relacionados ao planejamento da família de produto e concepção física do produto, incluindo arquitetura modular, plataforma de produto e módulos. Por esta razão este agrupamento foi denominado projeto da família de produto.

Na fase de Planejamento, a atividade de avaliar e priorizar projetos e mais precisamente a subatividade de planejar plataforma de produto é frequentemente a atividade inicial das práticas contidas neste grupo, principalmente as desenvolvidas para o re-projeto ou otimização do produto ou do portfólio (QU et al., 2011; HUANG et al., 2003, MEEHAN et al., 2007; DU et al., 2001). Também se verificam práticas que iniciam o projeto da família de produto com a análise das necessidades dos clientes. Com essa característica, Fung et al. (2004) propõem uma análise sobre necessidades tangíveis e intangíveis do cliente sobre o produto, direcionando a formação da plataforma de produto e dos módulos considerando essas duas categorias. Já as propostas de Kong et al. (2009), Xu et al. (2007) e Liu et al. (2010) iniciam o projeto da plataforma considerando a análise das necessidades dos clientes, seu agrupamento e associação a subsistemas do produto.

Na fase de Desenvolvimento de Conceito, as atividades de desenvolver conceitos de produto, com maior frequência as subatividades de mapeamento funcional do sistema e gerenciar o processo de seleção são as mais suportadas pelos métodos e ferramentas analisados. Para o mapeamento funcional dos produtos, é mais frequente os métodos e ferramentas recomendarem a utilização da heurística desenvolvida por Stone (1997), que subdivide os sistemas e analisa os fluxos de energia, material ou sinais entre os subsistemas (STONE et al., 2000).

Na fase de Desenvolvimento do Sistema, as atividades de desenvolver o esquema do produto, agrupar elementos em subsistemas e o planejamento de família e plataforma de produtos são as mais suportadas, com destaque para as subatividades de plano de diferenciação e de comunalidade entre os produtos derivados. A utilização de arquitetura modular de produto e a organização dos subsistemas em módulos consistem em uma importante estratégia para atender a CM (ROBERTSON; ULRICH, 1998; SALVADOR et al., 2002; RO et al.; 2007). Por conseguinte, essas são as atividades mais frequentemente suportadas pelos métodos e ferramentas analisados. A análise do *trade off* entre variedade de módulos para o atendimento de requisitos dos segmentos de mercado e a comunalidade de elementos para a manutenção das economias de escala também são abordadas nos métodos e ferramentas analisados. Apesar disto, este tema é frequentemente tratado de forma superficial nas propostas analisadas. As propostas de Voss e Hsuan (2009), com o desenvolvimento de um indicador para modularidade, Johnson e Kirchain (2010), com um indicador para comunalidade de componentes, e Liu et al. (2010), com a utilização de algoritmo genético para a otimização da comunalidade entre os produtos derivados, contribuem para este objetivo. As demais fases do PDP proposto por Ulrich e Eppinger (2000) não são suportadas pelos métodos analisados neste agrupamento.

Entre as propostas contidas neste grupo estão as que apresentam o método de suporte a customização baseado no projeto de produtos de arquitetura modular, denominado PFA (*Product Family Architecture*) (JIAO et al., 1998; JIAO; TSENG, 1999; DU et al., 2001). Este método está estruturado na análise sobre três dimensões do projeto: as funcionais, as técnicas e físicas do produto. Na dimensão funcional estão as questões associadas aos requisitos funcionais do produto e suas inter-relações, e como estes se relacionam a cada segmento de mercado. A dimensão técnicas se refere à tecnologia aplicada ao produto e sua tradução em subsistemas com o objetivo de desenvolver uma arquitetura modular com uma plataforma de produto e módulos direcionados ao atendimento das necessidades dos clientes. A dimensão física está relacionada à materialização do produto, com a inclusão das restrições de manufatura e montagem para a manutenção da economia de escala. Para a resolução dos problemas de projeto são sugeridas diversas técnicas, tais como análise de *cluster* para a identificação dos segmentos de mercado, Método de Análise Hierárquica (AHP) (SAATY,

1991) para a hierarquização dos atributos em cada segmento de mercado, decomposição do produto em subsistemas e sua análise na forma de matrizes (PIMMLER; EPPINGER, 1994) e algoritmos de agrupamento para formação dos módulos (KUSIAK, CHOW, 1987).

Entre as práticas propostas para o projeto de famílias de produto, a maior parte destas têm sua aplicação ilustrada em casos. Estes casos ilustram a aplicação das práticas em produtos variados com diferentes complexidades tecnológicas, tais como no desenvolvimento de uma cafeteira (MACADAMS et al., 1999) e de um sistema de ar condicionado (NEPAL et al., 2012). Também verifica-se uma concentração de aplicações no desenvolvimento de produtos destinados a bens intermediários, que integram outros produtos, e bens de consumo, direcionados para o cliente final (Figura 4.5).

Setor	Aplicações
Bens de Capital	Guindaste de pórtico (52)
Bens Intermediários	Fonte de alimentação (4;5;7), Painel de instrumentos automotivo (cockpit) (72), Sistema de ar condicionado automotivo (86), Motor elétrico (89)
Bens de Consumo	Máquina de chá gelado (8), Cafeteira (8), Descascador de frutas (8), Pager (12), Telefone Celular (40), Computadores pessoais (44), Aparafusadeira sem fio (59), Resfriador de água (71)
Serviços	Operador de viagens marítimas (28), Banco (28)

Figura 4.5 – Aplicações das práticas recomendadas para o projeto de plataforma de produtos

[DF1] Comentário: Plan Projeto

Entre as técnicas analíticas recomendadas pelas práticas investigadas, se verifica com maior frequência a indicação de técnicas para o agrupamento de subsistemas do produto, como as ferramentas e métodos para arquitetura modular. Com este objetivo, a heurística proposta por Stone (1997) e o DSM (*Design Structure Matrix*) (STEWERD, 1981) e suas variações, como Pimmler e Eppinger (1994) e Eppinger et al. (1994), ambas baseadas nos processos de decomposição do projeto em partes mínimas inter-relacionadas entre si (ALEXANDER, 1964). Após a utilização das matrizes para analisar a relação entre os subsistemas, estes são normalmente agrupados por meio de técnicas de análise de *cluster*, sendo mais frequente utilizar a medida de distância euclidiana para identificar plataforma e módulos para o produto. A partir dessa identificação, algumas propostas recomendam otimização do agrupamento a fim de melhorar a estrutura de produto identificada, por meio utilização de algoritmos genéticos (MEEHAN et al., 2007; QU et al., 2011) ou incluindo outras questões, como aspectos da cadeia de suprimentos (NEPAL et al., 2012) (Figura 4.6).

As técnicas computacionais estão associadas a propostas que incluem sistemas de informação para auxiliar o projeto da família de produtos. Estas propostas são resultado da necessidade de agilizar o processo de customização e nele integrar diversos agentes. Dentro desta temática, Ma et al. (2008) propõem um sistema integrando sistemas *Computer Aided Design* (CAD), *Product Data Management* (PDM) e *Product Lifecycle Management* (PLM) para a criação, manutenção e operacionalização de uma biblioteca de componentes na *web* para promover a comunalidade de *part numbers* entre o portfólio de produtos da empresa. Tu e Kam (2006) apresentam uma proposta para a integração de sistemas CAD com demais sistemas de

manufatura, tais como máquinas com Controle Numérico Computadorizado (CNC), e sistemas de Planejamento do Processo Assistido por Computador (CAPP), com o objetivo de aumentar a agilidade do processo de customização do produto (Figura 4.6).

<b>Técnicas Analíticas</b>	<b>Artigos</b>
Algoritmo de agrupamento	4;
Algoritmo para configuração	86;
Análise da Árvore do Produto	4;5;7;37;89
Análise de cluster (Cluster Analysis, Fuzzy Cluster Analysis)	4;32;56;59;71
Análise do Ciclo de Vida (LifeCycleAssessment-LCA)	56
Analytic Hierarchy Process (AHP) e Fuzzy Analytic hierarchy process (FAHP)	4;12
Avaliação financeira	4; 56
Conjoint analysys	56
Ferramentas e Métodos para Arquitetura Modular (Method of Module Heuristics (Stone et al., 2000)); MFD (Ericsson e Erixon, 2000); DSM (Steward, 1981); Pimmler e Eppinger (1994)	4;8;32;40;56;59;71
Filosofias de Projeto (Design for Assembly, Design for Manufacturing, Design for Service, Design for Reuse, Design for Postponement, Design for Variety)	4; 56
Gráfico de bolhas	56; 59
Gráfico de Pareto	4
Group technology (GT)	66
Indicador de Comunalidade	28,59,72
Matriz de Correlação	40
Opções reais	56
Otimização de Agrupamento	32;37;40;59;89
Pesquisa de Mercado (clientes, survey)	4
Pesquisa Operacional (programação linear)	86
QFD (Quality Function Deployment)	56; 71
<b>Técnicas computacionais</b>	<b>Artigo</b>
Sistemas CAD	66
Sistemas PDM e PLM (Product Data Management e Product Life Cycle Management)	66
Linguagens de programação (Java Programming Language)	66
Protocolo de comunicação (Simple Object Access Protocol-SOAP; Standard Component Library-SCL)	66

Figura 4.6 - Técnicas recomendadas para o projeto da plataforma de produtos

### **Integração do cliente no PDP**

É o segundo grupo mais frequente na amostra utilizada, compreendendo dez ocorrências. As propostas estão focadas em atividades contidas na fase de Desenvolvimento do Conceito e Projeto do Sistema do modelo referencial de PDP proposto por Ulrich e Eppinger (2000). Na fase de Desenvolvimento do Conceito, as atividades mais frequentes suportadas por esses métodos e ferramentas são a identificação das necessidades do cliente e a definição do conjunto final de especificações. Em razão da estratégia de CM prever a participação do cliente ao projeto do produto (DA SILVEIRA et al., 2001; PILLER, 2004), as propostas contidas neste agrupamento contribuem para ajudar o cliente a realizar a customização do produto, identificando suas necessidades e as traduzindo em especificações do produto. Posteriormente, na fase de projeto do sistema, a atividade mais suportada pelos métodos e ferramentas é a de identificar serviços associados. Essa característica acontece em razão de muitos dos métodos e ferramentas propostos, além de contribuírem para a configuração do produto, disponibilizarem diversos serviços associados ao cliente, aumentando a quantidade de opções a ele apresentadas.

A maior parte das práticas deste grupo tem por característica disponibilizar mecanismos para ajudar o cliente a customizar o produto (MA et al., 2007; CHEN et al., 2001; NINAN; SIDDIQUE, 2006; GOLOGU; MIZRAK, 2011; JIAO et al., 2007, CHANG; TSENG, 2008, NORDIN et al., 2011). Com este objetivo específico, Ma et al. (2007) propõem um mecanismo para reduzir a complexidade do processo de customização do produto por parte do cliente. Por meio da utilização das técnicas de análise fatorial e Fuzzy AHP, requisitos abstratos dos clientes, tais como moderno, elegante ou jovem são traduzidos em especificações técnicas do produto. O emprego da prática é exemplificado no processo de customização de um sofá. O resultado direciona as alternativas de customização ao perfil do cliente, reduzindo a complexidade do processo.

Ainda seguindo esta linha, Chen et al. (2001) apresentam uma proposta semelhante. Por meio de um sistema via *web* com a utilização de VRML, requisitos dos clientes, tais como pequeno e largo, são processados e traduzidos em especificações do produto. A partir do emprego de uma lógica fuzzy aplicada na customização de cálices, os requisitos dos clientes são processados e resultam em especificações em um sistema CAD. Gologlu e Mizrak (2011) propõem um configurador *online* de produto que utiliza uma lógica fuzzy para analisar requisitos dos clientes e traduzi-los em especificações do produto, resultando em um desenho CAD do produto customizado. Ninan e Siddique (2006) também propõem um configurador *online* de produto; porém, além de resultar em desenhos CAD, ainda otimizam a estrutura do produto customizado por meio da Análise de Elementos Finitos (FEA). Ambas práticas são exemplificadas na customização de uma bicicleta. Jiao et al. (2007) propõem um método para facilitar o processo de customização do produto pelo cliente. Essa proposta é ilustrada na customização de um caminhão, em que o cliente utiliza o produto virtualmente por meio de técnicas realidade virtual (VR) e realidade aumentada (AR), tendo seus requisitos traduzidos em especificações do produto e modelados a partir da técnica de análise conjunta, e otimizados com a utilização de algoritmo genético. Chang e Tseng (2008) propõem uma prática para o projeto de produtos customizados em que os requisitos dos clientes são analisados por meio da técnica Fuzzy QFD e selecionados utilizando o algoritmo TOPSIS. Nordin et al. (2011) propõem a utilização de lógicas para a customização de superfícies de mesas. A partir das informações dimensionais do produto é utilizada a lógica do Diagrama de Voronoi para customizar a superfície do produto, e por meio de pesquisa operacional, propõem-se identificar o melhor arranjo em função do custo.

As demais propostas deste grupo possuem focos mais diversos. Helo et al. (2010) propõem uma estrutura para integrar os demais sistemas utilizados pela empresa, tais como a organização da BOM, produção, logística de fabricação e distribuição. Hemetsberger e Godula (2007) desenvolvem uma prática de suporte à decisão sobre as alternativas para integrar o cliente ao PDP para a customização do produto em razão da capacidade de transferência de conhecimento de cada alternativa. Chu et al. (2006) propõem um sistema de

[DF2] Comentário: 16

suporte ao fluxo de informações que contribui na definição da estratégia da cadeia de suprimentos. Por meio de um configurador tridimensional de produto, os setores da empresa envolvidos no desenvolvimento, bem como fornecedores, podem acessar o catálogo de componentes/produtos baseado em um sistema de visualização via *web*. Por meio da integração das informações dos sistemas CATIA®, PDM e da *Bill of Materials* (BOM) dos produtos pode-se acessar as informações e sua visualização por parte dos envolvidos no projeto.

As práticas deste grupo possuem em sua maioria um exemplo de aplicação (Figura 4.7). Entre estes casos, verifica-se uma maior frequência de aplicação no desenvolvimento de bens de consumo, muito em razão do maior contato com os clientes.

Setor	Aplicações
Bens de Capital	Torno CNC (64)
Bens Intermediários	Componentes eletrônicos (38)
Bens de Consumo	Interior do automóvel (16), Sofá (23), Cabine de caminhões (26; 58), Cálice de vinho (29), Quadro de bicicleta (51; 61), Mesa (82)

Figura 4.7 - Aplicações das práticas recomendadas para a Integração do Cliente ao PDP

Com relação as técnicas recomendadas pelas práticas deste grupo, não existe uma concentração em um tipo de técnica específica (Figura 4.8). Entre as técnicas analíticas, a utilização de técnicas propostas para captar e analisar dados de mercado, tais como pesquisa de mercado, *data mining* e *conjoint analysis* são recomendadas com maior frequência (JIAO et al. 2007; HELO et al. 2010). Entre as técnicas computacionais, se destacam as utilizadas para viabilizar a participação do cliente no projeto, desde o projeto por meio de sistemas CAD (CHU et al., 2006; NINAN; SIDDIQUE, 2006; GOLOGLU; MIZRAK, 2011), sua análise pelos Sistemas de Visualização (CHEN et al., 2001; NINAN; SIDDIQUE, 2006; JIAO et al., 2007) e a disponibilização do mecanismo pela internet, viabilizado pelas Linguagens e Protocolos aplicados à *web* (CHU et al., 2006; NINAN; SIDDIQUE, 2006).



<b>Técnicas Analíticas</b>	<b>Artigos</b>
Algoritmo para configuração	26
Análise da Árvore do Produto	58
Análise de Decisão Multicritério (TOPSIS-Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution, Fuzzy Analytic Hierarchy Process -FAHP)	23;64
Análise Fatorial	23
Avaliação por especialistas	26
Conjoint analysis	26;58
Data Mining	26;58
Design of Experiments (DOE)	26
Estrutura de suporte a decisão (framework)	38
Lógica fuzzy	29; 61
Lógica Voronoi Diagram	82
Otimização de Agrupamento	82
Pesquisa de Mercado (entrevistas, survey, clientes)	23;64
Pesquisa Operacional (programação linear)	82
QFD (Quality Function Deployment, Fuzzy QFD)	64
Redes Neurais	58
<b>Técnicas Computacionais</b>	<b>Artigo</b>
Sistemas CAD (Solid Works, CATIA, ANSYS, Pro Engineering)	16;51;61
Sistemas de Visualização (Virtual Reality Modeling Language-VRML, Virtual Reality-VR, Augmented Reality-AR, Digital Mock up)	26;29;51
Sistemas PDM (Product Data Management)	16
Linguagens e Protocolos aplicados à WEB (HyperText Markup Language- HTML, Active Server Pages-ASP, Http - Hipertext Transfer Protocol-HTTP)	16,51

Figura 4.8 - Técnicas recomendadas para a integração do cliente

### Projeto de manufatura

O terceiro agrupamento de práticas também é pouco frequente na literatura e possui somente três propostas, direcionadas às atividades contidas na fase de projeto detalhado do modelo referencial de PDP de Ulrich e Eppinger (2000). De forma genérica, essas práticas têm como característica comum contribuir para suportar definições relacionadas ao projeto de manufatura do produto customizado.

Tu et al. (2007) apresentam uma proposta para estimar o custo de manufatura do produto customizado, além de uma rotina para otimizá-lo durante o processo de customização. A partir da estrutura da família de produtos, incorpora variáveis relacionadas a processos de manufatura, logística e fornecedores para as opções do produto. A partir dessa análise são disponibilizadas duas estimativas de custo: de um produto derivado, quando é desenvolvido algum componente ou subsistema novo no produto, e de um produto padronizado, quando a configuração é realizada somente com componentes ou subsistemas padronizados. Xie et al. (2005) propõem um sistema para otimizar a produção de produtos personalizados. A partir de informações geométricas do produto contidas no CAD e informações de manufatura e recursos da empresa, é realizada uma simulação da produção em potenciais ambientes da fábrica indicando o roteiro de produção mais econômico para a peça. Xie (2006) desenvolve um sistema de informação via *web* para suportar o projeto de produtos customizados. São diversos módulos e ferramentas direcionados a auxiliar a tomada de decisão quanto a opções de manufatura, montagem e custos, além de gerenciamento do projeto.

Os casos em que foram aplicadas essas práticas têm por característica não possuir conexão direta com o mercado (Figura 4.9). Duas práticas são aplicadas em casos em uma mesma empresa em Christchurch, na Nova Zelândia (XIE et al., 2005; XIE, 2006). Assim como a proposta de Tu et al.(2007), aplicada na manufatura de um componente composto por uma chapa de aço dobrada e usinada, os casos ilustrados neste grupo tem como objetivo geral otimizar o processo de manufatura de produtos customizados, reduzindo os custos de produção resultantes da maior variedade de produtos.

Setor	Aplicações
Bens de Capital	Moldes de injeção (27;35)
Bens Intermediários	Componente em aço (19)

Figura 4.9 - Aplicações das práticas recomendadas para o Projeto de Manufatura

As técnicas de suporte às práticas direcionadas ao projeto de manufatura possuem um foco na integração entre os sistemas (XIE et al., 2005; XIE, 2006), baseados em linguagens acessíveis à intranet ou mesmo via *web*. Também é verificado nas propostas analisadas um direcionamento para a integração entre os *softwares* utilizados no projeto e de manufatura, para as definições relacionadas aos projetos customizados (Figura 4.10).

Técnica Analíticas	Artigos
Avaliação financeira	19;35
Programação dinâmica	19
Decisão Multicritério (Analytic Hierarchy Process-AHP)	19
Técnicas Computacionais	Artigo
Linguagens de programação (eXtensible Markup Language-XML; Java Programming Language)	27
Protocolo de comunicação (Common Object Request Broker Architecture-CORBA, Knowledge Query Manipulation Language- KQML)	27
Linguagens e Protocolos aplicados à WEB Http (Hypertext Transfer Protocol-HTTP)	35

Figura 4.10 - Técnicas recomendadas para o projeto de manufatura

## Planejamento do Projeto

As oito práticas contidas neste agrupamento têm por característica suportar atividades da fase de planejamento no modelo referencial de PDP proposto por Ulrich e Eppinger (2000). Nessa fase, as propostas contidas nesse agrupamento propõem identificar ou apoiar oportunidades de negócio; por esta razão, foram associadas com a atividade de identificação de oportunidades. Além disso, também se verificam práticas que contribuem para alocar recursos e cronograma de projeto, associadas à atividade de realização do plano do projeto.

Tang et al. (2005) apresentam uma estrutura em forma de árvore de decisão para o suporte à tomada de decisão, identificando pré-requisitos e facilitadores para o desenvolvimento de uma estratégia de customização ágil em uma empresa de manufatura. Deakins e Dillon (2012) desenvolvem uma proposta para avaliação oportunidades de negócio virtual para empresas baseadas na internet. Ye et al. (2009) desenvolvem uma prática para ser aplicada na realização de *benchmarking*, comparando o desempenho da família de produtos em relação à variedade e comunalidade de componentes. O resultado desta análise permite identificar oportunidades a

partir da comparação do desempenho de concorrentes em diferentes segmentos de mercado. Cheng e Wang (2008) desenvolvem uma proposta para agrupar e analisar pedidos históricos de compras, requisitos dos clientes e funcionais do produto, e os incorpora em uma previsão da avaliação destes requisitos por parte do mercado.

Karpowitz et al. (2008) desenvolvem um sistema com o objetivo de planejar e organizar o fluxo de atividades para a execução do projeto de desenvolvimento. A partir de uma programação em linguagem Java, o sistema facilita identificar os recursos necessários para o desenvolvimento, a execução do plano do projeto e a integração com os demais sistemas utilizados. Huang et al. (2008) propõem um sistema de gerenciamento do projeto direcionado a suportar o projeto de plataformas de produto. Por meio da linguagem ppXML (*Platform Product eXtensible Markup Language*) é proposto um sistema para *web* que incorpora diversas ferramentas para o desenvolvimento da plataforma, tais como gerenciamento do portfólio, produtos derivados e árvore do produto, como forma de suportar a equipe de projeto a planejar e gerenciar a execução do projeto da família de produtos. Huang et al. (2007) propõem um portal de informações para o suporte à coordenação e fluxo de informações para o projeto de plataformas de produto. Johnson e Kirchain (2011) desenvolvem uma estrutura estimar os custos do projeto da família de produto. Por meio de uma avaliação financeira composta por quatro custos relacionados ao trabalho empregado no projeto, equipamentos utilizados no desenvolvimento, *softwares* utilizados e supervisão do projeto identifica-se a parcela do custo de desenvolvimento de cada variante derivada da família de produtos. As propostas desse grupo possuem suas proposições aplicadas em produtos de bens de consumo e bens intermediários (Figura 4.11).

[DF3] Comentário: Plan projeto (52)

Setor	Aplicações
Bens de Consumo	Bicicleta elétrica (45), Famílias de ferramentas manuais (De Walt, Black & Decker, Skil, Delta) (48)
Bens Intermediários	Componente em aço (47), redutor (53), Painel de instrumentos (cockpit) (79), Chassis de automóvel (79)

Figura 4.11 - Aplicações das práticas recomendadas para o Planejamento do Projeto

As técnicas utilizadas pelas propostas nesse agrupamento são reduzidas, estando focadas na análise dos recursos necessários ao desenvolvimento do produto. Karpowitz et al. (2008) e Huang et al. (2008) desenvolvem sistemas para o gerenciamento do projeto, sendo que as técnicas sugeridas estão associadas à linguagem de programação utilizada no desenvolvimento do sistema proposto. A proposta de Johnson e Kirchain (2011) utiliza técnicas de análise financeira para atribuir os custos relacionados ao desenvolvimento da família de produto. Como forma de viabilizar esses sistemas para o planejamento do projeto, se verifica uma recomendação à linguagens de programação XML (HUANG et al., 2007; HUANG et al., 200) e Java Programming Language (KARPOWITZ et al., 200) (Figura 4.12).

<b>Técnica Analíticas</b>	<b>Artigos</b>
Avaliação financeira	79
Análise de cluster (Cluster, Fuzzy clustering algorithm)	45
Análise de consistência	45
Análise de decisão multi critério	48
Analytic Hierarchy Process (AHP)	45
Estrutura de suporte a decisão (framework)	22
Indicador de variedade	48
Indicador de comunalidade	48
Previsão de Demanda	45
<b>Técnicas Computacionais</b>	<b>Artigo</b>
Linguagens de programação (Platform Product eXtensible Markup Language-ppXML, eXtensible Markup Language-XML, Java Programming Language)	47; 52;53
Protocolo de comunicação (Simple Object Access Protocol – SOAP)	52

Figura 4.12 - Técnicas recomendadas para o planejamento do projeto

### 4.3.3 Oportunidades de pesquisa

A partir da análise bibliográfica e das práticas foi possível identificar algumas lacunas de pesquisa não satisfatoriamente preenchidas pelos trabalhos analisados.

#### *Práticas relacionadas à segmentação de mercado*

A estratégia de CM é mencionada como uma alternativa diante da tendência de aumento da diversidade das necessidades dos clientes (PINE II, 1993; HART, 1995; KOTHA, 1995). Para tanto, autores defendem uma personalização do produto, tratando a necessidade individual do cliente (KUMAR, 2007; TSENG et al., 2010). Diante da dificuldade de operacionalizar a produção de itens individuais em determinados setores industriais, a utilização de práticas para pesquisa de mercado, análise de dados, identificação de segmentos de mercado e previsão de tendências de valorização de requisitos associados ao produto se apresenta como uma oportunidade de pesquisa. Apesar de existirem publicações associadas ao tema, essas ainda não abordam o problema sob a ótica da Customização em Massa, não apresentando uma relação direta entre os requisitos dos segmentos de mercado e sua tradução na construção da plataforma e módulos dos produtos. Trabalhos que associem práticas ao PDP referencial tendem a ter sua aplicabilidade facilitada, visto que se aproximam do processo de desenvolvimento, aumentando sua aderência à realidade das empresas.

#### *Desenvolvimento de PDP orientado a CM*

Apesar de a estratégia de CM ser frequentemente aplicada por empresas fabricantes de bens de consumo e os métodos de desenvolvimento de produto disponíveis na literatura serem apropriados para este tipo de produto (ULRICH; EPPINGER, 2000; ROZENFELD et al., 2006. PAHL; BEITZ, 1996), não se verifica uma aderência entre estes métodos e a estratégia de CM. Na CM, o desenvolvimento de produto costuma ser tratado em um âmbito de família de produtos (MEYER e LEHNERD, 1997), com um maior enfoque no desenvolvimento da arquitetura de produto modular e a comunalidade de componentes (GILMORE; PINE II,

1997; JOSE e TOLLENAERE, 2005) além de uma eficiente integração do cliente durante o desenvolvimento do produto (DURAY et al., 2000, PILLER, 2004). Em razão destas características, verifica-se uma necessidade de adaptação dos modelos de desenvolvimento de produto para sua efetiva incorporação.

#### *Organização de práticas de PDP e sistematização do processo de seleção*

Verifica-se com frequência na literatura a publicação de práticas de PDP com capacidade de promover a estratégia de CM. Neste artigo, entre as 80 publicações selecionadas, 38 continham a proposição de uma prática. Além das publicações analisadas, alguns autores propõem reunir algumas destas práticas dispersas na literatura. Dhamus et al. (2001) identificam alternativas de métodos para o desenvolvimento de arquitetura modular de produtos. Em uma revisão de literatura, Simpson (2004) identifica e classifica 34 práticas para a otimização do projeto da família de produto. Diversos autores apresentam uma revisão sobre métodos para o desenvolvimento de arquitetura modular e plataforma de produto (GERSHENSON et al., 2004; JOSE; TOLLENAERE, 20; SIMPSON et al., 2006; JIAO et al., 2007). Em publicações mais direcionadas a CM, como Fogliatto e Da Silveira (2011), também são apresentadas práticas aplicáveis ao PDP, como Ben Arie (2011) e Chowdhury e Siddique (2011), que também focam no projeto e otimização da plataforma de produto.

Apesar desses trabalhos identificarem diversas alternativas para o direcionamento do PDP aos benefícios da CM estas ainda estão restritas ao projeto da plataforma e família de produto. Outra necessidade ainda reside na seleção de quais práticas devem ser aplicadas ao PDP das empresas. Existem diferentes níveis de CM adotados pelas empresas, que costumam seguir uma lógica de postergação da produção. Em um nível mais alto, pode-se incorporar a participação do cliente desde a concepção do produto, em que o cliente altera a estrutura do projeto criando um novo produto para a empresa e para o cliente. No outro extremo, a empresa produz produtos padronizados e o cliente é integrado ao final do processo, selecionando alternativas de distribuição do produto (YANG; BURNS, 2003; YANG et al., 2004). De acordo com o nível de customização adotado pela empresa, o PDP deve estar direcionado às fases específicas do desenvolvimento de produto. Empresas que atuam em níveis mais altos de customização interagem mais com clientes durante o desenvolvimento, por essa razão necessitam mais de práticas com esta finalidade. Em outro contexto, produtos mais padronizados com níveis inferiores de customização, é esperado um maior direcionamento para a otimização do produto e do processo, com a adoção de práticas orientadas para estas finalidades. Em razão dessas diferenças, o desenvolvimento de uma proposta para a seleção de práticas de PDP orientadas a CM baseado em níveis de customização pode contribuir para a maior adoção das mesmas nas empresas.

#### 4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desse artigo foi realizar uma revisão de literatura sobre métodos, ferramentas, e técnicas aplicáveis ao PDP orientadas a promoção da CM e identificar, de acordo com seu objetivo, sua aplicação no PDP. Uma revisão sistemática na literatura identificou 39 métodos e ferramentas e 67 diferentes técnicas recomendadas à promoção da CM por meio do PDP. Esses métodos e ferramentas disponíveis na literatura possuem ampla aplicação nos projetos de desenvolvimento, sendo recomendada sua aplicação desde atividades iniciais do processo, tais como identificação e análise de oportunidades até atividades relacionadas à comercialização do produto, com a recomendação do configurador do produto para a realização da customização pelo cliente.

A diversidade dessas propostas, assim como a dificuldade de assimilação da linguagem utilizada dificulta sua aplicação na realidade dos projetos de desenvolvimento das empresas. Nesse sentido, este trabalho contribui para identificar as características dessas propostas, agrupá-las por similaridade de aplicação no projeto do produto, além de localizar sua utilização no processo de desenvolvimento. A partir da análise desses métodos e ferramentas de PDP foi identificado que o estudo sobre a operacionalização da segmentação de mercado, assim como o desenvolvimento de um processo de desenvolvimento orientado à CM, além da sistematização do processo de seleção desses métodos e ferramentas pode contribuir para a sua implementação na realidade das empresas.

#### REFERÊNCIAS

- AFZAL, W.; TORKAR, R. On the application of genetic programming for software engineering predictive modeling: A systematic review, *Expert Systems with Applications*, v.38, n.9, September 2011, p.11984-11997.
- ALEXANDER, Christopher, Notes on the Synthesis of Form, Cambridge: Harvard University Press, 1964.
- ALVES, V.; NIU, N.; ALVES, C.; VALENÇA, G. Requirements engineering for software product lines: A systematic literature review, *Information and Software Technology*, v.52, n.8, August 2010, p.806-820.
- BACK, Nelson; OGLIARI, André; DIAS, Acides; DA SILVA, Jonny Carlos. Projeto Integrado de Produtos: planejamento, concepção e modelagem. São Paulo: Manole, 2008.
- BARE, Marshall, COX, Jordan J. Applying principles of mass customization to improve the empirical product development process. *Journal of Intelligent Manufacturing*, v.19, n.5, p.556-576, October 2008.
- BEN-ARIEH, David. The Platform Formation Problem. In. FOGLIATTO, Flávio S.; Da SILVEIRA, Giovanni J.C. *Mass Customization: Engineering and Managing Global Operations*. London: Springer Verlag London, 2011.
- BERTO, R.M.V.S.; NAKANO, D.N. A produção científica nos anais do encontro nacional de engenharia de produção: um levantamento de métodos e tipos de pesquisa. *Produção* [online], v.9, n.2, 1999, p. 65-75.
- BRERETON, O.P.; KITCHENHAM, B.A.; BUDGEN, D.; TURNER, M.; KHALIL, M. Lessons from applying the systematic literature review process within the software engineering domain, *Journal of Systems and Software*, v.80, n.4, April 2007, p.571-583.
- CHANG, Shu-Hsuan; TSENG, Hwai-En. Fuzzy Topsis Decision Method for Configuration Management. *International Journal of Industrial Engineering-Theory Applications and Practice*, v.15, n.3, p.304-313, 2008.

- CHEN, C.; WANG, L. Integrating rough set clustering and grey model to analyse dynamic customer requirements. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B-Journal of Engineering Manufacture*.v.222, n.2, February, p.319-332, 2008.
- CHEN, Y.H.; WANG, Y.Z.; WONG, M.H. A web-based fuzzy mass customization system. *Journal of Manufacturing Systems*, v.20, n.4, p.280-287, 2001.
- CHOWDHURY, Sagar; SIDDIQUE, Zahed. Shape Commonalization to Develop Common Platforms for Mass Customization. In. FOGLIATTO, Flávio S.; Da SILVEIRA, Giovani J.C. *Mass Customization: Engineering and Managing Global Operations*. London: Springer Verlag London, 2011.
- CHU, Chih-Hsing Chu; CHENG, Ching-Yi; WU, Che-Wen. Applications of the Web-based collaborative visualization in distributed product development. *Computers in Industry*, v.57, n.3, april, p.272-282, 2006.
- CLARK, K.B.; FUJIMOTO, T. *Product development performance: strategy, organization, management in the world auto industry*. Boston: Harvard Business School Press, 1991.
- DA SILVEIRA, G.J.; BORENSTEIN, D.; FOGLIATTO, F. S. Mass customization: Literature review and research directions. *International Journal of Production Economics*, v.72, p.1-13, 2001.
- DAHMS, Jeffrey B.; GONZALEZ-ZUGASTI, Javier P.; OTTO, Kevin, N. Modular product architecture. *Design Studies*, v.22, n.5, September, p.409-424, 2001.
- DAYCHOUW, M. *40 ferramentas e técnicas de gerenciamento*. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2007.
- DEAKINS, Eric; DILLON, Stuart. A helical model for managing innovative product and service initiatives in volatile commercial environments. *International Journal of Project Management*, v.23, n.1, p.65-74, January 2012.
- DHAMUS, Jeffrey B.; GONZALEZ-ZUGASTI, Javier P.; OTTO, Kevin N. Modular Product Architecture. *Design Studies*, v.22, n.5, September, p.409-424, 2001.
- DU, Xuehong H.; JIAO, Jianxing X.; TSENG, Mitchell M. Architecture of product family: Fundamentals and methodology. *Concurrent Engineering-Research and Applications*, v.9, n.4, December, p.309-325, 2001
- DURAY, R.; WARD, P.T.; MULLIGAN, G.W.; BERRY, W.L. Approaches to mass customization: configurations and empirical validation. *Journal of Operations Management*, v.18, p.605-625, 2000.
- EPPINGER, Steven D.; WHITNEY, Daniel E.; SMITH, Robert P. GEBALA, David A. A model-based method for organizing tasks in product development. *Research in Engineering Design*, v.6, n.1, p. 1-13, 1994.
- ERICSSON, A.; ERIXON, G. *Controlling Design Variants: Modular Product Platforms*, ASME Press, Dearborn, MI, 1999.
- FLYNN, B.B.; SAKAKIBARA,S.; SCHROEDER, R. G.; BATES, K.A.; FLYNN, E.J. Empirical research methods in operations management, *Journal of Operations Management*, v.9, n.2, April 1990, p.250-284.
- FOGLIATTO, Flávio S.; Da SILVEIRA, Giovani J.C. *Mass Customization: Engineering and Managing Global Operations*. London: Springer Verlag London, 2011.
- FOGLIATTO, Flávio S.; DA SILVEIRA, Giovani J.C.; BORENSTEIN, Denis The mass customization decade: An updated review of the literature. *International Journal of Production Economics*, v.138, n. 1, July, p.14-25, 2012.
- FOGLIATTO, Flávio S.; DA SILVEIRA, Giovani, J.C.; BORENSTEIN, Denis. The mass customization decade: an updated review of the literature. *International Journal of Production Economics*, v.138, n.1, july, p.14-25, 2012.
- FUNG, Richard Y.K.; CHONG, Steven P.Y.; WANG, Yi. A framework of product styling platform approach: Styling as intangible modules. *Concurrent Engineering-Research and Applications*. V.12, n.2, June, p.89-103, 2004.
- GERSHENSON, J. K.; PRASAD, G. J.; ZHANG, Y.. Product modularity: measures and design methods. *Journal of Engineering Design*, v.15, n.1, p.33-51, 2004
- GERSHENSON, J.K.; PRASAD, G.J.; ZHANG, Y. Product Modularity: measures and design methods. *Journal of Engineering Design*, v.15, n.1, February, p.33-51, 2004.
- GILMORE, J. H.; PINE II, J. B. The four faces of mass customization. *Harvard Business Review*, January-February, p.90-102, 1997.

GOLOGLU, Cevdet; MIZRAK, Cihan. An integrated fuzzy logic approach to customer-oriented product design. *Journal of Engineering Design*, v.22, n.2, February, p.113-127, 2011.

GRIFFIN, Abbie. PDMA Research on New Product Development Practices: Updating Trends and Benchmarking Best Practices. *Journal of Product Innovation Management*, v.14, n.6, November, p.429-458, 1997.

HELO, P. T.; XU, Q. L.; KYLLONEN, S. J.; JIAO, R. J. Integrated Vehicle Configuration System-Connecting the domains of mass customization, *Computers in Industry*, v.61, n.1, January, p.44-52, 2010.

HEMETSBERGER, Andrea; GODULA, Georg. Virtual customer integration in new product development in industrial markets: The QLL framework. *Journal of Business-to-Business Marketing*, v.14, n.2, p.1-40, 2007.

HUANG, George Q.; LI, Li; CHEN, X. ppXML: A generic and extensible language for lifecycle modelling of platform products, *Computers in Industry*, v.59, n.2-3, March, p.219-230, 2008.

HUANG, George Q.; LI, Li; LAU, T. L.; CHEN, X. A generic and extensible information infrastructure framework for mass-customizing platform products, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, v.20, n.2-3, March-May, p.292-306, 2007.

HUANG, George.; BIN, S.; HALEVI, G. Product platform identification and development for mass customization. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, v.52, n.1, p.117-120, 2003.

JIAO, J.R.; SIMPSON, T.W.; SIDDIQUE, Z. Product family design and platform-based product development: a state-of-art review. *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol 18, p.5-29, 2007.

JIAO, Jianxing R. J.; XU, Qianli; DU, Jun; ZHANG, Yiyang; HELANDER, Martin; KHALID, Halimahtun M.; HELO, Petri; NI, Cheng. Analytical affective design with ambient intelligence for mass customization and personalization. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, v.19, n.4, p.570-595, 2007.

JIAO, Jianxing R. X; TSENG, Mitchell M.; DUFFY, V.G.; LIN, F.H. Product family modeling for mass customization, *Computers & Industrial Engineering*, v.35, n.3-4, p.495-498, 1998.

JIAO, Jianxing Roger; TSENG, Mitchell M. A methodology of developing product family architecture for mass customization, *Journal of Intelligent Manufacturing*, v.10, n.1, March 1999, p.3-20.

JIAO, Jianxing. R.; HELANDER, M.G. Development of an electronic configure-to-order platform for customized product development, *Computers in Industry*, v.57, n.3, April 2006, p.231-244.

JOHNSON, Michael D.; KIRCHAIN, Randolph E. The importance of product development cycle time and cost in the development of product families. *Journal of Engineering Design*, v.16, n.3, p.371-390, 2005.

JOHNSON, Michael DeShawn; KIRCHAIN, Randolph. Developing and Assessing Commonality Metrics for Product Families: A Process-Based Cost-Modeling Approach. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.57, n.4, November, p.634-648, 2010.

JOSE, Alberto; TOLLENAERE, Michel. Modular and platform methods for product family design: literature analysis, *Journal of Intelligent Manufacturing*, v.16, n.3, p.371-390, June 2005.

KAHN, Kenneth B.; BARZAK, Gloria; NICHOLAS, John; LEDWITH, Ann; PERKS, Helen. An Examination of New Product Development Best Practice. *Journal of Product Innovation Management*, v.29, n.2, p.180-192, 2012.

KAPLAN, A. M.; HAENLEIN, M. Toward a Parsimonious Definition of Traditional and Electronic Mass Customization. *Journal of Product Innovation Management*, v.23, n.2 March 2006, p.168-182.

KARPOWITZ, Daniel J.; COX, Jordan J.; HUMPHERYS, Jeffrey C.; WARNICK, Sean C. A dynamic workflow framework for mass customization using web service and autonomous agent techniques. *Journal of Intelligent Manufacturing*, v.19, n.5, October, p.537-552, 2008.

KITCHENHAM, B. *Procedure for Undertaking Systematic Reviews*, Joint Technical Report Computer Science Department, Keele University (TR/SE-0401) and National ICT Australia Ltd. (040001IT.1), 2004.

KITCHENHAM, B.; BRERETON, O.P.; BUDGEN, D.; TURNER, M.; BAILEY, J.; LINKMAN, S. Systematic literature reviews in software engineering – A systematic literature review, *Information and Software Technology*, v.51, n.1, January 2009, p.7-15.

KONG, F. B.; MING, X. G.; WANG, L.; WANG, X. H.; WANG, P. P. On Modular Products Development. *Concurrent Engineering-Research and Applications*, v.17, n.4, December, p.291-300, 2009.



- KUMAR, Ashok. From mass customization to mass personalization: a strategic transformation. *International Journal Of Flexible Manufacturing Systems*, v.19, n.4, p.533-547, 2007.
- KUSIAK, A.; CHOW, W. S. (1987) Efficient solving of the group technology problem. *Journal of Manufacturing Systems*, v.6, n.2, p.117-124, 1987.
- LEE, W.B.; LAU, Henry.; LIU, Zhuo-zhi; TAM, Samson. A fuzzy analytic hierarchy process approach in modular product design. *Expert Systems*, v.18, n.1, February 2001, p.32-42.
- LI, S.Q.; XIE, X.; XU, X. Recent development of knowledge-based systems, methods and tools for One-of-a-Kind Production. *Knowledge-Based Systems*, v.24, n.7, October, p.1108-1119, 2011,.
- LI, Yanfeng; CHANG, Xiaomeng; TERPENNY, Janis P.; GILBERT, Tracee. Ontology-Based Multiplatform Identification Method. *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, v.10, n.3, September, p.031011-10, 2010.
- LIETCHY, J.; RAMASWAMY, V.; COHEN, S. H. Choice menus for mass customization: An experimental approach for analyzing customer demand with an application to a web-based information service. *Journal of Marketing Research*, 38, May 2001. 183-196.
- LIU, Zhuo; WONG, Yoke San; LEE, Kim Seng. Modularity analysis and commonality design: a framework for the top-down platform and product family design. *International Journal of Production Research*, v.48, n.12, June, p.3657-3680, 2010.
- MA, Min-Yuan; CHEN, Cheih-Ying; WU, Fong-Gong. A design decision-making support model for customized product color combination. *Computers in Industry*, v.58, n.6, August, p. 504-518, 2007.
- MA, Yongsheng; JIAO, Jianxin Roger; DENG, Yimin. Web Service-oriented Electronic Catalogs for Product Customization. *Concurrent Engineering*, v.16, n. 4, , p.263-270, December 2008
- MAGAREY, J.M. Elements of a systematic review. *International Journal of Nursing Practice*, v.7, n.6, 2001, p.376-382.
- MCADAMS, Daniel A.; STONE, Robert B.; WOOD, Kristin L. Functional Interdependence and Product Similarity Based on Customer Needs. *Research in Engineering Design*, v.11, n.1, p.1-19, 1999.
- MEEHAN, J. S.; DUFFY, A. H. B.; WHITFIELD, R. I. Supporting 'design for re-use' with modular design. *Concurrent Engineering-Research and Applications*, v.15, n.2, June, p.141-155, 2007.
- MEYER, M.H.; LEHNERD, A.P. *The power of product platforms: building value and cost leadership*. New York: Free Press, 1997.
- MILLIGAN, Glenn, W.; COOPER, Martha. A Study of de Comparability of External Criteria for Hierarchical Cluster Analysis. *Multivariate Behavioral Research*, v.21, n.4, 1986.
- MING, X. G.; YAN, J. Q.; LU, W. F.; MA, D. Z.; SONG, B. Mass production of tooling product families via modular feature-based design to manufacturing collaboration in PLM. *Journal of Intelligent Manufacturing*, v.18, n.1, February 2007, p.185-195
- MITCHAM, C. *Thinking through technology: the path between engineering and philosophy*. Chicago: University of Chicago Press, 1994.
- NEPAL, Bimal; MONPLAISIR, Leslie; FAMUYIWA, Oluwafemi. Matching product architecture with supply chain design. *European Journal of Operational Research*, v.216, n.2, January, p.312-325, 2012.
- NINAN, Jiju A.; SIDDIQUE, Zahed. Internet-based framework to support integration of customer in the design of customizable products. *Concurrent Engineering-Research and Applications*, v.14, n.3, September, p.245-256, 2006.
- NORDIN, Axel; HOPF, Andreas; MOTTE, Damien; BJARNEMO, Robert; ECKHARDT, Claus-Christian. An Approach to Constraint-Based and Mass-Customizable Product Design. *Journal of Computing and Information Science in Engineering*. v.11, March, p.011006-7, 2011.
- PAHL, G.; BEITZ, W. *Engineering Design – a systematic approach*. Translated by Ken Wallace and Lucienne Blessing. Berlin: Springer, 1996.
- PANNIRSELVAM, G.P.; FERGUSON, L.A.; ASH, R. C. SIFERD, S.P. Operations management research: an update for the 1990s. *Journal of Operations Management*, v.18, n.1, December 1999, p.95-112.

- PILLER, F. Mass Customization: Reflections on the State of the Concept. *The International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, v. 16, p. 313–334, 2004.
- PILLER, F.T. Mass customization: reflections on the state of the concept. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 16, n. 4, p. 313-334, October 2004.
- PILLER, Frank T. Observations on the present and future of mass customization. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*. v.19, n.4, December, p.630-636, 2007.
- PILLER, Frank T.; MOESLEIN, Kathrin; STOKO, Christof M. Does mass customization pay? An economic approach to evaluate customer integration. *Production Planning & Control*, v.15, n.4, June, p.435-444, 2004.
- PIMMLER, T. U.; EPPINGER, S. D. Integration analysis of product decompositions, in *Proceedings of the ASME Design Theory and Methodology Conference*, DE-Vol. 68, p.343-351, 1994.
- PINE II, B. Joseph. *Mass Customization: the new frontier in business competition*. Boston: Harvard Business School Press, 1993.
- QU, T.; BIN, S.; HUANG, George Q.; YANG, H. D. Two-stage product platform development for mass customisation. *International Journal of Production Research*, v.49, n.8, April, p.2197-2219, 2011.
- RO, Young, K.; LIKER, Jeffrey K.; FIXSON, Sebastian K. IEEE Transactions on Engineering Management, v.54, n.1, February, p.172-189, 2007.
- ROOZENBURG, N. F. M., EEKELS, J. *Product Design: Fundamental and Methods*. Chichester: John Wiley & Sons, 1995.
- ROZENFELD, Henrique; FORCELLINI, Fernando A.; AMARAL, Daniel C.; TOLEDO, José C.; SILVA, Sérgio L.; ALLIPRANDINI, Dario H.; SCALICE, Regis K. *Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo*. São Paulo: Saraiva, 2006.
- SAATY, T. L. *The Analytic Hierarchy Process*, New York: McGraw-Hill, 1991.
- SALVADOR, F.; FORZA, C.; RUNGTUSANATHAM, M. Modularity, product variety, production volume, and component sourcing: theorizing beyond generic prescriptions. *Journal of Operations Management*, v.20, n.5, p.549-575, September 2002.
- SIMPSON, T.W. Product platform design and customization: status and promise. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, v.18, p.3-20, 2004.
- SIMPSON, Timothy W. Product platform design and customization: status and promise. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, v.18, n.1, February, p.3-20, 2004.
- SIMPSON, Timothy W., MARION, Tucker, de WECK, Oliver, HÖLTTÄ-OTTO, Katja, KOKKOLARAS, MICHAEL; SHOOTER, Steven. B. Platform-based design and development: Current trends and needs in industry. *Proceedings of the ASME International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference* September 10 - 13, Philadelphia, USA, 2006. <http://dx.doi.org/10.1007/s001630100002>
- SIMPSON, Timothy W.; SIDDIQUE, Zahed; JIAO, Jianxin Roger. *Product Platform and Product Family Design: methods and applications*, New York: Springer Verlag, 2006.
- STEWART, D.V. The Design Structure System: a method for managing the design of complex systems, *IEEE Transactions: Engineering Management*, v.28, n.3, p.71–74, 1981
- STONE, R. B. *Towards a Theory of Modular Design*. Doctoral Thesis, The University of Texas at Austin, 1997.
- STONE, Robert B.; WOOD, Kristin L. Crawford, Richard H. A heuristic method for identifying modules for product architectures, *Design Studies*, v.21, n.1, January, p. 5-31, 2000.
- TANG, ZJ; CHEN, RQ; JI, XH. Operational tactics and tenets of a new manufacturing paradigm 'instant customerisation'. *International Journal of Production Research*, v.43, n.14, July, p.2873-2894, 2005.
- TINSLEY, Howard E. A.; BROWN, Steven, D. *Handbook of Applied Multivariate Statistics and Mathematical Modeling*. San Diego: Academic Press, 2000.
- TRAPPEY, A.J.C.; HSHIAO, D.W. Applying collaborative design and modularized assembly for automotive ODM supply chain integration, *Computers in Industry*, v.59, n.2–3, March 2008, p. 277-287.

- TSENG, Mitchell. M.; JIAO, R.J.; WANG, C. Design for mass personalization. *Cirp Annals – Manufacturing Technology*, v.59, n.1, p.175-178, 2010.
- TU, Y. L.; XIE, S. Q.; FUNG, RICHARD Y. K. Product development cost estimation in mass customization. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.54, n.1, February, p.29-40, 2007.
- TU, Y.L.; KAM, J.J. Manufacturing network for rapid tool/die making. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, v.19, n.1, January-February, p.79-89, 2006.
- ULRICH, Karl T.; EPPINGER, Steven D. *Product Design and Development*, 2<sup>ed</sup>, Boston: McGraw Hill, 2000.
- VOSS, Christopher A.; HSUAN, Juliana. Service Architecture and Modularity. *Decision Sciences*, v.40, n.3, p.541-569, 2009.
- XIE, S.Q. A decision support system for rapid one-of-a-kind product development. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v.28, n.7-8, p.643-652, 2006.
- XIE, S.Q.; XU, X.; TU, Y.L. A reconfigurable platform in support of one-of-a-kind product development. *International Journal of Production Research*, v.43, n.9, may p.1889-1910, 2005.
- XU, Q. L.; ONG, S. K.; NEE, A. Y. C. Evaluation of product performance in product family design re-use. *International Journal of Production Research*, v.45, n.18-19, October, 4119-4141, 2007.
- YANG, B.; BURNS, N.D. Implications of postponement for the supply chain. *International Journal of Production Research*, v.41, n.9, p.2075-2790, 2003.
- YANG, B.; BURNS, N.D.; BACKHOUSE, C.J. Postponement: a review and an integrated framework. *International Journal of Operations & Production Management*, v.24, n.5, p.468-487, 2004.
- YANG, Biao; BURNS, Neil, D.; BACKHOUSE, Chris, J. Postponement: a review and an integrated framework. *International Journal of Operations & Production Management*, v.24, n.5, p.468-487, 2005.
- YANG, Y.; ZHANG, X.; LIU, F.; XIE, Q. An internet-based product customization system for CIM, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, v.21, i.2, April 2005, p.109-118.
- YE, Xiaoli; THEVENOT, Henri J.; ALIZON, Fabrice; GERSHENSON, John K.; KHADKE, Kiran; SIMPSON, Timothy W.; SHOOTER, Steven B. Using product family evaluation graphs in product family design. *International Journal of Production Research*, v.47, n.13, July, p.3559-3585, 2009.

## 5 SELEÇÃO DE PRÁTICAS DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO ORIENTADO À CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA

Diego de Castro Fettermann  
Márcia Elisa Soares Echeveste

### Resumo

*O emprego de práticas de Customização em Massa (CM) no Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) consiste em uma alternativa para a promoção da estratégia de CM nas empresas. A partir disto, este artigo tem por objetivo identificar e selecionar práticas associadas ao PDP orientado à CM. Para tanto, foi desenvolvido um protocolo de suporte a decisão para identificar, de acordo com as características do projeto, as práticas mais indicadas para a configuração do PDP selecionado. O protocolo é aplicado no projeto de desenvolvimento de balcões de atendimento de uma empresa de varejo. Os resultados indicam a capacidade do protocolo em selecionar práticas de CM aplicáveis ao PDP adaptadas às características e ao nível de customização selecionado para o projeto de desenvolvimento.*

### 5.1 INTRODUÇÃO

Desde a *Ford Company* e a produção do modelo ‘T’, que segundo Henry Ford poderia ser customizado em qualquer cor desde que fosse preta, verifica-se um crescente aumento na variedade de produtos. Atualmente, a mesma Ford oferece no mercado americano o *Fiesta hatchback* que entre alternativas de versões, câmbio, acabamentos e acessórios permite atingir mais de 4000 diferentes variantes em um mesmo produto ([www.ford.com](http://www.ford.com)). Este volume pode atingir a soma de 3.8 milhões de alternativas se estendida para os demais produtos da empresa (SIMPSON et al., 2006). O crescimento na variedade de produtos é resultado da necessidade de aumento da satisfação do cliente diante de um mercado cada vez mais saturado (SIMONSON, 2005).

Uma alternativa para este cenário é a estratégia de Customização em Massa (CM), que consiste na habilidade em se produzir produtos e serviços customizados por meio de processos de fabricação adaptados para produzir grande variedade de produtos rapidamente e a um baixo custo (PINE II, 1993). A literatura e a prática indicam que o desenvolvimento da CM acontece principalmente por meio do emprego de tecnologias de manufatura, que são direcionadas para se reduzir a perda de eficiência decorrente da maior variedade de produtos (KOTHA, 1995; DA SILVEIRA et al., 2001, FRANKE; PILLER, 2003; PILLER, 2004). Juntamente com uma manufatura apropriada, o projeto do produto também deve ser adaptado como forma de viabilizar a CM. Com este objetivo, recomenda-se a incorporação de métodos e ferramentas ao Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) (SALVADOR et al., 2002,

GILMORE; PINE II, 1997; JOSE; TOLLEANARE, 2005). Um método consiste em um modo específico para resolver um problema (ROOZENBURG; EEKELS, 1995; ROZENFELD et al., 2006). Uma ferramenta consiste em um instrumento físico ou intelectual utilizado na execução de uma atividade (ROZENFELD et al., 2006; DAYCHOUW, 2007). Em razão da sobreposição existente entre os conceitos de método e ferramenta e seguindo denominação da literatura (GRIFFIN, 1997), neste trabalho utiliza-se o termo 'prática' para denominar métodos e ferramentas.

De forma geral, PDP consiste no conjunto de atividades, que incorporam desde a percepção da oportunidade de mercado até a distribuição do produto (ULRICH; EPPINGER, 2000). Esse processo realiza, desde a análise das restrições tecnológicas e estratégicas até as especificações finais do produto e da manufatura, compreendendo todas atividades que viabilizam a sua comercialização (ROZENFELD et al., 2006). Como forma de estabelecer uma estrutura de atividades para o projeto de produto orientado a CM, foi desenvolvida a abordagem denominada de *Design for Mass Customization* (DFMC) (TSENG; JIAO, 1996, 1998a, 1998b, 2001; JIAO; TSENG, 2000; JIAO et al.; 2003; MARION et al., 2006). O projeto de produto orientado à CM possui o objetivo de ampliar o desenvolvimento de um produto único para uma família de produtos (JIAO et al.; 2003), atingindo maior comunalidade de subsistemas e componentes (MEYER; LEHNERD, 1997), além de uma eficiente participação do cliente no processo de desenvolvimento (DURAY et al., 2000; PILLER, 2004). Apesar disso, o foco do DFMC ainda permanece concentrado na aplicação de práticas de suporte ou execução de atividades direcionadas ao projeto de arquitetura modular do produto (TSENG; JIAO, 1996, 1998a, 1998b; TSENG; DU, 1998; JIAO; TSENG, 2000; JIAO et al.; 2003).

Com uma abrangência mais limitada que o DFMC e as demais propostas para a estruturação do PDP orientado a CM, as práticas de PDP têm por característica suportar ou executar atividades no desenvolvimento do produto. A utilização de práticas de PDP propõe uma melhoria incremental do PDP mantendo a sua estrutura geral de macro atividades. No caso de práticas de PDP orientadas à CM, recomenda-se seu emprego para direcionar o processo de desenvolvimento e atender a uma maior variedade de produtos com uma manutenção das economias de escala. As práticas de PDP orientadas a promoção da CM possuem foco diversificado, sendo recomendadas para diversas atividades do PDP. Sua recomendação acontece desde as atividades iniciais do PDP, como análise das oportunidades de negócio (TANG et al., 2005), até as atividades finais, como desenvolver o plano de vendas para o produto customizado (JIAO et al., 2007). Apesar das práticas serem recomendadas para todo o PDP, verifica-se uma concentração para as atividades relacionadas ao projeto da arquitetura de produto (SALVADOR et al., 2002, JOSE; TOLLEANARE, 2005). Ainda nesse tema, também são frequentes práticas com propostas de indicadores de comunalidade de componentes (VOSS; HSUAN, 2009, JOHNSON; KIRCHAIN, 2010) e com a utilização de

algoritmos genéticos para a otimização dessa comunalidade (MEEHAN et al.,2007; LIU et al.; 2010; QU et al.,2011). Além das atividades relacionadas à arquitetura do produto, verificam-se práticas de PDP direcionadas a diversas outras atividades, tais como sistematização do projeto do produto orientado a CM (KARPOWITZ et al., 2008; HUANG et al., 2008), sistemas para otimizar o custo do produto customizado (TU et al.,2007), até o desenvolvimento de mecanismos de vendas para produtos customizados (MA et al., 2007; GOLOGLU; MIZRAK, 2011).

Mesmo com a grande quantidade e variedade de práticas direcionadas a CM na literatura (SMITH et al., 2012), verifica-se uma necessidade de estudos sobre a implementação da CM na realidade das empresas (FOGLIATTO et al., 2003; MACARTHY, 2004; FOGLIATTO et al., 2012). Os problemas de implementação podem ser explicados pela dificuldade em aplicar estas práticas na realidade do desenvolvimento de produto das empresas (KAHN et al., 2012). Essa dificuldade pode ser explicada pelo efeito das características do produto a ser desenvolvido e do projeto na seleção de quais práticas devem ser incorporadas no PDP da empresa. Questões relacionadas a características do projeto, tais como complexidade do produto, grau de inovação ou tecnologia utilizada, tendem a ser decisivas para a seleção das atividades a serem executadas durante o desenvolvimento do produto, e por consequência, das práticas recomendadas para executar ou suportar essas atividades. Além dessas questões, a quantidade de opções oferecida para o cliente, entendida como o grau de individualização do produto ou o nível de customização (DA SILVEIRA et al., 2001), também se apresenta como uma dimensão importante. Empresas que atuam em níveis mais altos de customização, permitem maior liberdade ao cliente para configurar o produto, em razão disto, interagem mais com clientes durante o desenvolvimento e necessitam mais de práticas de PDP com esta finalidade. Em outro contexto, empresas com menores níveis de customização possuem produtos mais padronizados, tendem a possuir um maior direcionamento para a otimização do produto e do processo, priorizando a aplicação de práticas de PDP orientadas para esse objetivo. A partir dessas questões, este artigo é desenvolvido baseado nas seguintes premissas:

- (i) As empresas possuem dificuldade em selecionar práticas de desenvolvimento de produto para direcionar o seu processo aos benefícios de CM.
- (ii) A seleção das práticas de desenvolvimento de produto a serem utilizadas depende das características do projeto do produto.
- (iii) A seleção das práticas de desenvolvimento de produto a serem utilizadas também depende do nível de customização selecionado para o projeto do produto.

Seguindo essas premissas, e procurando contribuir para a maior aderência das práticas de PDP orientadas à CM, este artigo tem por objetivo identificar e selecionar práticas para o PDP orientado à Customização em Massa. Como forma de atingir a esse objetivo, e respondendo a

primeira premissa, desenvolve-se um protocolo de suporte à decisão para identificar, de acordo com as características do projeto, as práticas mais indicadas para a configuração do PDP selecionado, apresentando as técnicas associadas a essa prática, e indicando também a fase e atividades do processo em que é recomendada sua aplicação.

Este artigo está estruturado em seis seções. Após a introdução, é apresentado um referencial teórico sobre a adaptação do modelo referencial de PDP às características do projeto e sobre os níveis de customização, seguindo as premissas (ii) e (iii), respectivamente. A partir desse referencial, o método utilizado no desenvolvimento do protocolo é apresentado na terceira seção. A proposta do protocolo de seleção de práticas de PDP orientadas à CM é apresentada na quarta seção, enquanto que a quinta apresenta sua aplicação em um caso de desenvolvimento de mobiliário para o varejo. Por fim, as considerações finais sobre o desenvolvimento do protocolo e sua aplicação, são apresentadas na sexta seção.

## **5.2 REVISÃO DE LITERATURA**

Primeiramente, são apresentadas as características recomendadas pela literatura para classificar projetos de desenvolvimento, e por consequência, para selecionar as atividades a serem executadas no projeto desde o modelo referencial de PDP. Posteriormente, são apresentadas as alternativas para classificação dos níveis de customização aplicadas ao produto disponíveis na literatura, além dos procedimentos recomendados para realizar a seleção do nível de customização para o projeto do produto. Esses temas estão associados às premissas (ii) e (iii), apresentadas na introdução.

### **5.2.1 Adaptação do modelo referencial de PDP**

Um modelo de referência é constituído, fundamentalmente, pela estruturação de etapas e atividades operacionais para o desenvolvimento do projeto (ROZENFELD et al., 2006). Como forma de melhorar o desempenho dos projetos, recomenda-se que esses sejam gerenciados e conduzidos considerando suas características (SHENHAR; DVIR, 1996), sendo que essas características constituem-se em uma importante variável para categorizar os projetos de produto (WHEELWRIGHT; CLARK, 1992; ULRICH; EPPINGER, 2000; SHENHAR, 2001; ROZENFELD et al., 2006). A partir disso, as características dos projetos devem determinar a sua classificação, que por consequência, também devem direcionar a adaptação do modelo de referência de PDP. Foram reunidas da literatura, e em estudos de campo realizados em empresas de manufatura, diversas características utilizadas para classificar projetos de desenvolvimento de produto. Essas características foram agrupadas em três categorias: associadas ao produto, à manufatura, ao projeto, conforme apresentado na Figura 5.1.

	Característica	Descrição	Autor (escala utilizada)
Produto	Grau de inovação no produto	Grau de inovação do projeto do produto	Ulrich; Eppinger (2000) (melhoria incremental, produto derivado, novas plataformas, fundamentalmente novos produtos) Wheelwright; Clark (1992) (produto derivado, novo produto da família, nova geração de produtos, fundamentalmente novo produto); Shenhar (2004) (radical, plataforma, derivado); Rozenfeld et al. (2006) (radical, plataforma, derivado, <i>follow source</i> )
	Complexidade tecnológica do produto	Capacidade tecnológica necessária para o desenvolvimento do produto	Shenhar (2004) (baixa tecnologia, média tecnologia, alta tecnologia, super alta tecnologia); Clark; Fujimoto (1991) (contínuo); Empresa (nenhuma/baixo risco, sim-com risco moderado, sim-com risco significativo)
	Novidade	Porcentagem de peças/itens/componentes/subsistemas novos no produto em relação à estrutura completa do produto	Rozenfeld et al. (2006); Empresa (porcentagem de novos componentes/subconjuntos (menor que 25%, entre 25 e 50%, maior que 50%))
	Período do teste de campo	Duração prevista/necessária para a realização de testes de campo para o produto	Empresa (menor que 6 meses, entre 6 e 12 meses, maior que 12 meses)
	Período do teste de desenvolvimento e confiabilidade	Tempo previsto/necessário para a análise da confiabilidade do produto	Empresa (menor que 3 meses, entre 3 e 6 meses, maior que seis meses)
	Sistemas de suporte	Aproveitamento de sistemas de suporte (logística, inventário, software) disponíveis na empresa	Empresa (utiliza sistemas existentes, necessidade de mudanças maiores, requer novos sistemas)
	Complexidade na interação com o cliente	Grau de iteração que o produto tem com o cliente	Clark; Fujimoto (1991) (contínuo)
	Complexidade do produto	Requisitos para a realização do projeto	Rozenfeld et al. (2006) (tempo necessário para realizar projeto, necessidade de conhecimentos, tempo e recursos necessários de manufatura e montagem)
	Complexidade do produto	Quantidade ou arranjo de peças/componentes/subsistema no produto	Rozenfeld et al. (2006); Shenhar (2004) (montagem, sistema, conjunto)
Manufatura	Modificação no Processo	Grau de alteração no processo de manufatura	Wheelwright; Clark (1992) (mudança incremental, melhoria na área funcional, nova geração, fundamentalmente novo processo); Empresa (pequenas modificações na linha ou nos processos, grandes modificações na linha ou nos processos, expansão da planta com nova linha ou nova planta)
	Capacidade/tecnologia na manufatura	Risco na implementação de alterações na manufatura	Empresa (nenhuma, baixo risco, sim-com risco moderado, sim-com risco significativo)
	Localização da fabricação	Localização da planta de manufatura	Empresa (um local, dois locais, três ou mais locais)
	Ferramentas especiais	Necessidade de ferramentas (moldes/equipamentos) para a produção	Empresa (nenhum, mínimo ferramental, ferramentas especiais)
Projeto	Ritmo do projeto	Prazo para o desenvolvimento do produto	Shenhar (2004) (regular, rápido/competitivo, crítico, urgente); Rozenfeld et al. (2006)
	Localização do projeto	Localização da equipe de projeto	Evaristo; Fenema (1999) (locação única, múltiplas localizações)
	Abrangência do projeto	Quantidade de projetos relacionados	Evaristo; Fenema (1999) (projeto único, múltiplos projetos/programa)

Figura 5.1 - Características dos projetos de desenvolvimento de produto utilizadas para sua classificação

Fonte: Elaborado pelos autores

Existem algumas propostas para estruturar a classificação dos projetos de desenvolvimento (CLARK; FUJIMOTO, 1991; WHEELWRIGHT; CLARK, 1992; EVARISTO; FENEMA, 1999; ULRICH; EPPINGER, 2000; SHENHAR et al., 2005; ROZENFELD et al., 2006) que podem auxiliar a adaptação do modelo referencial às características do projeto de desenvolvimento. Em projetos complexos, sugere-se a formação de um programa com sua divisão em projetos menores. Com esse objetivo, Danilovic e Browning (2007) desenvolvem um sistema de matrizes, que procura agrupar as atividades de acordo com o relacionamento entre sí, criando projetos menores e mais fáceis de serem gerenciados e controlados (DANILOVIC; BROWNING, 2007). Recomenda-se que o resultado da classificação do projeto de desenvolvimento oriente a adaptação do PDP, indicando a seleção das atividades para o desenvolvimento e, por consequência, quais práticas de PDP contribuem para a execução dessas atividades.



Além das características do projeto, o nível de customização a ser disponibilizado ao cliente também afeta a configuração do processo de desenvolvimento da empresa (ULRICH; EPPINGER, 2000). No desenvolvimento de produtos customizados, recomenda-se que o PDP incorpore atividades de processamento de informações em cada uma das fases (ULRICH; EPPINGER, 2000). Em níveis altos de customização do produto, o cliente é integrado desde o projeto do produto, desenvolvendo algo novo (ULRICH, 2011). Desta forma, são necessários mecanismos para viabilizar a participação do cliente, identificando seus requisitos e suportando-o para a realização do projeto. Com esse propósito, as tecnologias baseadas na *web* se apresentam como eficientes alternativas para suportar a participação do cliente (HELANDER; JIAO, 2002). Em projetos com baixos níveis de customização, o cliente não participa do processo de desenvolvimento, sendo que a customização do produto pode acontecer somente no ponto de venda, ou mesmo na casa do cliente (GILMORE; PINE II, 1997). Nesse caso, recomenda-se um maior estudo dos requisitos do cliente em cada segmento de mercado (PAN; HOLLAND, 2006), recomendando a execução de atividades do projeto direcionadas para esse objetivo. Assim como as características do projeto, que afetam a seleção das atividades a serem executadas no desenvolvimento do produto, o nível de customização também deve ser considerado. A partir disso, as práticas de PDP, que tem por objetivo suportar ou executar as atividades do projeto, devem ser selecionadas considerando, além da sua relação com as atividades do projeto, também o nível de customização do projeto.

### 5.2.2 Níveis de Customização

O grau de individualização do produto, entendido como nível de customização, determina a liberdade disponibilizada ao cliente para customizar o produto de acordo com suas necessidades. O produto pode ser padronizado, em que o cliente não tem a possibilidade de alterar nenhuma característica do produto, até um nível máximo, em que o cliente pode personalizar totalmente o produto. Entre esses extremos, são possíveis diversos níveis de customização para o produto, sendo que a opção sobre o nível de customização consiste em um desdobramento da estratégia de produto da empresa.

Existem diversas propostas para categorizar os diferentes níveis de customização do produto, podendo ser orientadas ao processo ou ao produto. As propostas orientadas ao processo estão direcionadas ao momento da inclusão do cliente na cadeia de valor para a customização do produto (DURAY et al., 2000; DURAY, 2002). De forma semelhante, a postergação (*postponement*) se refere à estratégia organizacional de adiar atividades na empresa e na cadeia de valor até a colocação do pedido pelo cliente (VAN HOEK, 2001). Em razão da similaridade entre os conceitos, e também por ser um importante facilitador da CM (YANG et al., 2004; BLECKER; FRIEDRICH, 2007), diversos autores estabelecem o nível de customização a partir do grau de postergação da integração do cliente na cadeia de valor (LAMPEL; MINTZBERG, 1996; YANG; BURNS, 2003; YANG et al., 2004; ALFORD et

al., 2000; YASSINE et al., 2004). A partir desta orientação, os produtos possuem maior nível de customização quando o cliente individualiza sua demanda desde o início da cadeia de valor, interferindo na etapa de projeto do produto. O resultado dessa iteração resulta em um novo projeto, e normalmente possui reflexos nas etapas posteriores da cadeia de valor, tais como fabricação, montagem, embalagem e distribuição. Em um nível inferior de customização, o cliente é integrado somente ao final da cadeia de valor, individualizando somente características relacionadas à distribuição ou entrega do produto.

Também utilizando a cadeia de valor, Duray et al. (2000) desenvolvem uma proposta para mensurar o nível de customização integrando também os diferentes tipos de modularidade de produto. A partir da integração do cliente nos estágios de projeto, manufatura, montagem e distribuição da cadeia de valor, e do tipo de modularidade, são identificados quatro diferentes níveis de customização para o produto (DURAY et al., 2000; DURAY, 2002). As propostas que utilizam a dimensão da cadeia de valor têm por característica possuir uma maior complexidade em sua aplicação (MACCARTHY et al., 2003). Essas propostas utilizam como premissa a existência de somente um ponto de customização na cadeia de valor, sendo que podem existir outros pontos, como no caso das bicicletas da NBIC (KOTHA, 1995; KOTHA, 1996). Nesse caso, alguns subsistemas eram customizados durante a fabricação, enquanto outros na montagem (MACCARTHY et al., 2003).

As propostas para determinar o nível de customização orientadas ao projeto do produto têm por característica utilizar outras dimensões além da cadeia de valor (PINE II, 1993; ROSS, 1996; GILMORE; PINE II, 1997; DA SILVEIRA et al., 2001; PILLER; STOTKO, 2002; PAN; HOLLAND, 2006). Entre essas propostas, Piller e Stotko (2002) definem quatro diferentes níveis de customização baseados em duas dimensões: (i) digitalização, entendido como a capacidade do produto ser totalmente digital, e (ii) necessidade de integrar o cliente para a customização do produto. Pine II (1993), Ross (1996) e Gilmore e Pine II (1997) desenvolvem categorias de customização de produtos baseadas em características do produto e do processo de customização. As propostas de Da Silveira et al. (2001) e Pan e Holland (2006) desenvolvem categorias crescentes de customização baseadas em características do produto ou na forma como é desenvolvida a customização. A Figura 5.2 apresenta a correspondência entre as categorias de níveis de customização das propostas direcionadas ao produto.

Pine II (1993)	Ross (1996)	Gilmore e Pine II (1997)	Da Silveira et al. (2001)	Piller e Stotko (2002)	Pan e Holland (2006)
			Padronização (Standardization)		Alta variedade (Push through)
Produto/serviço customizado (Embedded customization)		Adaptativo (Adaptive)	Uso (Usage)	Anúncio (Add on)	Adaptativo (Alteration)
		Cosmético (Cosmetic)	Embalagem e distribuição (Package and distribution)		Cosmético (Cosmetic)
Serviços adicionais (Customized services)			Serviços adicionais (Additional services)		
Customização ágil (Providing quick response)					
	Baseada na informação (Information content customisation)			Atrair atenção (Attract attention)	
Customização na entrega (Point of delivery customization)	Processamento interno (In house processing)		Trabalho de customização (Additional custom work)	Configuração (Product configuration)	Modificação (Self-adaptive)
Modularização (Modular production)	Montagem (Combinatorial assembly)	Transparente (Transparent)	Montagem (Assembly)		Transparente (Transparent)
	Processamento interno (In house processing)		Fabricação (Fabrication)		
		Colaborativa (Collaborative)	Projeto (Design)	Estratégia de inovação baseada e-service (E-service innovation)	Colaborativa (Collaborative/Pure Customization)

Figura 5.2 - Comparativo entre os níveis de customização associados à categorização do produto  
Fonte: Elaborado pelos autores

Entre as propostas para classificar o nível de customização direcionadas ao produto analisadas, a de Da Silveira et al. (2001) é a mais abrangente, sendo que sua utilização também é recomendada na bibliografia (BAE; MAY-PLUMLEE, 2005). De acordo com Da Silveira et al. (2001), o nível mais baixo de customização é denominado N1-Padronização. Neste nível, o produto não é alterado, podendo se verificar uma expansão do portfólio de produtos de modo a atender a uma maior variedade de requisitos dos clientes, como acontece com a empresa Espanhola distribuidora de vestuário Zara (PAN; HOLLAND, 2006). No nível N2-Uso, o produto permanece padronizado e a customização é realizada pelo cliente por meio de adaptações a diferentes situações, como no caso de móveis de prateleiras modulares (<http://www.smartfurniture.com/shelves/smartshelves.html>). No nível N3-Embalagem e Distribuição, são disponibilizadas somente opções de transporte e embalagens de diferentes formas e dimensões. No nível N4-Serviços Adicionais, são adicionados serviços para a customização do produto, como no caso de serviços disponibilizados por companhias de aviação durante o voo, tais com refeições, rádios ou telefones (PINE II, 1993). Neste nível, também podem ser incorporados os conceitos de *customerization*, a partir da customização do produto por meio de informações e marketing (WIND; RANGASWAMY, 2001). O nível N5-Trabalho de Customização é atingido com a realização de algum tipo de tarefa sobre o produto padronizado, como no caso do confeito M&Ms, que permite ao cliente a gravação

mensagens personalizadas no confeito (<http://www.mymms.com>). No nível N6-Montagem, os produtos são customizados baseados no arranjo dos módulos sob uma arquitetura modular, como no caso dos computadores Dell ([www.dell.com](http://www.dell.com)). O nível N7-Fabricação se refere à produção de produtos customizados de acordo com um projeto básico, como o caso das válvulas para indústria da empresa Ross Operating Valve, que de acordo com parâmetros ajustáveis no projeto permite produzir válvulas customizadas (ROSS, 1996). Nesse nível, Piller e Stotko (2002) incorporam também a produção de produtos customizados utilizando novas tecnologias baseadas na internet, como no caso de vestuário, joias, ou mesmo projetos residenciais realizados *online*. Esse é o caso da construtora alemã Streif AG, que oferece um desconto de 25.000€ se o projeto da casa for configurado *online* ([www.streif.de](http://www.streif.de)) (PILLER; STOTKO, 2002). O nível de customização mais elevado, N8-Projeto, indica que tanto o projeto, mas também a produção e a entrega, são realizadas de acordo com a preferência do cliente.

A proposta de Piller e Stotko (2002), em razão de incorporar a dimensão de digitalização, possui características mais direcionadas a produtos e/ou serviços baseados na internet. Como o caso da categoria de atrair atenção (*attract attention*), que possui baixa necessidade de integração do cliente e alto grau de digitalização. Esse nível de customização está direcionado à serviços que podem ser customizados automaticamente por meio de *softwares* (PILLER; STOTKO, 2002), como estações de rádios via internet (<http://www.pandora.com>). O nível de estratégia de inovação baseada em e-service (*E-service innovation*) é caracterizada por alto grau de integração com o cliente e digitalização. Corresponde a serviços que demandam uma maior complexidade, mas que podem ser distribuídos eletronicamente, tais como serviços de monitoramento médico *online* ([www.efit.com](http://www.efit.com)) ou serviços de inteligência de negócios (PILLER; STOTKO, 2002).

Também foram identificadas propostas para produtos específicos com o objetivo de mensurar o nível de customização e relacioná-lo ao desempenho financeiro da empresa (HEGDE et al. 2005; LI et al. 2010). Hegde et al., (2005) desenvolveram uma proposta com seis diferentes níveis de customização para ligas de aço, que vão desde um produto padronizado até a customização da composição da liga, molde, tratamento térmico e parâmetros de dureza. Li et al. (2010) propõem uma alternativa para mensurar o nível de customização ( $y$ ) específica para uma empresa fabricante de pigmentos. O nível de customização é obtido a partir do quociente entre a quantidade de produtos que utilizam combinação de cores e a quantidade total de produtos. Quando  $y=1$ , o portfólio de produtos atinge o maior nível de customização, visto que todos os produtos podem ser customizados pelos clientes, enquanto  $y=0$ , significa que o portfólio é padronizado (LI, et al.; 2010). Posteriormente, esse resultado é analisado em um modelo de regressão múltipla por meio de variáveis independentes associadas ao desempenho de estoques, capacidade de processo e distribuição. Os resultados indicam que níveis superiores de customização do portfólio estão relacionados significativamente, ao nível de

10%, com desempenhos superiores em estoques e inferiores no processo produtivo e distribuição (LI et al., 2010).

### 5.2.3 Identificação do nível de customização

A estratégia de CM busca criar valor para o cliente por atender mais precisamente as suas necessidades (SQUIRE, et al., 2004), sendo que quanto maior o nível de customização, mais preciso é esse atendimento. Elevados níveis de customização costumam resultar em benefícios competitivos para a empresa, mas também tendem a aumentar os custos operacionais (FOGLIATTO et al., 2012). Determinar o nível de customização depende de uma análise dos requisitos do cliente, sua percepção de valor sobre a possibilidade de customização, e das restrições para operacionalizar essa customização (DA SILVEIRA et al., 2001; QIAO et al., 2008). Com isto, encontrar o equilíbrio entre a variedade de produtos, representado pelo nível de customização, e aumento de custos operacionais consiste em um importante desafio para a CM (BLECKER; FRIEDRICH, 2007).

A definição do nível de customização para um projeto parte da análise sobre a diferença no nível demandado pelo cliente e atualmente disponibilizado no mercado (HART, 1995). A percepção de valor agregado pela possibilidade de customizar o produto pode depender do preço do produto, sua qualidade e a experiência do cliente para realizar a customização (DAABOUL et al., 2011). Bardacki e Whitelock (2004) mencionam também o tempo de espera até a entrega do produto como uma importante variável para indicar o valor agregado pela customização. Entretanto, esse tempo de espera ainda pode ser percebido diferente, dependendo do nível de customização. Em níveis inferiores de customização, os clientes tendem a ser mais exigentes em relação ao prazo de entrega que em níveis superiores (SQUIRE et al., 2004). Além disso, altos níveis de customização têm por característica demandar maior conhecimento do cliente para realizar a personalização do produto. Essa maior demanda, frequentemente, resulta em aumento de complexidade no processo de customização, prejudicando a interação com o cliente e reduzindo a agregação de valor (HUFFMAN; KAHN, 1998; ZIPKIN, 2001).

Na tentativa de modelar como acontece a agregação do valor no contexto CM, Merle et al. (2010) identificam duas principais dimensões: a viabilidade de customização do produto e a experiência do processo de customização. Com o mesmo objetivo, Khoddami et al. (2011) incluem as dimensões de percepção de risco do processo de customização e os benefícios simbólicos da customização. De forma mais focada, diversos autores aplicam experimentos simulados para mensurar a agregação de valor da customização em diversos tipos de produtos, como relógios (FRANKE; PILLER, 2004); camisetas (SCHREIER, 2006), ski (FRANKE et al., 2010) e jornais (FRANKE et al., 2009). Esses experimentos utilizam como unidade de mensuração a diferença entre a disponibilidade em pagar (*Willing to Pay-WTP*) pelo produto customizado em relação ao padronizado. Du et al. (2006) propõem a utilização

de análise conjunta para identificar e ponderar o valor para o cliente obtido por meio da possibilidade de customização. A partir da análise do custo total da opção e da percepção de qualidade, mensurada por meio de sua utilidade, é possível identificar o conjunto de opções do produto mais valorizado pelos clientes. Os resultados são apresentados no estudo de caso de um gerador de energia (DU et al. 2006). Daaboul et al. (2011) desenvolvem outra proposta para mensurar o valor agregado pela customização utilizando as dimensões de preço, qualidade e experiência do cliente durante a customização, e aplicam no caso de uma empresa fabricante de sapatos.

A partir da identificação do valor agregado pela customização, deve-se proceder a uma análise sobre as restrições operacionais para atender a customização requerida. Entre as restrições operacionais, são mencionadas: disponibilidade de tecnologias de manufatura, organização da cadeia de suprimentos (DA SILVEIRA et al., 2001; MACCARTHY et al., 2003) e a disponibilidade de mecanismos para integrar o cliente (MACCARTHY et al., 2003; PILLER, 2004). A seleção do nível de customização do produto ainda deve envolver a avaliação da estrutura organizacional, processo de manufatura, tecnologia aplicada ao projeto do produto, métodos de gestão da qualidade entre outros (MACCARTHY et al., 2003). A partir disso, o efeito desta decisão é distribuído em diversas áreas da empresa, tais como: maior custo de estoques (LI et al., 2010), aumento dos custos de manufatura e do produto (HAUG et al., 2007, BLECKER; FRIEDRICH, 2007; DAABOUL et al., 2011), na organização do processo produtivo, no emprego de tecnologias de manufatura e de gerenciamento (DURAY et al., 2000; DURAY et al., 2002), no maior *lead time* de produção (LI et al., 2011), entre outros. Além disso, dependendo do nível de customização adotado, o impacto nestas dimensões tende a se alterar (SQUIRE et al., 2004).

Uma proposta para analisar estes requisitos operacionais para a customização é desenvolvida por Fogliatto et al. (2003), a partir de um índice de viabilidade de customização. Esse índice é calculado seguindo a lógica das matrizes do *Quality Function Deployment* (QFD), relacionando as demandas dos clientes com características de qualidade e seu desdobramento nas partes do produto e etapas do processo (FOGLIATTO et al., 2003). De outra forma, Jiao e Tseng (2004) propõem uma alternativa para maximizar o valor da customização percebido pelo cliente, analisando por meio de *conjoint analysis* os requisitos dos clientes e ponderando-os a partir das restrições de projeto e manufatura. A partir destes estudos, as dimensões que afetam a percepção de valor agregado ao produto/serviço pela possibilidade de customização, assim como os seus efeitos nas operações da empresa, são apresentadas na Figura 5.3.

	Dimensão	Descrição	Autores
Percepção de valor	Variedade de produtos	O quanto à possibilidade de customização agrega de valor ao produto em relação ao padronizado	Hart (1995); Da Silveira et al. (2001); Bardacki; Whitelock (2004); Schreiner (2006); Du et al. (2006); Haug et al. (2007); Franke et al., (2010); Merle et al. (2010); Daaboul et al. (2011);
	Tempo de espera	Período decorrido desde o momento de realização do pedido até a entrega do produto customizado	Pine II (1993); Da Silveira et al. (2001); Bardacki; Whitelock (2004); Li et al. (2010); Daaboul et al. (2011)
	Tempo de customização	Período necessário para realizar a customização do produto	Bardacki; Whitelock (2004); Franke et al. (2010); Daaboul et al. (2011)
	Complexidade para customização	Usabilidade do configurador de produto para realizar a customização do produto	Matzler et al. (2011); Daaboul et al. (2011)
	Qualidade	A qualidade do produto customizado	Pine II (1993); Daaboul et al. (2011)
	Experiência da customização	É a percepção do cliente durante o processo de execução do 'projeto' do seu próprio produto	Franke; Piller (2004); Franke et al., (2010); Merle et al. (2010); Khoddami et al. (2011); Merle et al., (2012)
	Preço	O custo do produto para o cliente	Pine II (1993); Du et al. (2006); Daaboul et al. (2011)
Restrições operacionais	Mecanismos para integração do cliente ao processo	Ferramenta para interpretar os requisitos do cliente para a customização do produto (configuradores)	Piller (2004); Duray et al. (2000); Haug et al. (2007); Franke et al., (2010)
	Momento de envolvimento do cliente na cadeia de valor	Ponto de integração do cliente ao processo de customização na cadeia de valor/ciclo de produção.	Duray et al.(2000); Duray (2002)
	Tipo de modularidade	Tipo de modularidade (ULRICH; TUNG, 1991) pode ser aplicada em diferentes etapas na cadeia de valor.	Duray et al.(2000); Duray (2002)
	Cadeia de suprimentos	Integração entre empresa e fornecedores para operacionalizar o desenvolvimento, produção e distribuição do produto.	Kotha (1995); Fogliatto et al. (2003); Da Silveira et al (2001); Pero et al. (2010); Abdelkafi et al. (2011)
	Custos de manufatura	A possibilidade de customização do produto tende a reduzir os ganhos de escala de produção	Bardacki; Whitelock (2004); Haug et al. (2007); Blecker; Friedrich, (2007)
	Disponibilidade de tecnologias de manufatura /design/gerenciamento	Tecnologias de Manufatura (CAM, CAE, CNC, CIM, FMS, GT, Robótica, Código de Barras), de Projeto (CAD/CAE/CAPP) e de Gerenciamento (EDI, MRP, DSS, PDM)*	Kotha (1995); Duray et al.(2000); Da Silveira et al. (2001); Bardacki; Whitelock (2004)
	Gerenciamento de Informações	Sistemas de informação para estabelecer conexões entre projeto, manufatura, testes além de clientes e fornecedores	Da Silveira et al. (2001); Ninan et al., (2006); Huang et al. (2007)
	Flexibilidade dos recursos tecnológicos utilizados	Flexibilidade dos recursos utilizados nos processos de manufatura, atividades de fornecedores e distribuição. (fixos/modificáveis)	MacCarthy et al. (2003)
	Sistema de projeto e validação dos pedidos	Abrangência do projeto e controle da validação dos pedidos (por pedido/ por produto/ por família de produtos)	MacCarthy et al. (2003)
	Repetibilidade dos pedidos de produtos customizados	Possibilidade de produtos serem customizados de forma idêntica repetidas vezes.	MacCarthy et al. (2003)
	Monitoramento e controle de qualidade	Definição e acompanhamento do sistema de controle de qualidade para produtos customizados	Da Silveira et al. (2001); MacCarthy et al., (2003)
	Análise de confiabilidade de produtos customizados	Definição da confiabilidade e prazo de garantia do produto customizado.	Da Silveira et al. (2001)

\*Manufatura:CAM-Computer Aided Manufacturing/ CIM-Computer Integrated Manufacturing/ FMS-Flexible Manufacturing Systems/ CNC-Computer Numeric Control/ GT-Group Technology/ Projeto: CAD-Computer Aided Design/ CAE-Computer Aided Engineering/CAPP-Computer Aided Process Planning/ Gerenciamento: EDI-Electronic Data Management/ MRP-Material Resource Planning/ DSS-Decision Support Systems/ PDM-Product Data Management

Figura 5.3 - Dimensões que afetam a definição do nível de customização  
Fonte: Elaborado pelos autores

Como forma de contribuir para a definição do nível de customização, Haug et al. (2007) propõe a análise de cinco dimensões: (i) variedade de produtos, (ii) percepção do consumidor, (iii) custos de manufatura, (iv) proposta de negócio e (v) interface do configurador (HAUG et al.,2007). Seguindo este enfoque, empresas que desejam migrar desde a Produção em Massa para a CM procuram incrementar a variedade de produto, aumentar a percepção de valor do produto pelo cliente, reduzido aumento dos custos de produção, possuem uma proposta de aumentar a abrangência de atuação com um aumento da flexibilidade dos processos e devem aumentar a troca de conhecimento com o usuário para o projeto do produto. No outro oposto, empresas com estratégia *Engineering to Order* (ETO) que tencionam migrar para uma CM procuram limitar a variedade de produtos, manter a percepção de valor do produto, padronizar produção, reduzir custos de manufatura, possuem uma proposta de negócio de redução da

flexibilidade dos processos com aumento das vantagens de escala de produção e tentam reduzir a interação com o cliente durante o projeto do produto (HAUG et al.,2009). Squire et al. (2004) propõem a aplicação de um questionário aos clientes para analisar a importância das dimensões de distribuição, montagem, fabricação e projeto do produto, como forma de analisar o nível de customização solicitado pelo mercado. Os resultados indicam, na visão dos clientes, a importância relativa das dimensões por meio de um comparativo (SQUIRE et al., 2004). De forma mais focada, Qiao et al. (2008) desenvolveram um modelo matemático que analisa a demanda pela customização, o custo para desenvolvê-la, custo de distribuição e uma estimativa de tempo de produção, resultando em um índice de viabilidade para a customização do produto (QIAO et al., 2008).

A definição do nível de customização para o projeto do produto tem por característica influenciar na importância da execução de algumas atividades do PDP. Em níveis superiores de customização, em razão da maior interação com o cliente, algumas atividades do desenvolvimento relacionadas à coleta de informações das necessidades do cliente e sua tradução em características do produto tendem a possuir menor importância para a execução do projeto. Nesses níveis de customização, como no nível de N8-Projeto, os clientes interagem com a empresa de uma forma colaborativa para transmitir suas necessidades e transformá-las em especificações do produto (PILLER, 2004; FRANKE et al., 2010). Da mesma forma, nos níveis de customização mais básicos, como o N2-Uso, os produtos tendem a possuir maior padronização, indicando uma maior importância de atividades do PDP relacionadas a otimização do produto e do processo.

### **5.3 DESENVOLVIMENTO DO PROTOCOLO PARA SELEÇÃO DE PRÁTICAS DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO ORIENTADO À CM**

A elaboração deste protocolo de suporte a decisão para identificar, de acordo com as características do projeto, as práticas de PDP orientadas à CM foi realizada em seis etapas: (i) seleção do modelo referencial de PDP; (ii) seleção da classificação do nível de customização; (iii) levantamento das práticas de PDP orientadas à CM; (iv) associação entre atividades e práticas do PDP; (v) associação entre atividades do PDP e níveis de customização; e (vi) consolidação das práticas associadas a atividades e níveis de customização. A forma como cada uma destas etapas foi realizada é apresentada a seguir.

#### **5.3.1 Seleção do modelo referencial de PDP**

Independente do modelo de referência de PDP utilizado, esse deve ser adaptado às características do projeto de desenvolvimento. De acordo com a classificação do projeto, normalmente realizada pelo seu gerente, são selecionadas atividades do modelo referencial de PDP pertinentes ao seu desenvolvimento. Projetos mais simples, como a adaptação de um produto a especificidade de um novo mercado, têm por característica exigir mais atividades



relacionadas ao projeto detalhado e planejamento da produção em relação às atividades do *front end* (ROZENFELD et al., 2006). Entre as propostas de modelos de referência de PDP (CLARK; FUJIMOTO, 1991; WHEELKRIGHT; CLARK, 1992; ROZENBURG; EEKELS, 1995; PAHL; BEITZ, 1996, CRAWFORD; DI BENEDETTO, 2000; ULRICH; EPPINGER, 2000, ROZENFELD et al., 2006; BACK et al., 2008; BAXTER, 2011), a proposta de Ulrich e Eppinger (2001) está entre as mais difundidas e referenciadas na bibliografia, atingindo a 5ª edição em língua inglesa e superando 3300 citações no Google Scholar. Essa proposta de PDP referencial também está entre as mais utilizadas na prática das empresas. Como forma de proporcionar uma maior aderência do protocolo ao PDP das empresas, esta proposta foi utilizada como base para o desenvolvimento deste protocolo.

O modelo de PDP proposto por Ulrich e Eppinger (2000) tem por característica estar dividido em cinco fases: (0) Planejamento, (1) Desenvolvimento do Conceito, (2) Projeto do Sistema, (3) Projeto Detalhado, (4) Testes e Avaliações e (5) Produção. Nesta etapa, foram identificadas as atividades contidas em cada uma das fases do PDP proposto por Ulrich e Eppinger (2000). A fim de auxiliar a aderência do protocolo ao PDP das empresas, manteve-se a discriminação das atividades em um nível mais genérico, não utilizando o nível de tarefa. Ao final, foram relacionadas 49 atividades contidas nas cinco fases do modelo de PDP proposto por Ulrich e Eppinger (2000) (Figura 5.4).

0. Planejamento (Planning)	1. Desenvolvimento do conceito (Concept development)	2. Projeto do sistema (System-level design)	3. Projeto detalhado (Detail design)	4. Teste e avaliações (Testing and refinement)	5. Produção (Production ramp-up)
0.1-Identificar oportunidades dos clientes 0.2-Avaliar e priorizar projetos 0.3-Realizar plano do projeto de desenvolvimento	1.1-Identificar necessidades dos clientes 1.2-Priorizar necessidades dos clientes 1.3-Estabelecer especificações meta 1.4-Mapeamento funcional do sistema 1.5-Gener alternativas de conceito 1.6-Avaliar conceitos de produto 1.7-Testar conceitos de produto 1.8-Definir conjunto final de especificações 1.9-Planejar macro processo 1.10-Avaliar viabilidade econômica 1.11-Modelar e prototipar	2.1-Desenvolver estrutura do produto 2.2-Agrupar elementos em subsistemas 2.3-Desenvolver layout preliminar dos subsistemas 2.4-Identificar interações entre subsistemas 2.5-Desenv. plano de diferenciação para família de produtos 2.6-Desenvolvimento do plano de comunalidade para família de produtos 2.7-Avaliar make or buy 2.8-Identificar fornecedores para componentes chave 2.9-Definir esquema de montagem 2.10-Identificar serviços associados	3.1-Detalhar geometria dos subsistemas 3.2-Selecionar materiais 3.3-Definir tolerâncias 3.4-Definir processo de manufatura 3.5-Estimar custos de manufatura 3.6-Estabelecer bill of material 3.7-Estimar custos de peças padronizadas e customizados 3.8-Estimar custo de montagem 3.9-Estimar outros custos 3.10-Otimizar custos de componentes 3.11-Otimizar custos de processos 3.12-Projetar dispositivos e ferramentas 3.13-Definir processo de garantia da qualidade 3.14-Definir plano de marketing	4.1-Realizar teste de mercado 4.2-Avaliar qualidade e confiabilidade do produto 4.3-Obter licenças legais 4.4-Promover processo de manufatura nos fornecedores 4.5-Otimizar processo de fabricação e montagem 4.6-Treinar mão de obra 4.7-Desenvolver plano de vendas 4.8-Promover lançamento do produto	5.1-Otimizar processo produtivo 5.2-Testar processo produtivo 5.3-Iniciar sistema de produção

Figura 5.4 - Modelo referencial de PDP proposto por Ulrich e Eppinger (2000)

### 5.3.2 Seleção da classificação do nível de customização

Em razão da maior complexidade de aplicação de propostas para classificar o nível de customização direcionadas à cadeia de valor (MACCARTHY et al., 2003), foram selecionadas as direcionadas ao produto. Entre as propostas analisadas, verifica-se que a desenvolvida por Da Silveira et al. (2001), identificando oito diferentes níveis de customização, possui maior abrangência que as demais analisadas (PINE II, 1993; ROSS, 1996; GILMORE; PINE II, 1997; PILLER; STOTKO, 2002; PAN; HOLLAND, 2006). Por essa razão, foi utilizada esta classificação para definição dos níveis de customização.

### 5.3.3 Levantamento das práticas de PDP

O levantamento de práticas de PDP orientadas a CM foi realizado por meio de uma Revisão Sistemática na literatura (KITCHENHAM, 2004, KITCHENHAM et al., 2009). Como fonte de dados foram selecionados artigos publicados em periódicos indexados nas bases de dados *Web of Science*, *EBSCO* e *Science Direct*. O algoritmo de busca utilizou as palavras-chave: “product development” AND “mass customization OR “mass customisation”. A busca por artigos com esses temas está restrita ao título, palavras chave e resumo nas bases de dados mencionadas, sendo que não houve delimitação de data da publicação.

O período de consulta foi realizado entre os dias 01 e 10 de outubro de 2012, identificando 113 ocorrências. Entre essas ocorrências, foram retirados da análise seis capítulos de livro e 16 artigos repetidos. Entre os 91 artigos restantes, 39 destes propõem práticas de PDP orientadas para a promoção da CM. A Tabela 5.1 apresenta a lista dos 39 artigos com a proposta de práticas de PDP identificados na revisão sistemática, identificando título, autores, periódico, ano da publicação e fator de impacto do periódico.

Tabela 5.1- Artigos com propostas de práticas de PDP orientadas a CM

id	Título	Autores	Periódico	Ano	F.I.*
P <sub>1</sub>	A methodology of developing product family architecture for mass customization	Jiao, J.X.; Tseng, M.M.	Journal of Intelligent Manufacturing	1999	0,859
P <sub>2</sub>	Product family modeling for mass customization	Jiao, J.X.; Tseng, M.M.; Duffy, V.G.; Lin, F.H.	Computers & Industrial Engineering	1998	1,589
P <sub>3</sub>	Architecture of product family: Fundamentals and methodology	Du, X.H.; Jiao, J.X.; Tseng, M.M.	Concurrent Engineering-Research and Applications	2001	0,478
P <sub>4</sub>	Functional interdependence and product similarity based on customer needs	McAdams, D.A.; Stone, R.B.; Wood, K.L.	Research in Engineering Design-Theory Applications and Concurrent Engineering	1999	1,243
P <sub>5</sub>	A fuzzy analytic hierarchy process approach in modular product design	Lee, W.B.; Lau, H.; Liu, Z.Z.; Tam, S.	Expert Systems	2001	0,684
P <sub>6</sub>	Applications of the Web-based collaborative visualization in distributed product development	Chu, C.H.; Cheng, C.Y.; Wu, C.W.	Computers in Industry	2006	1,529
P <sub>7</sub>	Product development cost estimation in mass customization	Tu, Y. L.; Xie, S. Q.; Fung, Richard Y. K.	IEEE Transactions on Engineering Management	2007	0,958
P <sub>8</sub>	Operational tactics and tenets of a new manufacturing paradigm 'instant customerisation'	Tang, Z.J.; Chen, R.Q.; Ji, X.H.	International Journal of Production Research	2005	1,115
P <sub>9</sub>	A design decision-making support model for customized product color combination	Ma, M.Y.; Chen, C.Y.; Wu, F.G.	Computers in Industry	2007	1,529
P <sub>10</sub>	Analytical affective design with ambient intelligence for mass customization and personalization	Jiao,R.J.; Xu,Q.; Du,J.; Zhang,Y.; Helander,M.; Khalid,H.M.; Helo,P.; Ni,C.	International Journal of Flexible Manufacturing Systems	2007	0,250
P <sub>11</sub>	A reconfigurable platform in support of one-of-a-kind product development	Xie,S.Q.; Xu, X.; Tu, Y.L.	International Journal of Production Research	2005	1,115
P <sub>12</sub>	Service Architecture and Modularity	Voss, C.A.; Hsuan, J.	Decision Sciences	2009	1,359
P <sub>13</sub>	A web-based fuzzy mass customization system	Chen, Y.H.; Wang, Y.Z.; Wong, M.H.	Journal of Manufacturing Systems	2001	0,639
P <sub>14</sub>	Supporting 'design for re-use' with modular design	Meehan, J. S.; Duffy, A. H. B.; Whitfield, R. I.	Concurrent Engineering-Research and Applications	2007	0,478
P <sub>15</sub>	A decision support system for rapid one-of-a-kind product development	Xie, S.Q.	International Journal of Advanced Manufacturing Technology	2006	1,103
P <sub>16</sub>	Product platform identification and development for mass customization	Huang, G.; Bin, S.; Halevi, G.	CIRP Annals-Manufacturing Technology	2003	1,708
P <sub>17</sub>	Virtual customer integration in new product development in industrial markets: The QLL framework	Hemetsberger, A.; Godula, G.	Journal of Business-To-Business Marketing	2007	1,227
P <sub>18</sub>	Evaluation of product performance in product family design re-use	Xu, Q. L.; Ong, S. K.; Nee, A. Y. C.	International Journal of Production Research	2007	1,115
P <sub>19</sub>	A framework of product styling platform approach: Styling as intangible modules	Fung, R.Y.K.; Chong, S.P.Y.; Wang, Y.	Concurrent Engineering-Research and Applications	2004	0,478
P <sub>20</sub>	Integrating rough set clustering and grey model to analyze dynamic customer requirements	Chen, C.; Wang, L.	Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B-Journal of Engineering Manufacture	2008	0,725
P <sub>21</sub>	A dynamic workflow framework for mass customization using web service and autonomous agent techniques	Karpowitz, D.J.; Cox, J. J.; Humpherys, J.C.; Warnick, S.C.	Journal of Intelligent Manufacturing	2008	0,859
P <sub>22</sub>	Using product family evaluation graphs in product family design	Ye, X.; Thevenot, H.J.; Alizon, F.; Gershenson, J.K.; Khadke, K.	International Journal of Production Research	2009	1,115

		Simpson, T.W.; Shooter, S.B.			
P <sub>23</sub>	Manufacturing network for rapid tool/die making	Tu, Y.L.; Kam, J.J.	International Journal of Computer Integrated Manufacturing	2006	1,071
P <sub>24</sub>	Internet-based framework to support integration of customer in the design of customizable products	Ninan, J.A.; Siddique, Z.	Concurrent Engineering-Research and Applications	2006	0,478
P <sub>25</sub>	A generic and extensible information infrastructure framework for mass-customizing platform products	Huang, G.Q.; Li, L.; Lau, T.L.; Chen, X.	International Journal of Computer Integrated Manufacturing	2007	1,071
P <sub>26</sub>	ppXML: A generic and extensible language for lifecycle modelling of platform products	Huang, G.Q.; Li.L.; Chen, X.	Computers In Industry	2008	1,529
P <sub>27</sub>	On Modular Products Development	Kong, F.B.; Ming, X.G.; Wang, L.; Wang, X.H.; Wang, P.P.	Concurrent Engineering-Research and Applications	2009	0,478
P <sub>28</sub>	Integrated Vehicle Configuration System-Connecting the domains of mass customization	Helo, P.T.; Xu, Q.L.; Kyllonen, S.J.; Jiao, R.J.	Computers in Industry	2010	1,529
P <sub>29</sub>	Modularity analysis and commonality design: a framework for the top-down platform and product family design	Liu, Z.; Wong, Y.S.; Lee, K.S.	International Journal of Production Research	2010	1,115
P <sub>30</sub>	An integrated fuzzy logic approach to customer-oriented product design	Gologlu, C.; Mizrak, C.	Journal of Engineering Design	2011	0,928
P <sub>31</sub>	Fuzzy Topsis Decision Method for Configuration Management	Chang, S.H.; Tseng, H.E.	International Journal of Industrial Engineering-Theory Applications and Practice	2008	0,154
P <sub>32</sub>	Web Service-oriented Electronic Catalogs for Product Customization	Ma, Y.; Jiao, J.R.; Deng, Y.	Concurrent Engineering-Research and Applications	2008	0,478
P <sub>33</sub>	Ontology-Based Multiplatform Identification Method	Li, Y.; Chang, X.; Terpenney, J.P.; Gilbert, T.	Journal of Computing and Information Science in Engineering	2010	0,511
P <sub>34</sub>	Developing and Assessing Commonality Metrics for Product Families: a process-based cost-modeling approach	Johnson, M.D.; Kirchain, R.E.	IEEE Transactions on Engineering Management	2010	0,958
P <sub>35</sub>	The importance of product development cycle time and cost in the development of product families	Johnson, M.D.; Kirchain, R.E.	Journal of Engineering Design	2011	0,928
P <sub>36</sub>	An Approach to Constraint-Based and Mass-Customizable Product Design	Nordin, A.; Hopf, A.; Motte, D.; Bjarnemo, R.; Eckhardt, C.C.	Journal of Computing and Information Science in Engineering	2011	0,511
P <sub>37</sub>	Matching product architecture with supply chain design	Nepal, B.; Monplaisir, L.; Famuyiwa, O.	European Journal of Operational Research	2012	1,815
P <sub>38</sub>	Two-stage product platform development for mass customisation	Qu, T.; Bin, S.; Huang, George Q.; Yang, H. D.	International Journal of Production Research	2011	1,115
P <sub>39</sub>	A helical model for managing innovative product and service initiatives in volatile commercial environments	Deakins, E.; Dillon, S.	International Journal of Project Management	2012	1,532

\* F.I. – Fator de Impacto

### 5.3.4 Associação entre atividades e práticas do PDP

Após o levantamento das práticas de PDP, procedeu-se uma análise sobre quais atividades do PDP poderiam ser executadas ou suportadas pela aplicação da prática. Esse procedimento foi realizado pelos autores para cada uma das 39 práticas de PDP identificadas e utilizando 49 atividades do modelo referencial do PDP proposto por Ulrich e Eppinger (2000). Como resultado, foi identificado quais das 49 atividades do PDP proposto por Ulrich e Eppinger (2000) têm sua execução realizada ou suportada pela aplicação de cada uma das 39 práticas analisadas (APÊNDICE C). Além disso, também foi identificado para cada uma das práticas de PDP analisadas o seu objetivo, as informações de entrada e saída, assim como as técnicas analíticas e computacionais recomendadas em sua utilização. Essas informações são importantes para determinar a viabilidade de utilização das práticas de PDP pela empresa, visto que o conhecimento sobre o funcionamento da prática e as técnicas recomendadas na sua utilização devem ser consideradas. Outra questão a ser considerada consiste no nível de maturidade do PDP da empresa, visto que fornece a estrutura para as propostas de melhoria no processo (CMMI, 2002; QUINTELLA; ROCHA, 2007).

### 5.3.5 Associação entre atividades do PDP e níveis de customização

Cada uma das atividades do PDP contidas no modelo referencial foi analisada de forma a identificar a sua importância para a execução de um projeto de produto para cada um dos oito níveis de customização identificados por Da Silveira et al. (2001). Ao final dessa etapa, tem-se um grau de importância de cada atividade do PDP proposto por Ulrich e Eppinger (2000) para a execução de um projeto com nível de customização.

Como forma de coleta de dados, foi realizado um grupo focado com especialistas, visto que esse método é recomendado para se realizar avaliações de consenso por meio de debates entre os participantes coordenados por um mediador (FLYNN et al., 1990), também tendo sua utilização recomendada para estudos com especialistas (KONTIO et al., 2004; RIBEIRO; NEWMANN, 2010). O grupo focado foi dirigido de modo que os especialistas respondessem a seguinte questão: Qual a importância da execução da atividade do PDP  $i$  para um projeto de produto com nível de customização  $j$ ? Para tanto, foi utilizada uma escala de 0 a 4, em que '0' identifica que a atividade do PDP não possui importância para a execução de um projeto com nível de customização a '4' para que a atividade possui máxima importância para a execução do projeto de produto com nível de customização. Como forma de estimular o debate entre os especialistas, recomenda-se utilizar poucos participantes desde que cobrindo as áreas de conhecimento necessárias para a resposta das questões (MORGAN, 1996). Para ilustrar a aplicação do protocolo, foi realizado um grupo focado com três especialistas acadêmicos, sendo um na estratégia de CM, outro em modularidade e desenvolvimento de produto e outro em serviços e desenvolvimento de produto. O grupo focado foi mediado por um dos autores e as justificativas dos participantes tiveram seu áudio registrado e as avaliações em uma planilha eletrônica.

Durante o grupo focado foram identificadas quatro dimensões que direcionaram a atribuição da importância das atividades de PDP para os diferentes níveis de customização: (i) integração do cliente, (ii) qualidade; (iii) arquitetura do produto e (iv) processo de manufatura. Em níveis mais altos de customização, verifica-se uma maior integração do cliente no processo de customização como forma interpretar suas necessidades. A presença desta característica foi identificada e utilizada pelo grupo de especialistas como critério para atribuição de menor importância para atividades relacionadas à identificação e tradução das necessidades dos clientes. As atividades do PDP relacionadas ao planejamento e garantia da qualidade do produto foram avaliadas pelos especialistas como mais importantes para níveis de customização superiores, visto que nesses níveis verifica-se uma maior agregação de valor ao produto, e como consequência, uma maior exigência por qualidade no produto pelos clientes. As atividades do PDP direcionadas a definição, desenvolvimento e detalhamento da arquitetura do produto foram avaliadas pelos especialistas como mais importantes para níveis de customização intermediários, como de Montagem. Nesse nível, a CM tende ser viabilizada

por uma arquitetura modular, módulos intercambiáveis e um planejamento sistemático de comunalidade de componentes indicando uma maior importância para essas atividades. As atividades do PDP direcionadas ao desenvolvimento e otimização do processo de manufatura, e redução de custos foram avaliadas pelos especialistas como mais importantes para níveis mais baixos de customização, visto que nesses níveis os produtos são mais padronizados, viabilizando maiores vantagens de escala de produção.

Apesar de estas dimensões afetarem a maior parte das atividades do PDP, foram identificadas sete atividades que são igualmente importantes para todos os níveis de customização. Estas atividades são: (0.1) Identificar oportunidades, (0.2) Avaliar e priorizar projetos, (1.10) Avaliar viabilidade econômica, (4.3) Obter licenças legais, (4.6) Treinar mão de obra, (4.7) Desenvolver plano de vendas e (5.3) Iniciar sistema de produção.

As atividades da fase de Planejamento (0), foram consideradas igualmente importantes em razão de que o efeito do nível de customização selecionado para o projeto começa a ser verificado somente nas atividades da fase 1, de Desenvolvimento do Conceito. As atividades de (1.10) Avaliar viabilidade econômica, (4.3) Obter licenças legais e (5.3) Iniciar sistema de produção foram consideradas indispensáveis para qualquer projeto, sendo sua importância considerada independente do nível de customização. Em níveis de customização baixos, tanto o Treinamento da mão de obra (4.7) quanto o (5.3) Desenvolvimento do plano de vendas, foram considerados importantes, visto que nesses níveis se verifica uma maior escala de produção e distribuição, além de um foco na redução de custos, mantendo essas atividades importantes em razão da maior necessidade de otimização e controle. Em níveis de customização superiores, a necessidade de maior flexibilidade de processos e integração do cliente, manteve a importância destas atividades considerada alta. Desta forma, essas atividades possuem importância igual para qualquer nível de customização, sendo que as práticas associadas a estas atividades devem ser igualmente recomendadas seja qual for o nível de customização selecionado para o projeto.

#### **5.3.6 Consolidação das práticas associadas a atividades e níveis de customização**

A partir dos resultados das etapas anteriores, foi possível consolidar a construção de um banco de dados para o protocolo de seleção de práticas de desenvolvimento de produtos orientado à CM. Nesse banco de dados, são apresentados os seguintes campos, conforme apresentado de forma parcial na Figura 5.5: (i) atividades do PDP, (ii) descrição das atividades do PDP, (iii) o grau de importância de cada uma destas atividades de acordo com o nível de customização, (iv) as práticas de PDP recomendadas para cada uma das atividades, (v) o objetivo geral da prática de PDP, (vi) a descrição do funcionamento da prática de PDP, (vii) a informação de entrada na aplicação da prática, (viii) o resultado final da aplicação da prática, (ix) as técnicas analíticas recomendadas na aplicação da prática, (x) as técnicas computacionais

recomendadas para a aplicação da prática e por fim (xi) o caso de aplicação desta prática de PDP

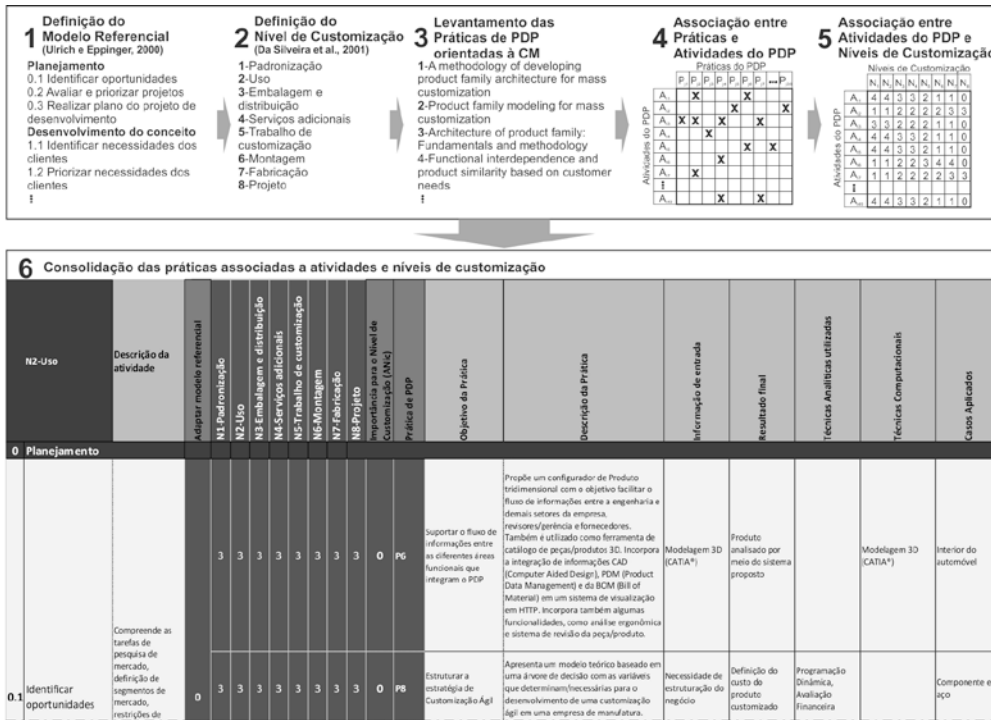


Figura 5.5 - Resultado parcial da consolidação das práticas de PDP  
Fonte: Elaborado pelos autores

## 5.4 PROTOCOLO PARA SELEÇÃO DE PRÁTICAS DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO ORIENTADO À CM

A aplicação do protocolo segue uma sequência de quatro etapas até a seleção das práticas de PDP mais indicadas para o projeto. A sequência de etapas para aplicação é apresentada na Figura 5.6.

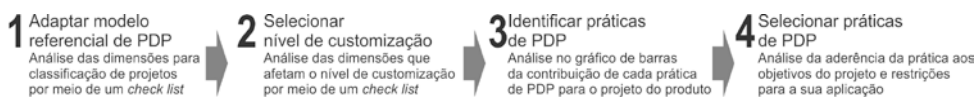


Figura 5.6 - Etapas de aplicação do protocolo  
Fonte: Elaborado pelos autores

### 5.4.1 Adaptar modelo referencial de PDP

A seleção das atividades a serem executadas é resultado de uma análise das características do projeto de desenvolvimento. Para tanto, este protocolo recomenda considerar as características do projeto apresentadas na revisão de literatura (Figura 5.1) para proceder a adaptação do modelo referencial. O resumo da etapa é apresentado na Figura 5.7, sendo que

seu resultado consiste na seleção das atividades do modelo referencial a serem executadas de acordo com as características do projeto de desenvolvimento. A partir dessa análise, o gerente de projeto procede a adaptação do modelo referencial de acordo com as características do projeto. Como alternativa, também podem ser utilizadas abordagens para classificação de projetos (CLARK; FUJIMOTO, 1991; WHEELWRIGHT; CLARK, 1992; EVARISTO; FENEMA, 1999; ULRICH; EPPINGER, 2000; SHENHAR et al., 2005; ROZENFELD et al., 2006) ou utilizar o método existente na empresa.

Informação de entrada	Método	Informação de saída
<ul style="list-style-type: none"> <li>Modelo de PDP referencial teórico proposto por Ulrich e Eppinger (2000)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análise das características para classificação de projetos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Atividades do PDP selecionadas para o projeto de desenvolvimento</li> </ul>

Figura 5.7 - Entrada, método e saída na etapa de adaptação do modelo referencial de PDP  
Fonte: Elaborado pelos autores

#### 5.4.2 Selecionar nível de customização

A identificação do nível de customização para o projeto de desenvolvimento consiste na análise dos requisitos do mercado e das restrições para operacionalizar o nível selecionado (DA SILVEIRA et al., 2001; QUIAO et al., 2008). Para realizar esse processo, o protocolo recomenda analisar a adoção do nível de customização selecionado em cada uma das dimensões relacionadas à percepção de valor e às restrições operacionais (Figura 5.3), como forma de verificar a viabilidade de implementação do nível de customização selecionado. Para realizar esse processo, o protocolo recomenda considerar as dimensões que afetam a percepção de valor pela customização assim como as restrições operacionais para implementá-la, mencionadas na Figura 5.3.

O resumo desta etapa é apresentado na Figura 5.8, sendo que seu resultado consiste na seleção de um dos oito níveis de customização propostos por Da Silveira et al. (2001) para o projeto do produto, a saber: N1-Padronização; N2-Uso; N3-Embalagem e distribuição; N4-Serviços adicionais; N5-Trabalho de customização; N6-Montagem; N7-Fabricação ou N8-Projeto.

Informação de entrada	Método	Informação de saída
<ul style="list-style-type: none"> <li>Projeto de PDP adaptado do modelo referencial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análise das dimensões que afetam o nível de customização</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nível de customização para o projeto do produto</li> </ul>

Figura 5.8 - Entrada, método e saída na etapa de selecionar nível de customização  
Fonte: Elaborado pelos autores

#### 5.4.3 Identificar práticas de PDP

Para a identificação das práticas de PDP recomendadas de acordo com as características do projeto foi desenvolvida uma planilha de dados que inclui as atividades do PDP, a importância da atividade do PDP para o nível de customização e as práticas recomendadas para execução ou suporte da atividade. A partir do banco de dados, a identificação da contribuição de cada prática de PDP para o projeto de desenvolvimento é obtida por meio da Equação 1.

$$WP_K = \sum_{i=1}^I A_i \times [AN_{(i,c)} \times AP_{(i,k)}] \quad (1)$$

Onde:

$WP_K$  = Contribuição da  $k$  – ésima prática de PDP para o projeto do produto, sendo  $k=1,2,3,\dots,K$

$A_i = \begin{cases} 0: & \text{quando a atividade do PDP não é selecionada para o projeto de desenvolvimento} \\ 1: & \text{quando a atividade do PDP é selecionada para o projeto de desenvolvimento} \end{cases}$

$AN_{(i,c)}$  = grau de importância da atividade  $i$  para um determinado nível de customização  $c$

$i = i$  – ésima atividade do PDP, sendo  $i = 1,2,3, \dots I$

$c$  = nível de customização selecionado para o projeto, sendo  $c = 1,2,3 \dots 8$

$AP_{(i,k)} = \begin{cases} 0: & \text{quando a prática do PDP não executa ou suporta a atividade } i \text{ do PDP} \\ 1: & \text{quando a prática do PDP executa ou suporta a atividade } i \text{ do PDP} \end{cases}$

Para as atividades que são igualmente importantes para os níveis de customização, sua importância é atribuída a partir da média da importância das atividades selecionadas para o projeto de desenvolvimento no nível de nível de customização selecionado. Com isso, a seleção das práticas associadas a essas atividades são recomendadas independentemente do nível de customização selecionado para o projeto do produto. Foi gerado um banco de dados parcial como forma de exemplificar o procedimento de identificação de práticas de PDP (Figura 5.9). O resumo desta etapa é apresentado na Figura 5.10.

Atividades do PDP	$A_i$	Níveis de Customização (c)								Práticas do PDP (K)				
		$N_1$	$N_2$	$N_3$	$N_4$	$N_5$	$N_6$	$N_7$	$N_8$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_K$
$A_1$ (independente)	0		2,75							1	0	0	0	0
$A_2$ (independente)	1		2,75							1	0	0	1	0
$A_3$	1	1	1	2	3	3	3	4	4	0	1	0	0	1
$A_4$	1	4	3	3	2	2	2	1	1	0	1	1	0	0
$A_5$	1	4	4	4	3	3	2	2	1	0	0	0	0	0
$A_1$	1	4	3	3	2	2	2	1	1	0	1	1	0	0
										$WP_1$	$WP_2$	$WP_3$	$WP_4$	$WP_K$

Figura 5.9 – Banco de dados parcial para a identificação das práticas de PDP  
Fonte: Elaborado pelos autores

Para o caso de selecionar o nível de customização N2-Uso para o projeto no exemplo parcial apresentado na Figura 5.9, a obtenção de  $WP_K$  seria:

Média da importância das atividades do PDP selecionadas para o nível de customização=  $1+3+4+3/4=2,75$

$WP_1 = [0 \times 2,75 \times 1] + [1 \times 2,75 \times 1] + [1 \times 1 \times 0] + [1 \times 3 \times 0] + [1 \times 4 \times 0] + [1 \times 4 \times 0] = 2,75$

$WP_2 = [0 \times 2,75 \times 0] + [1 \times 2,75 \times 0] + [1 \times 1 \times 1] + [1 \times 3 \times 1] + [1 \times 4 \times 0] + [1 \times 3 \times 1] = 7$

$WP_3 = [0 \times 2,75 \times 0] + [1 \times 2,75 \times 0] + [1 \times 1 \times 0] + [1 \times 1 \times 0] + [1 \times 3 \times 1] + [1 \times 4 \times 0] + [1 \times 3 \times 1] = 6$

$WP_4 = [0 \times 2,75 \times 0] + [1 \times 2,75 \times 1] + [1 \times 1 \times 0] + [1 \times 3 \times 0] + [1 \times 4 \times 0] + [1 \times 3 \times 0] = 2,75$

$WP_K = [0 \times 2,75 \times 0] + [1 \times 2,75 \times 0] + [1 \times 1 \times 1] \times [1 \times 3 \times 0] + [1 \times 4 \times 0] + [1 \times 3 \times 0] = 1$

Informação de entrada	Método	Informação de saída
<ul style="list-style-type: none"> <li>Projeto de PDP adaptado do modelo referencial</li> <li>Nível de customização para o projeto do produto</li> <li>Práticas de PDP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicação da Equação 1 no banco de dados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lista ordenada de práticas de PDP de acordo com sua contribuição ao projeto do produto (<math>WP_K</math>)</li> </ul>

Figura 5.10 - Entrada, método e saída na etapa de identificação de práticas de PDP  
Fonte: Elaborado pelos autores



#### 5.4.4 Seleção da prática de PDP

As práticas de PDP com maior contribuição ao projeto do produto, identificadas no gráfico de barras, são analisadas na planilha de consolidação das práticas de modo a verificar sua contribuição ao PDP e suas características de aplicação. Primeiramente, recomenda-se a análise da aderência de cada prática priorizada em relação aos objetivos propostos para o projeto do produto. A partir dessa análise, recomenda-se verificar as restrições relacionadas à inclusão da prática ao PDP da empresa. Estas restrições podem estar associadas às técnicas recomendadas na aplicação da prática ou a própria maturidade do processo de desenvolvimento para incorporar determinada prática no PDP. O resumo desta etapa é apresentado na Figura 5.11. Após a seleção das práticas, recomenda-se a realização de um plano para a sua inserção no processo de PDP da empresa, localizando sua aplicação no processo, identificando os envolvidos e os indicadores de controle de sua efetividade.

Informação de entrada	Método	Informação de saída
<ul style="list-style-type: none"><li>• Práticas de PDP priorizadas</li><li>• Principais objetivos do projeto</li><li>• Principais problemas do PDP da empresa</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Análise da aderência da prática aos objetivos do projeto e problemas da empresa.</li><li>• Análise das restrições relacionadas às técnicas analíticas e computacionais recomendadas pela prática.</li><li>• Análise das restrições relacionadas ao nível de maturidade do PDP da empresa.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Prática(s) de PDP selecionada(s)</li><li>• Localização da prática no PDP referencial</li></ul>

Figura 5.11 - Entrada, método e saída na etapa de seleção da prática de PDP  
Fonte: Elaborado pelos autores

### 5.5 APLICAÇÃO DO PROTOCOLO

A aplicação foi realizada em um projeto de móveis modulados para lojas de uma empresa de varejo, entre as maiores no segmento de loja de departamentos de vestuário no Brasil, com 115 lojas em diversos pontos do Brasil. A estratégia de expansão da empresa e a necessidade de manutenção dos atuais pontos de venda exige um constante fornecimento de mobília. Mais especificamente, o projeto em análise consiste em desenvolver uma nova versão para os balcões de atendimento e pagamento. Entre os objetivos da empresa, estão atingir maior flexibilidade de arranjos para os balcões de atendimento e pagamento, a fim de viabilizar sua utilização em uma maior variedade de espaços, assim como uma redução de custos de produção. Atualmente, em algumas situações, verifica-se a necessidade de adaptações nos produtos ou mesmo a produção de produtos únicos, aumentando os custos e o tempo de produção. A partir desta demanda, os benefícios da estratégia de CM tendem a contribuir para atingir os objetivos da empresa nesse projeto. A aplicação do protocolo foi realizada por meio de duas entrevistas, cada uma de duas horas, com o coordenador de projetos de mobiliário da empresa.

#### 5.5.1 Adaptação do modelo referencial

A empresa realiza os projetos de mobiliários, sendo que sua produção é realizada por uma empresa terceirizada. O processo de desenvolvimento da empresa possui uma nomenclatura de fases e atividades diferente da proposta no PDP referencial utilizado (ULRICH;



### 5.5.3 Identificação das práticas de PDP

A partir da adaptação do modelo referencial de PDP e da seleção do nível de customização para o projeto do produto, o protocolo disponibiliza a importância de cada atividade do PDP adaptado para o projeto do produto, de acordo como nível de customização selecionado. Para as atividades igualmente importantes do PDP selecionadas para o projeto, no nível de customização de 'N2-Uso', foi obtido um escore médio de 2,85. Este escore elevado é justificado em razão da seleção de diversas atividades relacionadas à tradução das necessidades do cliente no produto assim como de redução de custos, que em níveis baixos de customização, são consideradas mais importantes. A partir da aplicação da Equação 1 foi obtida a contribuição de cada prática de PDP para o projeto ( $WP_k$ ) para o projeto do produto, sendo que as práticas que mais recomendadas são apresentadas na Figura 5.13.

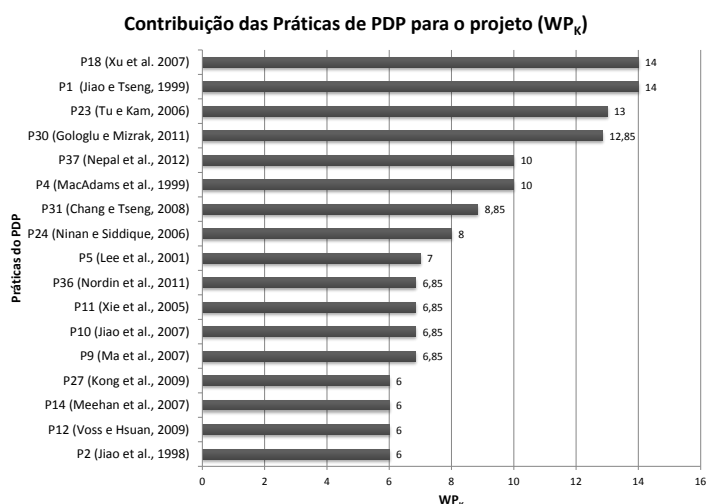


Figura 5.13 – As práticas de PDP ordenadas de acordo com a sua contribuição ao projeto de produto ( $WP_k$ )  
Fonte: Elaborado pelos autores

### 5.5.4 Seleção da prática de PDP

A partir contribuição de cada prática para o projeto, o gerente selecionou as oito práticas que mais contribuem para o projeto de desenvolvimento (P<sub>18</sub>, P<sub>1</sub>, P<sub>23</sub>, P<sub>30</sub>, P<sub>37</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>31</sub>, P<sub>24</sub>). A primeira etapa da análise para a seleção das práticas procurou identificar a aderência do objetivo da prática com o planejado no projeto. Procedeu-se a análise sobre o objetivo das oito práticas selecionadas. As práticas P<sub>23</sub>, P<sub>30</sub>, P<sub>37</sub>, P<sub>31</sub>, P<sub>24</sub> foram descartadas em razão do seu objetivo não estar alinhado com a proposta do projeto. As três práticas selecionadas (P<sub>1</sub>, P<sub>4</sub> e P<sub>18</sub>) tem como objetivo geral o projeto da família de produto por meio de uma arquitetura de produto modular.

A segunda etapa da análise procurou identificar as restrições para a aplicação das práticas selecionadas. Foram identificadas técnicas analíticas associadas à prática P<sub>1</sub> e P<sub>18</sub> consideradas

complexas pelo gerente de projeto. Na prática P<sub>1</sub>, a recomendação da técnica *Fuzzy Clustering Algorithm*, enquanto que a prática P<sub>18</sub>, recomenda a utilização algoritmo genético para a realização da otimização dos módulos dos produtos. Em razão da dificuldade em empregar essas técnicas, a prática P<sub>1</sub> e P<sub>18</sub> também foram descartadas pelo gerente de projeto.

A terceira etapa da análise procura identificar as restrições relacionadas à maturidade do PDP da empresa em empregar as práticas. A partir do descritivo da prática P<sub>4</sub>, não foram identificadas restrições quanto a sua aplicação no PDP da empresa. Desta forma, foi selecionada para aplicação a prática P<sub>4</sub>. A saída do protocolo disponibiliza um conjunto de informações necessárias para iniciar o planejamento para incorporação da prática no PDP da empresa (Figura 5.14).

#### P4

**Título:** Functional interdependence and product similarity based on customer needs (1999)

**Autores:** McAdams, D.A.; Stone, R.B.; Wood, K.L.

**Periódico:** Research in Engineering Design Theory Applications and Concurrent Engineering- Fator de Impacto (1,24)

**Objetivo Geral:** Identificar potenciais famílias de produtos

**Descritivo:** Por meio da aplicação da heurística para mapeamento funcional (Stone et al. 2000) é realizado o mapeamento dos fluxos no produto, tais como transmissão de calor, eletricidade entre outros. A partir deste mapeamento a proposta identifica funções comuns e encaminha a formação de módulos e o projeto da família de produto.

**Informação de entrada:** Mapeamento funcional dos produtos

**Informação de saída:** Índice de similaridade entre produtos

**Técnica Analítica recomendada:** Method of Module Heuristics (Stone, 1997)

**Técnica Computacional recomendada:** nenhuma

**Caso aplicado:** máquina de chá gelado, cafeteira e descascador de frutas

0. Planejamento (Planning)	1. Desenvolvimento do conceito (Concept development)	2. Projeto do sistema (System-level design)	3. Projeto detalhado (Detail design)	4. Teste e avaliações (Testing and refinement)	5. Produção (Production ramp-up)
0.2-Avaliar e priorizar projetos	1.4-Mapeamento funcional do sistema	2.1-Desenvolver estrutura do produto 2.2-Agrupar elementos em subsistemas 2.3-Desenvolver layout preliminar dos subsistemas 2.4-Identificar interações entre subsistemas 2.5-Desenvolver plano de diferenciação para a família de produtos			

Figura 5.14 – Informações sobre a aplicação da prática P<sub>4</sub>

Fonte: Elaborado pelos autores

A aplicação do protocolo de suporte à decisão para identificar e selecionar as práticas de PDP disponibilizou procedimentos para a eliminação de 38 práticas e a seleção de uma para ser aplicada ao PDP da empresa. Além disso, o protocolo disponibilizou um conjunto de informações relevantes para o planejamento da implementação da prática no processo de desenvolvimento da empresa. O protocolo também se apresentou útil para ser utilizado como um repositório de práticas de PDP. Os mecanismos disponíveis no protocolo permitem a busca de informações sobre as práticas contidas no banco de dados, viabilizando a sua busca por meio do objetivo, dos casos aplicados, assim como pelas técnicas recomendadas.

## 5.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em razão da dificuldade na implementação da estratégia de CM nas empresas (FOGLIATTO et al., 2003; MACARTHY, 2004; FOGLIATTO et al., 2012), esse artigo teve por objetivo identificar e selecionar práticas associadas ao PDP orientado à CM. O desenvolvimento deste trabalho foi baseado em três premissas: (i) a dificuldade em selecionar práticas de desenvolvimento de produto para direcionar o processo aos benefícios da CM; (ii) a seleção

das práticas depende das características do projeto e do (iii) nível de customização selecionado. A partir da primeira premissa, foi desenvolvido um protocolo de suporte a decisão para identificar, de acordo com as características do projeto, as práticas mais indicadas para a configuração do PDP selecionada. A construção do protocolo está baseada nas características do projeto do produto, que determina as atividades do PDP a serem adaptadas desde o modelo referencial, e da importância da execução destas para o nível de customização selecionado, considerando as premissas (ii) e (iii).

A partir dos procedimentos sugeridos pelo protocolo, é disponibilizada uma lista ordenada da contribuição de cada prática de PDP para o projeto de produto. A aplicação desse procedimento foi capaz de orientar a localização e seleção de uma prática de PDP para o projeto da empresa com maior possibilidade de agregação de valor ao projeto. A partir de um cenário frequente nas empresas de desconhecimento da natureza das práticas de PDP disponíveis na literatura, a aplicação desse protocolo permite o acesso e conhecimento das características das práticas, além de orientar o processo de seleção dessas práticas para sua implementação nos projetos de desenvolvimento.

Sua aplicação em um caso foi considerada satisfatória, contribuindo também para a tomada de decisão referente à adaptação do modelo de referência e seleção do nível de customização. O emprego deste protocolo se mostrou útil para ser utilizado como um repositório de práticas de PDP, podendo contribuir para o gerenciamento do processo de implementação do PDP para os benefícios propostos pela estratégia de CM.

A partir deste resultado, sugere-se como trabalhos futuros o aumento da base de dados de práticas de PDP, a fim de ampliar as alternativas de aplicação em diferentes casos. Também se recomenda o desenvolvimento de um sistema baseado na web, como forma de disseminar a aplicação deste protocolo, assim como, do repositório de práticas de PDP contido nesta ferramenta.

## REFERÊNCIAS

- ABDELKAFI, Nizar; PERO, Margherita; BLECKER, Thorsten; SIANESI, Andrea. NPD-SCM Alignment in Mass Customization. In. FOGLIATTO, Flavio S.; DA SILVEIRA, Giovanni J. C. *Mass Customization: Engineering and Managing Global Operations*. London: Springer Velag, 2011.
- ALFORD, Dave; SACKETT, Peter; NELDER, Geoff. Mass customization - an automotive perspective, *International Journal of Production Economics*, v.65, n.1, April, p. 99-110, 2000.
- BACK, Nelson; OGLIARI, André; DIAS, Acires; SILVA, Jonny C. Projeto Integrado de Produtos: planejamento, concepção e modelagem. São Paulo: Manole, 2008.
- BAE, JiHyun; MAY-PLUMLEE, Traci. Customer focused textile and apparel manufacturing systems: toward an effective e-commerce model. *Journal of Textile and Apparel, Technology Management*, v.4, n.4, p.1-19, Summer 2005.
- BARDAKCI, Ahmet; WHITELOCK, Jeryl. How “ready” are customers for mass customization? An exploratory investigation. *European Journal of Marketing*, v.38-n.11/12, p.1396-1416, 2004.
- BAXTER, Mike. *Projeto de produto*. 3ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2011.

- BLECKER, Thorsten; FRIEDRICH, Gerhard. Guest Editorial: mass customization manufacturing systems. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.54, n.1, p.4-11, February 2007.
- CHANG, Shu-Hsuan; TSENG, Hwai-En. Fuzzy Topsis Decision Method for Configuration Management. *International Journal of Industrial Engineering-Theory Applications and Practice*, v.15, n.3, p.304-313, 2008.
- CHEN, C.; WANG, L. Integrating rough set clustering and grey model to analyze dynamic customer requirements. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B-Journal of Engineering Manufacture*.v.222, n.2, February, p.319-332, 2008.
- CHEN, Y.H.; WANG, Y.Z.; WONG, M.H. A web-based fuzzy mass customization system. *Journal of Manufacturing Systems*, v.20, n.4, p.280-287, 2001.
- CHU, Chih-Hsing Chu; CHENG, Ching-Yi; WU, Che-Wen. Applications of the Web-based collaborative visualization in distributed product development. *Computers in Industry*, v.57, n.3, april, p.272-282, 2006.
- CLARK, Kim B.; FUJIMOTO, Takahiro. *Product development performance: strategy, organization and management in the world auto industry*. Boston: Harvard Business Press, 1991.
- CMMI Product Team. Capability Maturity Model® Integration (CMMI<sup>SM</sup>) version 1.1. CMU/SEI-2002-TR-028, 2002.
- CRAWFORD, C. Merle.; Di BENEDETTO, C. Anthony. *New products management*. 6ed. Boston: MacGraw Hill, 2000.
- DA SILVEIRA, Giovani J.; BORENSTEIN, Denis; FOGLIATTO, Flávio S. Mass customization: literature review and research directions. *International Journal of Production Economics*, v.72, p.1-13, 2001.
- DAABOUL, Joanna; DA CUNHA, Catherine; BERNARD, Alain; LAROCHE, Florent. Design for mass customization: product variety vs process variety. *Cirp Annals – Manufacturing Technology*, v.60, n.1, p.169-174, 2011.
- DANILOVIC, Mike; Browning, Tyson R. Managing complex product development projects with design structure matrices and domain mapping matrices. *International Journal of Project Management*, v.25, n.3, p. 300-314, April 2007.
- DAYCHOUW, M. *40 ferramentas e técnicas de gerenciamento*. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2007.
- DEAKINS, Eric; DILLON, Stuart. A helical model for managing innovative product and service initiatives in volatile commercial environments. *International Journal of Project Management*, v.23, n.1, p.65-74, January 2012.
- DU, Xuehong H.; JIAO, Jianxing X.; TSENG, Mitchell M. Architecture of product family: Fundamentals and methodology. *Concurrent Engineering-Research and Applications*, v.9, n.4, December, p.309-325, 2001
- DU, Xuehong, JIAO, Jianxin R.; TSENG, Mitchell M. Understanding customer satisfaction in product customization. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v.31, n.3-4, p.396-406, 2006.
- DURAY, Rebecca. Mass customization origins: mass or custom manufacturing? *International Journal of Operations & Production Management*, v. 22, n.3, p. 314-328, 2002.
- DURAY, Rebecca; WARD, Peter T.; MILLIGAN, Glenn W.; BERRY, William L. Approaches to mass customization: configurations and empirical validation. *Journal of Operations Management*, v.18, n.6, November, p. 605–625, 2000.
- EVARISTO, Roberto; VAN FENEMA, Paul, C. A typology of Project management emergence and evolution of new forms. *International Journal of Project Management*, v.17, n.5, p.275-281, 1999.
- FLYNN, Barbara; SAKAKIBARA, Sadao; SCHOROEDER, Roger G.; BATES, Kimberly A.; FLYNN, E. James. Empirical Research Methods in Operations Management. *Journal of Operations Management*, v.9, n.2, April, p.250-284, 1990.
- FOGLIATTO, Flávio S.; DA SILVEIRA, Giovani J.C.; BORENSTEIN, Denis The mass customization decade: An updated review of the literature. *International Journal of Production Economics*, v.138, n. 1, July, p.14-25, 2012.
- FOGLIATTO, Flávio S.; DA SILVEIRA, Giovani J.C.; ROYER, Rogério. Flexibility-driven index for measuring mass customization feasibility on industrialized products. *International Journal of Production Research*, v.41, n.8, p.1811-1829, 2003.

- FRANKE, Nikolaus, PILLER, Frank T. Value creation by toolkits of user design and innovation: the watch case. *Journal of Product Innovation Management*, v.21, n.6, p. 401-415, 2004.
- FRANKE, Nikolaus; KEINZ, P.; STEGER, C. Testing the Value of Customization: When Do Customers Really Prefer Products Tailored to their Preferences? *Journal of Marketing*, v.73, n.5, p. 103-121, September 2009.
- FRANKE, Nikolaus; PILLER, Frank T. Key research issues in user interaction with configuration toolkits in mass customisation. *The International Journal of Technology Management*, v.25, n.5/6, p.578-599, 2003.
- FRANKE, Nikolaus; SCHREIRER, Martin; KAISER, Ulrike. The "I designed it myself" effect in mass customization. *Management Science*, v.56, n. 1, p. 125-140, January, 2010.
- FUNG, Richard Y.K.; CHONG, Steven P.Y.; WANG, Yi. A framework of product styling platform approach: Styling as intangible modules. *Concurrent Engineering-Research and Applications*. V.12, n.2, June, p.89-103, 2004.
- GILMORE, J. H.; PINE II, J. B. The four faces of mass customization. *Harvard Business Review*, Jan-Feb, 90-102, 1997.
- GOLOGLU, Cevdet; MIZRAK, Cihan. An integrated fuzzy logic approach to customer-oriented product design. *Journal of Engineering Design*, v.22, n.2, February, p.113-127, 2011.
- GRIFFIN, Abbie. PDMA Research on New Product Development Practices: Updating Trends and Benchmarking Best Practices. *Journal of Product Innovation Management*, v.14, n.6, November, p.429-458, 1997.
- HART, Christopher W.L. Mass customization: conceptual underpinnings, opportunities and limits. *International Journal of Service Industry Management*, v.6, n.2, p.36-45, 1995.
- HAUG, Anders; KLAES, Ladeby, EDWARDS, Kasper. From Engineer-to-Order to Mass Customization. *Management Research News*, v.32, n.7, p.633 – 644, 2009.
- HEGDE, Vishwanath G.; KEKRE, Sunder; RAJIV, Surendra; TADIKAMALLA, Pandu R. Customization: Impact on Product and Process Performance. *Production and Operations Management*, v. 14, n. 4, Winter, p. 388-399, 2005.
- HELO, P. T.; XU, Q. L.; KYLLONEN, S. J.; JIAO, R. J. Integrated Vehicle Configuration System-Connecting the domains of mass customization, *Computers in Industry*, v.61, n.1, January, p.44-52, 2010.
- HEMETSBERGER, Andrea; GODULA, Georg. Virtual customer integration in new product development in industrial markets: The QLL framework. *Journal of Business-to-Business Marketing*, v.14, n.2, p.1-40, 2007.
- HUANG, George Q.; LI, Li; CHEN, X. ppXML: A generic and extensible language for lifecycle modelling of platform products, *Computers in Industry*, v.59, n.2-3, March, p.219-230, 2008.
- HUANG, George Q.; LI, Li; LAU, T. L.; CHEN, X. A generic and extensible information infrastructure framework for mass-customizing platform products, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, v.20, n.2-3, March-May, p.292-306, 2007.
- HUANG, George.; BIN, S.; HALEVI, G. Product platform identification and development for mass customization. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, v.52, n.1, p.117-120, 2003.
- HUFFMAN, Cynthia; KAHN, Barbara E. Variety for sale: Mass customization or mass confusion? *Journal of Retailing*, v.74, n.4, p.491-513, Autumn 1998.
- JIAO, Jianxin R.; TSENG, Mitchell M. Fundamentals of Product Family Architecture. *Integrated Manufacturing Systems*, v.11, n.7, 2000.
- JIAO, Jianxin.; MA, Qin Hai; TSENG, Mitchell M. Toward high-added products and services: mass customization and beyond. *Technovation*, v.23, p.809-821, October 2003.
- JIAO, Jianxin; TSENG, Mitchell M. Customizability analysis in design for mass customization. *Computer-Aided Design*, v.36, n.8, July, p. 745-757, 2004.
- JIAO, Jianxing R. J.; XU, Qianli; DU, Jun; ZHANG, Yiyang; HELANDER, Martin; KHALID, Halimahtun M.; HELO, Petri; NI, Cheng. Analytical affective design with ambient intelligence for mass customization and personalization. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, v.19, n.4, p.570-595, 2007.

- JIAO, Jianxing R. J.; XU, Qianli; DU, Jun; ZHANG, Yiyang; HELANDER, Martin; KHALID, Halimahtun M.; HELO, Petri; NI, Cheng. Analytical affective design with ambient intelligence for mass customization and personalization. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, v.19, n.4, p.570-595, 2007.
- JIAO, Jianxing R. X.; TSENG, Mitchell M.; DUFFY, V.G.; LIN, F.H. Product family modeling for mass customization, *Computers & Industrial Engineering*, v.35, n.3-4, p.495-498, 1998.
- JIAO, Jianxing Roger; TSENG, Mitchell M. A methodology of developing product family architecture for mass customization, *Journal of Intelligent Manufacturing*, v.10, n.1, March 1999, p.3-20.
- JOHNSON, Michael D.; KIRCHAIN, Randolph E. The importance of product development cycle time and cost in the development of product families. *Journal of Engineering Design*, v.16, n.3, p.371-390, 2011.
- JOHNSON, Michael DeShawn; KIRCHAIN, Randolph. Developing and Assessing Commonality Metrics for Product Families: A Process-Based Cost-Modeling Approach. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.57, n.4, November, p.634-648, 2010.
- JOSE, Alberto; TOLLENAERE, Michel. Modular and platform methods for product family design: literature analysis, *Journal of Intelligent Manufacturing*, v.16, n.3, p.371-390, June 2005.
- KAHN, Barbara E.; HUFFMAN, Cyntia. Variety for sale: mass customization or mass confusion. *Journal of Retailing*, v.74, n.4, p.491-513, 1998.
- KAHN, Kenneth B.; BARCZAK, Gloria; NICHOLAS, John; LEDWITH, Ann; PERKS, Helen. An Examination of New Product Development Best Practice. *Journal of Product Innovation Management*, v.29:n.2, p. 180–192, March 2012.
- KARPOWITZ, Daniel J.; COX, Jordan J.; HUMPHERYS, Jeffrey C.; WARNICK, Sean C. A dynamic workflow framework for mass customization using web service and autonomous agent techniques. *Journal of Intelligent Manufacturing*, v.19, n.5, October, p.537-552, 2008.
- KHODDAMI, Soheila; MORADI, Hamid; AHMADI, Parviz. The Impact of Three Dimensions of the Value of the Mass-customized Product on the Overall Perceived Value of MC and the Purchase Intention. *European Journal of Economics, Finance and Administrative Sciences*, v.31, p.31-48, April, 2011.
- KITCHENHAM, B. *Procedure for Undertaking Systematic Reviews*, Joint Technical Report Computer Science Department, Keele University (TR/SE-0401) and National ICT Australia Ltd. (0400011T.1), 2004.
- KITCHENHAM, B.; BRERETON, O.P.; BUDGEN, D.; TURNER, M.; BAILEY, J.; LINKMAN, S. Systematic literature reviews in software engineering – A systematic literature review, *Information and Software Technology*, v.51, n.1, p.7-15, January 2009.
- KONG, F. B.; MING, X. G.; WANG, L.; WANG, X. H.; WANG, P. P. On Modular Products Development. *Concurrent Engineering-Research and Applications*, v.17, n.4, p.291-300, December 2009.
- KONTIO, Jyrki; LEHTOLA, Laura; BRAGGE, Johanna. Using de focus group method in software engineering: obtaining practitioner and user experiences. *Proceedings of International Symposium on Empirical Software Engineering (ISESE)*. IEEE Computer Society, Redondo Beach, United States, August 2004.
- KOTHA, Suresh. From mass production to mass customization: the case of the National Industry Bicycle Company of Japan. *European Management Journal*. v.14, n.5, p. 442-450, 1996.
- KOTHA, Suresh. Mass customization: implementing the emerging paradigm for competitive advantage. *Strategic Management Journal*. v. 16, Summer, p. 21-42, 1995.
- LAMPEL, Joseph; MINTZBERG, Henry. Customizing Customization. *Sloan Management Review*, v.38, n.1, p.21-30, Fall 1996.
- LAU, Antonio K.W. Supplier and customer involvement on new product performance: Contextual factors and an empirical test from manufacturer perspective. *Industrial Management & Data Systems*, v. 111, n.6, p.910-942, 2011.
- LEE, W.B.; LAU, Henry.; LIU, Zhuo-zhi; TAM, Samson. A fuzzy analytic hierarchy process approach in modular product design. *Expert Systems*, v.18, n.1, February 2001, p.32–42.
- LI, Der-Chiang; CHANG, Fengming, M.; CHANG, Sun-Cha. The relationship between affecting factors and mass-customisation level: the case of a pigment company in Taiwan. *International Journal of Production Research*, v.48, n.18, September, p.5358-5395, 2010.



- LI, Yanfeng; CHANG, Xiaomeng; TERPENNY, Janis P.; GILBERT, Tracee. Ontology-Based Multiplatform Identification Method, *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, v.10, n.3, September, p.031011-10, 2010.
- LIU, Zhuo; WONG, Yoke San; LEE, Kim Seng. Modularity analysis and commonality design: a framework for the top-down platform and product family design. *International Journal of Production Research*, v.48, n.12, June, p.3657-3680, 2010.
- MA, Min-Yuan; CHEN, Cheih-Ying; WU, Fong-Gong. A design decision-making support model for customized product color combination. *Computers in Industry*, v.58, n.6, August, p. 504-518, 2007.
- MA, Yongsheng; JIAO, Jianxin Roger; DENG, Yimin. Web Service-oriented Electronic Catalogs for Product Customization, *Concurrent Engineering*, v.16, n. 4, , p.263-270, December 2008.
- MACCARTHY, Bart; BRABAZON, Philip G.; BRAMHAM, Johanna. Fundamental modes of operation for mass customization. *International Journal of Production Economics*, v.85, n.3, p.289–304, September 2003.
- MARION, Tucker J.; FREYER, Matthew; SIMPSON, Timothy W.; WYSK, R.A. Design for mass customization in the early stages of product development. *Proceedings of ASME*, Philadelphia, Pennsylvania, September, 2006.
- MATZLER, Kurt; STIEGER, Daniel; FÜLLER, Johann. Consumer Confusion in Internet-Based Mass Customization: Testing a Network of Antecedents and Consequences. *Journal of Consumer Policy*, v.34, n.2, p.231-247, 2011.
- MCADAMS, Daniel A.; STONE, Robert B.; WOOD, Kristin L. Functional Interdependence and Product Similarity Based on Customer Needs, *Research in Engineering Design*, v.11, n.1, p.1-19, 1999.
- MCCARTHY, Ian P. Special issue editorial: the what, why and how of Mass customization. *Production Planning & Control*, v.15, n.4, p.347-351, 2004.
- MEEHAN, J. S.; DUFFY, A. H. B.; WHITFIELD, R. I. Supporting 'design for re-use' with modular design. *Concurrent Engineering-Research and Applications*, v.15, n.2, June, p.141-155, 2007.
- MERLE, Aurelie; CHANDON, Jean-Louis; ROUX, Elyette; ALIZON, Fabrice. Perceived value of the mass-customized product and mass customization experience for individual consumers. *Production and Operations Management*, v.19, n.5, p.503-514, 2010.
- MERLE, Aurélie; SENEAL, Sylvain; ST-ONGE, Anik.. Whether and How Virtual Try-On Influences Consumer Responses to an Apparel Web Site. *International Journal of Electronic Commerce*, v.16, n.3, p.41-64, Spring, 2012.
- MEYER, Marc H.; LEHNERD, Alvin P. *The power of product platforms: building value and cost leadership*. New York: Free Press, 1997.
- MORGAN, David L. Focus Group. *Annual Review of Sociology*, v.22, p.129-152, 1996.
- NEPAL, Bimal; MONPLAISIR, Leslie; FAMUYIWA, Oluwafemi. Matching product architecture with supply chain design. *European Journal of Operational Research*, v.216, n.2, January, p.312-325, 2012.
- NINAN, Jiju A.; SIDDIQUE, Zahed. Internet-based framework to support integration of customer in the design of customizable products. *Concurrent Engineering-Research and Applications*, v.14, n.3, September, p.245-256, 2006.
- NORDIN, Axel; HOPF, Andreas; MOTTE, Damien; BJARNEMO, Robert; ECKHARDT, Claus-Christian. An Approach to Constraint-Based and Mass-Customizable Product Design. *Journal of Computing and Information Science in Engineering*. v.11, March, p.011006-7, 2011.
- PAHL, Gerhard; BEITZ, Wolfgang. *Engineering design: a systematic approach*. 2ed. New York: Springer Verlag, 1996.
- PAN, Bernice; HOLLAND, Ray. A mass customised supply chain for the fashion system at the design-production interface, *Journal of Fashion Marketing and Management*, v.10, n.3, p.345–359, 2006.
- PERO, Margherita; ABDELKAFI, Nizar; SIANESI, Andrea; BLECKER, Thorsten. A framework for the alignment of new product development and supply chains. *Supply Chain Management: An International Journal*, v.15, n.2, p.115-128, 2010.

PILLER, Frank T. Mass customization: reflections on the state of the concept. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 16, n. 4, p. 313-334, October 2004.

PILLER, Frank T.; STOTKO, Christof M. Mass customization: four approaches to deliver customized products and services with mass production efficiency, *Proceedings to the 2002 IEEE International Engineering Management Conference. Managing Technology for the New Economy*, Cambridge, UK, p.773-778, 2002.

PINE II, B. Joseph. *Mass Customization: the new frontier in business competition*. Boston: Harvard Business School Press, 1993.

QIAO, Yong-zhong; TANG, Wei-qin; ZHANG; Yin. Dynamic method for identifying customization level. *Chinese Business Review*, v.7, n.1, Jan. p.45-48, 2008.

QU, T.; BIN, S.; HUANG, George Q.; YANG, H. D. Two-stage product platform development for mass customization. *International Journal of Production Research*, v.49, n.8, April, p.2197-2219, 2011.

QUINTELLA, Heitor, L.M.; ROCHA, Henrique M. Nível de maturidade e comparação dos PDPs de produtos automotivos. *Produção*, v.17, n.1, p.199-215, 2007.

RIBEIRO, José L. D.; NEWMANN, Carla R. Estudos qualitativos com apoio de grupos focados. *Anais do X Seprosul – Semana de Engenharia de Produção Sul Americana*, Santiago, Chile, novembro de 2010.

ROOZENBURG, N. F. M.; EEKELS, J. *Product design: fundamentals and methods*, Chichester: John Wiley & Sons, 1995.

ROSS, Alastair. Mass customization: selling uniqueness. *Manufacturing Engineer*, v.75, n.6, p.260-263, 1996.

ROZENFELD, Henrique; FORCELLINI, Fernando A.; AMARAL, Daniel C.; TOLEDO, José C.; SILVA, Sérgio L.; ALLIPRANDINI, Dario H.; SCALICE, Regis K. *Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo*. São Paulo: Saraiva, 2006.

SALVADOR, F.; FORZA, C.; RUNGTUSANATHAM, M. Modularity, product variety, production volume, and component sourcing: theorizing beyond generic prescriptions. *Journal of Operations Management*, v.20, n.5, p.549-575, September 2002.

SCHREINER, Martin. The value increment of mass-customized products: an empirical assessment. *Journal of Consumer Behavior*, v.5, n.4, p.317-327, 2006.

SHENHAR, Aaron J. One Size Does Not Fit All Projects: Exploring Classical Contingency Domains. *Management Science*, v.47, n.3, March, p.394-414, 2001.

SHENHAR, Aaron J. Strategic Project Leadership® Toward a Strategic Approach to Project Management. *R&D Management*, v.34, n.5, p.569-578, 2004.

SHENHAR, Aaron; DVIR, Dov. Toward a Typological Theory of Project Management. *Research Policy*, v.25, n.4, June, p.607-632, 1996.

SHENHAR, Aaron; DVIR, Dov; MILOSEVIC, Dragan; MULENBURG, Jerry; PATANAKUL, Peerasit; REILLY, Richard; RYAN, Michael; SAGE, Andrew; SAUSER, Brian; SRIVANNABOON, Sabin; STEFANOVIC, Joca; THAMBAIN, Hans. Toward a NASA-Specific Project Management Framework. *Engineering Management Journal*, v.17, n.4, December, p.8-16, 2005.

SIMONSON, Itamar. Determinants of Customers' Responses to Customized Offers: Conceptual Framework and Research Propositions. *Journal of Marketing*, v.69, n.1, p.32-45, January 2005.

SIMPSON, Timothy W.; SIDDIQUE, Zahed; JIAO, Jianxin Roger. *Product Platform and Product Family Design: methods and applications*, New York: Springer Verlag, 2006.

SMITH, Shana; JIAO, Roger; CHU, Chih-Hsing. Editorial: advances in mass customization. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 2012. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1007/s10845-012-0700-3>>. Arquivo acessado em 31 de outubro de 2012.

SQUIRE, Brian; READMAN, Jeff; BROWN, Steve; BESSANT, John. Mass customization: the key to customer value? *Production Planning & Control*, v.15, n.4, p.459-471, June 2004.

TANG, ZJ; CHEN, RQ; JI, XH. Operational tactics and tenets of a new manufacturing paradigm 'instant customerisation'. *International Journal of Production Research*, v.43, n.14, July, p.2873-2894, 2005.

TSENG, Mitchell M.; DU, Xuehong. Design by Customers for Mass Customization Products, *Annals of the CIRP*, v.47, n.1, 1998.

- TSENG, Mitchell M.; JIAO, Jianxin. Concurrent design for mass customization. *Business Process Management Journal*, v.4, n.1, 1998b.
- TSENG, Mitchell M.; JIAO, Jianxin. Design for mass customization by developing product family architecture. *Proceedings of ASME Design Engineering Technical Conferences*, September, Atlanta, Georgia, 1998a.
- TSENG, Mitchell M.; JIAO, Jianxin. Design for mass customization. *Annals of the CIRP*, v.45, jan. 1996.
- TSENG, Mitchell M.; JIAO, Jianxin. *Mass Customization*, In. Handbook of Industrial Engineering, 3ed. SALVENDY, Gavriel (Org.), USA: John Wiley & Sons Inc., 2001.
- TSENG, Mitchell. M.; JIAO, Jianxin R.; WANG, C. Design for mass personalization. *Cirp Annals – Manufacturing Technology*, v.59, n.1, p.175-178, 2010.
- TU, Y. L.; XIE, S. Q.; FUNG, RICHARD, Y. K. Product development cost estimation in mass customization. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.54, n.1, February, p.29-40, 2007.
- TU, Y.L.; KAM, J.J. Manufacturing network for rapid tool/die making. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, v.19, n.1, January-February, p.79-89, 2006.
- ULRICH, K.T. *Users, Experts, and Institutions in Design*. In: ULRICH, K. T. Design: creation of artifacts in society. University of Pennsylvania, 2011. Disponível em <<http://opim.wharton.upenn.edu/~ulrich/designbook.html>>. Acesso em set. 2011.
- ULRICH, Karl T.; EPPINGER, Steven D. *Product Design and Development*, 2<sup>ed</sup>, Boston: McGraw Hill, 2000.
- VAN HOEK, R.I. The rediscovery of postponement a literature review and directions for research, *Journal of Operations Management*, v.19, n.2, p.161-184, February 2001.
- VOSS, Christopher A.; HSUAN, Juliana. Service Architecture and Modularity. *Decision Sciences*, v.40, n.3, p.541-569, 2009.
- WACKER, John, G. A Definition of Theory: research guidelines for diferente theory-building research methods in operations management. *Journal of Operations Management*, v.16, n.4, July, p.361-385, 1998.
- WHEELWRIGHT, Stephen C.; CLARK, Kim B. Revolutionizing product development: quantum leaps in speed, efficiency and quality. New York: Free Press, 1992.
- WHEELWRIGHT, Steven C.; CLARK, Kim. Creating Project Plans to Focus Product Development. *Havard Business Review*, March-April, p.1-14, 1992.
- WIND, Jerry; RAMASWAMY, Arvind. Customerization: the next revolution in mass customization. *Journal of Interactive Marketing*, v.15, n.1, p.13–32, 2001
- XIE, S.Q. A decision support system for rapid one-of-a-kind product development. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v.28, n.7-8, p.643-652, 2006.
- XIE, S.Q.; XU, X.; TU, Y.L. A reconfigurable platform in support of one-of-a-kind product development. *International Journal of Production Research*, v.43, n.9, may p.1889-1910, 2005.
- XU, Q. L.; ONG, S. K.; NEE, A. Y. C. Evaluation of product performance in product family design re-use. *International Journal of Production Research*, v.45, n.18-19, October, 4119-4141, 2007.
- YANG, Biao; BURNS, Neil D. Implications of postponement for the supply chain. *International Journal of Production Research*, v.41, n.9, p.2075-2790, 2003.
- YANG, Biao; BURNS, Neil D.; BACKHOUSE, Chris J. Postponement: a review and an integrated framework, *International Journal of Operations & Production Management*, v.24, n.5, p.468-487, 2004.
- YASSINE, Ali; KIM, Ki-Chan; ROEMER, Thomas; HOLWEG, Matthias. Investigating the role of IT in customized product design. *Production Planning & Control*, v.15, n.4, p.422-434, June 2004.
- YE, Xiaoli; THEVENOT, Henri J.; ALIZON, Fabrice; GERSHENSON, John K.; KHADKE, Kiran; SIMPSON, Timothy W.; SHOOTER, Steven B. Using product family evaluation graphs in product family design. *International Journal of Production Research*, v.47, n.13, July, p.3559-3585, 2009.
- ZIPKIN, P. The limits of mass customization. *Sloan Management Review*, v.42, n.3, p.81–87, 2001.

## 6 FERRAMENTA DE SUPORTE À DECISÃO PARA SELEÇÃO DE TÉCNICAS PARA O PDP ORIENTADO À CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA

Diego de Castro Fettermann  
Márcia Elisa Soares Echeveste

### Resumo

*O emprego de técnicas no Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) consiste em uma alternativa para orientar o projeto do produto para os benefícios da estratégia de Customização em Massa (CM). A partir disso, este artigo tem por objetivo propor uma ferramenta de suporte à decisão para a seleção e aplicação de técnicas para o PDP orientado à CM. Para tanto, foram consideradas no desenvolvimento da ferramenta as características do projeto de desenvolvimento, assim como o nível de customização selecionado para o produto. A utilização da ferramenta é ilustrada no projeto de desenvolvimento de produto de uma empresa que pretende direcionar seu processo de desenvolvimento para a CM. Os resultados indicam a capacidade da ferramenta em suportar a seleção de técnicas para o PDP e contribuir para direcionar o processo de desenvolvimento para a estratégia de CM.*

### 6.1 INTRODUÇÃO

A estratégia de Customização em Massa (CM) consiste na habilidade em se produzir produtos e serviços customizados por meio de processos de fabricação adaptados, afim de produzir rapidamente grande variedade de produtos a um baixo custo (PINE II, 1993). Como forma de implementar a CM, recomenda-se, além da adoção de tecnologias de manufatura (KOTHA, 1995; DA SILVEIRA et al., 2001, FRANKE; PILLER, 2003; PILLER, 2004), um Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) direcionado aos objetivos da CM (SALVADOR et al., 2002, GILMORE; PINE II, 1997; JOSE; TOLLENAERE, 2005).

Entretanto, a transição para a estratégia de CM tende a ser um problema complexo nas empresas. Segundo MacCarthy (2004), a dificuldade em implementar a CM reside na falta de propostas para determinar a transformação do processo atual para atingir aos novos objetivos. Nesse sentido, é ressaltada importância de pesquisas direcionadas ao processo de implementação da CM nas empresas (FOGLIATTO et al., 2003; MACCARTHY, 2004; LAU, 2011). Essa dificuldade também é verificada no PDP, visto que os estudos desenvolvidos na área possuem baixa aderência à realidade dos projetos de desenvolvimento das empresas (KAHN et al., 2012).

A incorporação de técnicas no PDP consiste em uma alternativa para orientar a melhoria de desempenho do processo de desenvolvimento de novos produtos (ROZENFELD et al., 2006). O emprego dessas técnicas visa contribuir ou suportar a execução das atividades previstas no projeto de desenvolvimento. As técnicas recomendadas para o PDP orientado à CM possuem foco diversificado, podendo ser aplicadas em diversas fases do processo de desenvolvimento. Seu emprego é recomendado, desde as atividades iniciais do PDP até o lançamento do produto. Na atividade inicial do desenvolvimento, de avaliar e priorizar projetos, é recomendada a utilização da técnica de opções reais (KONG et al., 2009) e da técnica análise de decisão multicritério (YE et al., 2009). O mesmo acontece para atividades finais do desenvolvimento, com a recomendação da técnica de *Virtual Reality Modeling Language* (VRML) (CHEN et al., 2001; NINAN; SIDDIQUE, 2006) para o suporte à atividade de lançamento do produto. A diversidade das técnicas recomendadas para o PDP, além da dificuldade das empresas em localizá-las na literatura, incita duas principais questões relacionadas à realidade dos projetos de desenvolvimento: (i) quais técnicas são recomendadas para as características específicas do projeto de desenvolvimento, e (ii) quais atividades do processo de desenvolvimento estão associadas ao emprego da técnica selecionada. Essas questões dificultam o processo de transição para o PDP orientado à CM, e por consequência, a implantação da estratégia de CM nas empresas. A partir disso, o presente artigo tem por objetivo propor uma ferramenta de suporte à decisão para a seleção e aplicação de técnicas para o PDP orientado à CM.

Questões relacionadas às características do projeto, tais como complexidade do produto, grau de inovação ou tecnologia utilizada tendem a ser decisivas para a seleção das atividades a serem executadas durante o desenvolvimento do produto, e por consequência, das técnicas recomendadas para executar ou suportar essas atividades. Além disso, a quantidade de opções oferecida para o cliente, entendida como o grau de individualização do produto ou o nível de customização (DA SILVEIRA et al., 2001), também se apresenta como uma questão importante. Empresas que atuam em níveis mais altos de customização, permitem maior liberdade ao cliente para configurar o produto; em razão disto, interagem mais com clientes durante o desenvolvimento e necessitam mais de técnicas com essa finalidade. Em outro contexto, em empresas que atuam com menores níveis de customização, possuem produtos mais padronizados, e por isso, tendem a possuir um maior foco em atividades de otimização do produto e do processo, direcionando a aplicação de técnicas para essas finalidades. A partir dessas questões, este artigo é desenvolvido baseado nas seguintes premissas:

- (i) A seleção das técnicas para o desenvolvimento de produto a serem utilizadas depende das características do projeto do produto.
- (ii) A seleção das técnicas para o desenvolvimento de produto depende do nível de customização selecionado para o projeto do produto.

Entre as contribuições deste artigo está o desenvolvimento de um repositório de técnicas aplicáveis ao PDP orientado à CM, permitindo à empresa selecionar quais técnicas desse repositório possuem maior contribuição, de acordo com as características do projeto de desenvolvimento. A partir desse resultado, também é possível desenvolver um planejamento sobre a implementação das técnicas no PDP, assim como o desenvolvimento, junto à equipe de projeto, do conhecimento necessário para seu efetivo emprego. Além disso, é planejado o desenvolvimento de um sistema interativo incorporando a operacionalização da ferramenta proposta, afim de contribuir para sua assimilação e disseminação do conhecimento.

Este artigo está dividido em quatro seções. Na introdução, são apresentados o objetivo e as premissas que orientaram o desenvolvimento deste trabalho. A segunda seção apresenta as etapas de desenvolvimento da ferramenta proposta. A terceira seção apresenta a ferramenta desenvolvida com sua aplicação ilustrada no caso de um projeto de mobiliário. Por fim, a quarta seção apresenta as considerações finais e as sugestões de pesquisas.

## **6.2 DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA DE SUPORTE A DECISÃO PARA A SELEÇÃO E APLICAÇÃO DE TÉCNICAS PARA O PDP ORIENTADO À CM**

O desenvolvimento de produto consiste em um conjunto de atividades que iniciam com a pesquisa das oportunidades de mercado e terminam com a produção, venda e entrega do produto (ULRICH; EPPINGER, 2000). Essas atividades são organizadas em um modelo de referência, que é constituído a partir da estruturação das etapas e atividades operacionais necessárias para a execução de um projeto (ROZENFELD et al., 2006). As técnicas têm por característica contribuir ou suportar a realização dessas atividades (MITCHAM, 1994), sendo que normalmente estão vinculadas aos métodos e ferramentas propostos. Nesse trabalho, as técnicas são classificadas como: (i) técnicas analíticas, que suportam a execução das atividades do PDP, e (ii) técnicas computacionais, normalmente associadas a *softwares*, que suportam a execução das atividades. O desenvolvimento da ferramenta acontece em quatro etapas: (i) levantamento das técnicas para o PDP orientado à CM, (ii) associação entre atividades e níveis de customização, (iii) identificação das técnicas para o projeto, e por fim, (iv) consolidação dos dados.

### **6.2.1 Levantamento das técnicas para o PDP orientado à CM**

Foi utilizado o procedimento de revisão sistemática da literatura (KITCHENHAM, 2004), a fim de identificar métodos e ferramentas propostos para o PDP, para por fim, localizar quais técnicas são recomendadas para o PDP por esses métodos e ferramentas. Foram procurados artigos publicados em periódicos indexados nas bases de dados *Web of Science*, *EBSCO e Science Direct*. O algoritmo de busca utilizou as palavras-chave: “product development” AND “mass customization” OR “mass customisation”. Essa busca foi realizada entre os dias 01 e 10 de outubro de 2012 e está restrita ao título, palavras chave e resumo, sendo que não

houve delimitação de data da publicação. Foram identificados 91 artigos distintos, sendo que 39 continham a proposta de um método ou ferramenta para o PDP orientado à CM. Entre as 39 propostas de métodos e ferramentas para o PDP contidas nesses artigos, foi identificada a recomendação de utilização no PDP de 47 diferentes técnicas analíticas, e outras 20 técnicas computacionais (Figura 6.1).

id	Autores	Ano	Técnicas Analíticas	Técnicas Computacionais
P <sub>1</sub>	Jiao, J.X.; Tseng, M.M.	1999	Algoritmo de agrupamento; Análise da árvore do produto; Processo de Análise Hierárquica (AHP); Avaliação financeira; Projeto para Postergação; Projeto para Variedade, Análise de Agrupamentos Fuzzy; Gráfico de Pareto, Matrix Decomposition (Pimpler, Eppinger, 1994); Pesquisa com clientes, Survey	
P <sub>2</sub>	Jiao, J.X.; Tseng, M.M.; Duffy, V.G.; Lin, F.H.	1998	Análise da árvore do produto	
P <sub>3</sub>	Du, X.H.; Jiao, J.X.; Tseng, M.M.	2001	Análise da árvore do produto	
P <sub>4</sub>	McAdams, D.A.; Stone, R.B.; Wood, K.L.	1999	Method of Module Heuristics (Stone, 1997)	
P <sub>5</sub>	Lee, W.B.; Lau, H.; Liu, Z.Z.; Tam, S.	2001	Processo de Análise Hierárquica Fuzzy (FAHP)	
P <sub>6</sub>	Chu, C.H.; Cheng, C.Y.; Wu, C.W.	2006		Active Server Pages (ASP); Catia; HyperText Transfer Protocol (HTTP); Product Data Management (PDM)
P <sub>7</sub>	Tu, Y. L.; Xie, S. Q.; Fung, Richard Y. K.	2007	Processo de Análise Hierárquica (AHP); Avaliação financeira; Programação dinâmica	
P <sub>8</sub>	Tang, Z.J.; Chen, R.Q.; Ji, X.H.	2005	Estrutura de suporte a decisão	
P <sub>9</sub>	Ma, M.Y.; Chen, C.Y.; Wu, F.G.	2007	Análise Fatorial; Processo de Análise Hierárquica Fuzzy (FAHP); Pesquisa com clientes e especialistas	
P <sub>10</sub>	Jiao, R.J.; Xu, Q.; Du, J.; Zhang, Y.; Helander, M.; Khalid, H.M.; Helo, P.; Ni, C.	2007	Algoritmo de Configuração; Análise Conjunta; Data Mining; Projeto de Experimentos (DOE); Pesquisa com clientes e especialistas	Augmented Reality (AR); Digital Mock up; Virtual Reality (VR)
P <sub>11</sub>	Xie, S.Q.; Xu, X.; Tu, Y.L.	2005		Common Object Request Broker Architecture (CORBA); eXtensible Markup Language (XML); Java Programming Language; Knowledge Query Manipulation Language (KQML); Platform Product eXtensible Markup Language (ppXML)
P <sub>12</sub>	Voss, C.A.; Hsuan, J.	2009	Indicador de variedade; Indicador de comunalidade	
P <sub>13</sub>	Chen, Y.H.; Wang, Y.Z.; Wong, M.H.	2001	Lógica fuzzy	Virtual Reality Modeling Language (VRML)
P <sub>14</sub>	Meehan, J. S.; Duffy, A. H. B.; Whitfield, R. I.	2007	Análise de Agrupamento, Design Structure Matrix (Stewerd, 1981); Otimização de agrupamento	
P <sub>15</sub>	Xie, S.Q.	2006	Avaliação Financeira	HyperText Transfer Protocol (HTTP); Common Object Request Broker Architecture (CORBA)
P <sub>16</sub>	Huang, G.; Bin, S.; Halevi, G.	2003	Otimização de agrupamento; Análise da árvore do produto;	
P <sub>17</sub>	Hemetsberger, A.; Godula, G.	2007	Estrutura de suporte a decisão	
P <sub>18</sub>	Xu, Q. L.; Ong, S. K.; Nee, A. Y. C.	2007	Matriz de correlação; Method of Module Heuristics (Stone, 1997); Otimização de agrupamento	
P <sub>19</sub>	Fung, R.Y.K.; Chong, S.P.Y.; Wang, Y.	2004		
P <sub>20</sub>	Chen, C.; Wang, L.	2008	Análise de consistência; Processo de Análise Hierárquica (AHP); Análise de Agrupamentos; Análise de Agrupamentos Fuzzy, Previsão de demanda	
P <sub>21</sub>	Karpowitz, D.J.; Cox, J. J.; Humpherys, J.C.; Warnick, S.C.	2008		Java Programming Language
P <sub>22</sub>	Ye, X.; Thevenot, H.J.; Alizon, F.; Gershenson, J.K.; Khadke, K.; Simpson, T.W.; Shooter, S.B.	2009	Indicador de variedade; Indicador de comunalidade; Análise de decisão multicritério	
P <sub>23</sub>	Tu, Y.L.; Kam, J.J.	2006		
P <sub>24</sub>	Ninan, J.A.; Siddique, Z.	2006		Active Server Pages (ASP); HyperText Markup Language (HTML); Parametric Design Language-ANSYS; CAD; Virtual Reality (VR); Modeling Language (VRML)
P <sub>25</sub>	Huang, G.Q.; Li, L.; Lau, T.L.; Chen, X.	2007		Java Programming Language; Simple Object Access Protocol (SOAP), eXtensible Markup Language (XML)
P <sub>26</sub>	Huang, G.Q.; Li, L.; Chen, X.	2008		eXtensible Markup Language (XML); Platform Product eXtensible Markup Language (ppXML)
P <sub>27</sub>	Kong, F.B.; Ming, X.G.; Wang, L.; Wang, X.H.; Wang, P.P.	2009	Análise do ciclo de vida; Avaliação financeira; Análise de Agrupamentos; Análise Conjunta; Projeto para Manufatura (DFM); Projeto para Reuso; Projeto para Serviço; Projeto para	

			Montagem (DFA); Design Structure Matrix (Steward, 1981); Gráfico de bolhas; Modular Function Deployment (MFD); Opções reais; Desdobramento da Função Qualidade (QFD); Method of Module Heuristics (Stone, 1997)	
P <sub>28</sub>	Helo, P.T.; Xu, Q.L.; Kyllonen, S.J.; Jiao, R.J.	2010	Análise da árvore do produto; Análise Conjunta; Data Mining; Redes Neurais	
P <sub>29</sub>	Liu, Z.; Wong, Y.S.; Lee, K.S.	2010	Análise de Agrupamentos; Gráfico de bolhas; Method of Module Heuristics (Stone, 1997); Indicador de comunalidade, Otimização de agrupamento	
P <sub>30</sub>	Gologlu, C.; Mizrak, C.	2011	Lógica fuzzy	Parametric Design Language- ANSYS; Solid Works
P <sub>31</sub>	Chang, S.H.; Tseng, H.E.	2008	Entrevistas; Desdobramento da Função Qualidade Fuzzy (FQFD); Desdobramento da Função Qualidade (QFD); Survey; Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)	
P <sub>32</sub>	Ma, Y.; Jiao, J.R.; Deng, Y.	2008	Tecnologia de Grupo	CAD; Java Programming Language; Product Life Cycle Management (PLM); Simple Object Access Protocol (SOAP); Standard Component Library (SCL), Product Data Management (PDM)
P <sub>33</sub>	Li, Y.; Chang, X.; Terpenney, J.P.; Gilbert, T.	2010	Análise de Agrupamento; Design Structure Matrix (Steward, 1981); Desdobramento da Função Qualidade (QFD)	
P <sub>34</sub>	Johnson, M.D.; Kirchain, R.E.	2010	Avaliação financeira; Indicador de comunalidade	
P <sub>35</sub>	Johnson, M.D.; Kirchain, R.E.	2011	Avaliação financeira;	
P <sub>36</sub>	Nordin, A.; Hopf, A.; Motte, D.; Bjarnemo, R.; Eckhardt, C.C.	2011	Lógica Voronoi Diagram; Programação Linear; Otimização de agrupamento	
P <sub>37</sub>	Nepal, B.; Monplaisir, L.; Famuyiwa, O.	2012	Programação linear; Algoritmo de configuração	
P <sub>38</sub>	Qu, T.; Bin, S.; Huang, George Q.; Yang, H. D.	2011	Algoritmo de Configuração; Análise da árvore do produto; Otimização de agrupamento	
P <sub>39</sub>	Deakins, E.; Dillon, S.	2012		

Figura 6.1 - Técnicas recomendadas identificadas na revisão de literatura

Posteriormente, os autores realizaram uma análise em cada uma das propostas de métodos e ferramentas, a fim de verificar, dentro do contexto de aplicação previsto, quais atividades do PDP estariam associadas à utilização de cada técnica recomendada. Para tanto foi utilizado o modelo de desenvolvimento de produto proposto por Ulrich e Eppinger (2000), em razão de ser referenciado na literatura e mais difundido nas empresas. A fim de auxiliar a aderência da ferramenta à prática das empresas, manteve-se a discriminação das atividades em um nível genérico, totalizando 49 atividades contidas em cinco fases. A partir disto tem-se 67 diferentes técnicas associadas, a pelo menos, uma das 49 atividades previstas no modelo referencial de desenvolvimento (Figura 6.2).



### Técnicas recomendadas para o PDP orientado à CM

Analíticas	
1. Algoritmo de Agrupamento	
2. Algoritmo para Configuração	
3. Análise de Agrupamento	
4. Análise de Agrupamentos Fuzzy	
5. Análise da Árvore do Produto	
6. Análise do Ciclo de Vida (LCA)	
7. Análise Conjunta	
8. Análise de Consistência	
9. Análise de Decisão Multicritério	
10. Análise Fatorial	
11. Avaliação Financeira	
12. Data Mining	
13. Desdobramento da Função Qualidade (QFD)	
14. Desdobramento da Função Qualidade Fuzzy (FQFD)	
15. Design Structure Matrix (DSM)	
16. Entrevistas	
17. Estrutura de Suporte a Decisão	
18. Gráfico de Bolhas	
19. Gráfico de Pareto	
20. Indicador de Comunalidade	
21. Indicador de Variedade	
22. Lógica Fuzzy	
23. Lógica Voronoi	
24. Matrix Decomposition	
25. Matriz de correlação	
26. Method of Module Heuristics	
27. Modular Function Deployment (MFD)	
28. Opções reais	
29. Otimização de agrupamento	
30. Pesquisa com clientes	
31. Pesquisa com especialistas	
32. Previsão de Demanda	
33. Processo de Análise Hierárquica (AHP)	
34. Processo de Análise Hierárquica Fuzzy (FAHP)	
35. Programação linear	
36. Programação dinâmica	
37. Projeto de Experimentos (DOE)	
38. Projeto para Manufacturing (DFM)	
39. Projeto para Montagem (DFA)	
40. Projeto para Postergação	
41. Projeto para Reuso	
42. Projeto para Serviço	
43. Projeto para Variedade	
44. Redes neurais	
45. Survey	
46. Tecnologia de grupo	
47. TOPSIS	
Computacionais	
1. Augmented Reality (AR)	
2. Active Server Pages (ASP)	
3. Computer Aided Design (CAD)	
4. Catia®	
5. Common Object Request Broker Architecture (CORBA)	
6. Digital mock up	
7. eXtensible Markup Language (XML)	
8. HyperText Markup Language (HTML)	
9. Hipertext Transfer Protocol (HTTP)	
10. Java Programming Language	
11. Knowledge Query Manipulation Language (KQML)	
12. Parametric Design Language (ANSYS)	
13. Platform Product eXtensible Markup Language (ppXML)	
14. Product Data Management (PDM)	
15. Product Life Cycle Management (PLM)	
16. Simple Object Access Protocol (SOAP)	
17. Solid Works®	
18. Standard Component Library (SCL)	
19. Virtual Reality Modeling Language (VRML)	
20. Virtual Reality (VR)	

### Atividades do modelo de desenvolvimento de produto

<b>Fase 0</b> <b>Planejamento</b> <i>(Planning)</i>	0.1 Identificar oportunidades 0.2 Avaliar e priorizar projetos 0.3 Realizar plano do projeto de desenvolvimento
<b>Fase 1</b> <b>Desenvolvimento do conceito</b> <i>(Concept development)</i>	1.1 Identificar necessidades dos clientes 1.2 Priorizar necessidades dos clientes 1.3 Estabelecer especificações meta 1.4 Mapeamento funcional do sistema 1.5 Gerar alternativas de conceito 1.6 Avaliar conceitos de produto 1.7 Testar conceitos de produto 1.8 Definir conjunto final de especificações 1.9 Planejar macro processo 1.10 Avaliar viabilidade econômica 1.11 Modelar e prototipar
<b>Fase 2</b> <b>Projeto do sistema</b> <i>(System-level design)</i>	2.1 Desenvolver estrutura do produto 2.2 Agrupar elementos em subsistemas 2.3 Desenvolver layout preliminar dos subsistemas 2.4 Identificar interações entre subsistemas 2.5 Desenvolver plano de diferenciação para família de produtos 2.6 Desenvolver plano de comunalidade para família de produtos 2.7 Analisar make or buy 2.8 Identificar fornecedores para componentes chave 2.9 Definir esquema de montagem 2.10 Identificar serviços associados
<b>Fase 3</b> <b>Projeto detalhado</b> <i>(Detail design)</i>	3.1 Detalhar geometria dos subsistemas 3.2 Selecionar materiais 3.3 Definir tolerâncias 3.4 Definir processo de manufatura 3.5 Estimar custos de manufatura 3.6 Estabelecer Bill of Material 3.7 Estimar custos de componentes padronizados e customizados 3.8 Estimar custo de montagem 3.9 Estimar outros custos 3.10 Otimizar custos de componentes 3.11 Otimizar custos de processos 3.12 Projetar dispositivos e ferramentais 3.13 Definir processo de garantia da qualidade 3.14 Definir plano de marketing
<b>Fase 4</b> <b>Teste e avaliações</b> <i>(Testing and refinement)</i>	4.1 Realizar teste de mercado 4.2 Avaliar qualidade e confiabilidade do produto 4.3 Obter licenças legais 4.4 Promover processo de manufatura nos fornecedores 4.5 Otimizar processo de fabricação e montagem 4.6 Treinar mão de obra 4.7 Desenvolver plano de vendas 4.8 Promover lançamento do produto
<b>Fase 5</b> <b>Produção</b> <i>(Production ramp-up)</i>	5.1 Otimizar processo produtivo 5.2 Testar processo produtivo 5.3 Iniciar sistema de produção

Figura 6.2 - Técnicas recomendadas e atividades do PDP

#### 6.2.2 Associação entre atividades do PDP e níveis de customização

O grau de individualização do produto, entendido como nível de customização, determina a liberdade disponibilizada ao cliente para customizar o produto de acordo com suas necessidades. Em um produto padronizado, o cliente não tem a possibilidade de alterar nenhuma característica do produto, enquanto em um nível superior, o cliente pode personalizar o produto de acordo com suas necessidades. Existem diversas propostas para caracterizar os diferentes níveis de customização do produto (PINE II, 1993; ROSS, 1996; GILMORE; PINE II, 1997; DA SILVEIRA et al., 2001; PILLER; STOTKO, 2002; PAN; HOLLAND, 2006). Entre essas propostas, verifica-se que a desenvolvida por Da Silveira et

al. (2001) é a mais abrangente entre as analisadas, sendo que sua utilização também é recomendada na bibliografia (BAE; MAY-PLUMLEE, 2005).

De acordo com Da Silveira et al. (2001), o nível mais baixo de customização é denominado N1-Padronização. Neste nível o produto não é alterado, podendo se verificar uma expansão do portfólio de produtos de modo a atender a maior variedade de requisitos dos clientes, como acontece com a empresa Espanhola distribuidora de vestuário Zara (PAN; HOLLAND, 2006). No nível N2-Uso, o produto permanece padronizado e a customização é realizada pelo cliente por meio de adaptações a diferentes situações, como no caso de móveis de prateleiras moduláveis (<http://www.smartfurniture.com/shelves/smartselves.html>). No nível N3-Embalagem e Distribuição, são disponibilizadas somente opções de transporte e embalagens de diferentes formas e dimensões. No nível N4-Serviços Adicionais, são adicionados serviços para a customização do produto, como no caso de serviços disponibilizados por companhias de aviação durante o voo, tais com refeições, rádios ou telefones (PINE II, 1993). Neste nível, também podem ser incorporados os conceitos de *customerization*, a partir da customização do produto por meio de informações e marketing (WIND; RANGASWAMY, 2001). No nível N5-Trabalho de Customização, é realizado algum tipo de tarefa sobre o produto padronizado, a fim de atender à necessidades específicas do cliente. Como no caso do confeito M&Ms, que permite ao cliente a gravação de mensagens personalizadas no confeito (<http://www.mymms.com>). No nível N6-Montagem, os produtos são customizados baseados no arranjo de módulos sob uma arquitetura modular, como no caso dos computadores Dell ([www.dell.com](http://www.dell.com)). O nível N7-Fabricação se refere à produção de produtos customizados de acordo com um projeto básico, como o caso das válvulas para indústria da empresa Ross Operating Valve, que de acordo com parâmetros ajustáveis ao projeto, permite produzir válvulas customizadas (ROSS, 1996). O nível de customização mais elevado, N8-Projeto, indica que tanto o projeto, quanto a produção e a entrega, são realizadas de acordo com a preferência do cliente.

A partir desses oito níveis de customização possíveis para o produto, procurou se estabelecer a importância de cada uma das 49 atividades do PDP para cada um dos níveis de customização. Como forma de ilustrar esta aplicação, foi realizado um grupo focado com três especialistas na área de desenvolvimento de produto e CM. Foi questionada qual a importância da execução de cada atividade do PDP para um projeto de produto com cada um dos níveis de customização. Para tanto, foi utilizada uma escala de 0 a 4, em que '0' identifica que a atividade do PDP não possui importância para a execução de um projeto com nível de customização a '4' para a atividade que possui máxima importância para a execução do projeto de produto com nível de customização.

Os resultados indicam que das 49 atividades do PDP, 42 atividades possuem sua importância dependente do nível de customização. Sete atividades foram identificadas como igualmente

importantes seja qual for o nível de customização selecionado para o produto, são estas: (0.1) Identificar oportunidades, (0.2) Avaliar e priorizar projetos, (1.10) Avaliar viabilidade econômica, (4.3) Obter licenças legais, (4.6) Treinar mão de obra, (4.7) Desenvolver plano de vendas e (5.3) Iniciar sistema de produção.

### 6.2.3 Identificação das técnicas para o projeto

Foi desenvolvida uma planilha de dados para a identificação das técnicas para o PDP, que inclui: as atividades do PDP, a importância da atividade para o nível de customização e as técnicas recomendadas para execução ou suporte de cada atividade. A partir desse banco de dados, a identificação da contribuição de cada técnica para o PDP no projeto de desenvolvimento é obtida por meio da Equação 1.

$$WT_k = \sum_{i=1}^I A_i \times [AN_{(i,c)} \times AP_{(i,k)}] \quad (1)$$

Onde:

$WT_k$  = Contribuição da  $k$  – ésima técnica para o PDP no projeto do produto, sendo  $k=1,2,3,\dots,K$

$A_i = \begin{cases} 0: & \text{quando a atividade do PDP não é selecionada para o projeto de desenvolvimento} \\ 1: & \text{quando a atividade do PDP é selecionada para o projeto de desenvolvimento} \end{cases}$

$AN_{(i,c)}$  = grau de importância da atividade  $i$  para um determinado nível de customização  $c$

$i = i$  – ésima atividade do PDP, sendo  $i = 1,2,3, \dots, I$

$c$  = nível de customização selecionado para o projeto, sendo  $c = 1,2,3 \dots 8$

$AP_{(i,k)} = \begin{cases} 0: & \text{quando a técnica do PDP não executa ou suporta a atividade } i \text{ do PDP} \\ 1: & \text{quando a técnica do PDP executa ou suporta a atividade } i \text{ do PDP} \end{cases}$

Para as atividades que são igualmente importantes para todos os níveis de customização, sua importância é atribuída a partir da média da importância das atividades selecionadas para o projeto no nível de nível de customização escolhido. Com isto, a seleção das técnicas associadas a essas atividades acontece independentemente do nível de customização selecionado.

### 6.2.4 Consolidação dos dados

A partir dos resultados das etapas anteriores, é possível consolidar a construção de um banco de dados para a ferramenta de suporte à decisão para a seleção e aplicação de técnicas para o PDP orientado à CM. Essas planilhas foram construídas no *software* Excel® e foram programadas de modo a disponibilizar as informações necessárias para a operacionalização da ferramenta proposta. Além disso, foram planejados os *wireframes* para contribuir no desenvolvimento de um sistema para operacionalizar esta ferramenta. Os resultados da aplicação da ferramenta são apresentados na forma dos *wireframes* planejados para o desenvolvimento do sistema.

### 6.3 APLICAÇÃO DA FERRAMENTA DE SUPORTE A DECISÃO PARA A SELEÇÃO E APLICAÇÃO DE TÉCNICAS PARA O PDP ORIENTADO À CM

A aplicação da ferramenta tem como informação de entrada a própria oportunidade de projeto de desenvolvimento. A partir do processamento da informação, que é realizado em quatro etapas, é disponibilizada a técnica para o PDP selecionada para a aplicação, incluindo as atividades do PDP associadas e a referência para sua aplicação (Figura 6.3).



Figura 6.3 - Etapas de aplicação da ferramenta

A aplicação da ferramenta foi realizada em um projeto de móveis modulados para lojas de uma empresa de varejo, entre as maiores no segmento de loja de departamentos de vestuário no Brasil, com 115 lojas em diversos pontos do país. A estratégia de expansão da empresa, e a necessidade de manutenção dos atuais pontos de venda, exige um constante fornecimento de mobília. Mais especificamente, o projeto em análise consiste em desenvolver uma nova versão para os balcões de atendimento e pagamento. Entre os objetivos da empresa, estão atingir maior flexibilidade de arranjo entre os balcões de atendimento e pagamento, a fim de viabilizar sua utilização em uma maior variedade de espaços, assim como, uma redução de custos de produção. Atualmente, em algumas situações, verifica-se a necessidade de adaptações nos produtos, ou mesmo a produção de produtos únicos, aumentando os custos e o tempo de produção. A partir dessa demanda, os benefícios da estratégia de CM tendem a contribuir para atingir os objetivos da empresa nesse projeto. A aplicação da ferramenta foi realizada por meio de duas entrevistas, cada uma de duas horas, com o coordenador de projetos de mobiliário da empresa.

#### 6.3.1 Adaptação do modelo referencial de PDP

O modelo de referência de PDP disponibiliza uma estruturação de etapas e atividades operacionais para o desenvolvimento do projeto (ROZENFELD et al., 2006). O gerenciamento e a condução do projeto de desenvolvimento devem acompanhar as características do projeto (SHENHAR; DVIR, 1996), indicando a necessidade de adaptar o modelo referencial de acordo com essas características. Existem diversas propostas na literatura para a classificação dos projetos de desenvolvimento de acordo com suas características (CLARK; FUJIMOTO, 1991; WHEELWRIGHT; CLARK, 1992; EVARISTO;

FENEMA, 1999; ULRICH; EPPINGER, 2000; SHENHAR et al., 2005; ROZENFELD et al., 2006). Entre as características dos projetos recomendadas para sua classificação, podem ser mencionadas o grau de inovação do produto (WHEELWRIGHT; CLARK, 1992; SHENHAR, 2004); complexidade na interação com o cliente (CLARK; FUJIMOTO, 1991); complexidade do produto (ROZENFELD et al., 2006; SHENHAR, 2004); abrangência do projeto (EVARISTO; FENEMA, 1999); ritmo de desenvolvimento do projeto (SHENHAR, 2004; ROZENFELD et al., 2006) entre outros. A classificação do projeto de desenvolvimento contribui para auxiliar a adaptação do modelo referencial às características do projeto. Na aplicação desta ferramenta, na ausência de uma proposta para classificação de projetos na empresa, recomenda-se o emprego de alguma das propostas disponibilizadas na literatura.

A empresa executa internamente os projetos de mobiliários, sendo que sua produção é terceirizada. O projeto, apesar de importante para a empresa, consiste em uma melhoria de um produto existente, e não possui muitas características que aumentem sua criticidade. Por esta razão, foi classificado como de baixa complexidade pelo gerente de projeto, sendo que grande parte dos conhecimentos necessários para o seu desenvolvimento estão disponíveis na empresa. O *wireframe* planejado para o sistema disponibiliza a informação sobre o objetivo da etapa, as atividades do PDP a serem selecionadas e o descritivo do objetivo de cada atividade do PDP a ser selecionado (Figura 6.4).

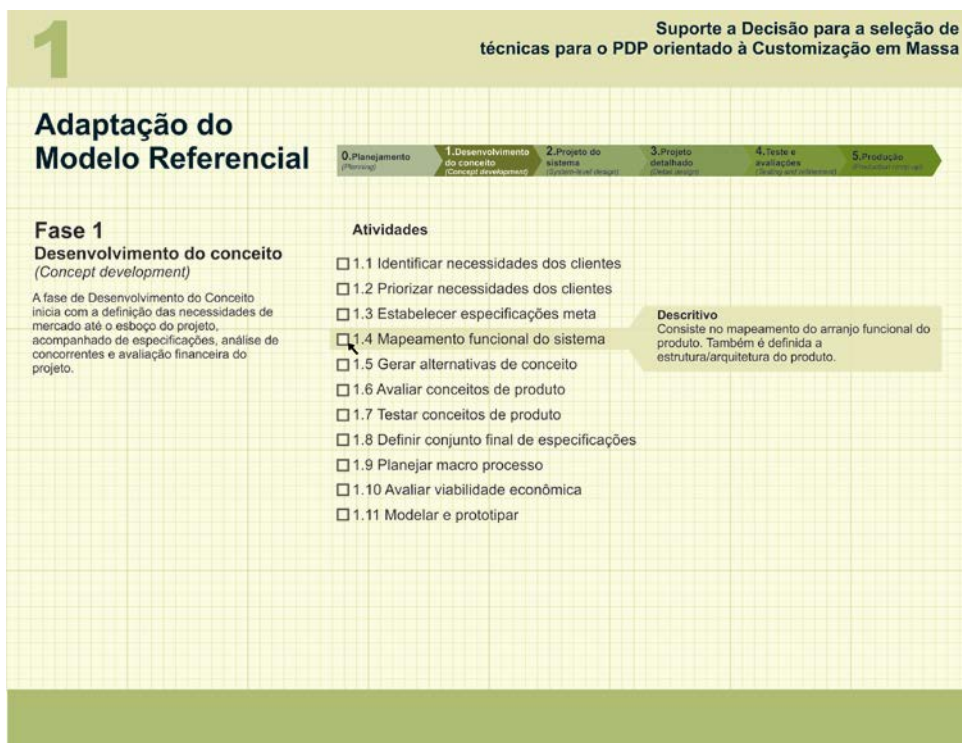


Figura 6.4 - Wireframe para adaptar o modelo referencial de PDP - Fase 1 Desenvolvimento do Conceito

Ao final da etapa, foram selecionadas 23 atividades do PDP de referência para a execução do projeto, entre as 49 atividades previstas no modelo referencial. Foram selecionadas mais atividades relacionadas às fases de desenvolvimento de conceito, com oito atividades, projeto do sistema e projeto detalhado, cada uma com cinco atividades (Figura 6.5).

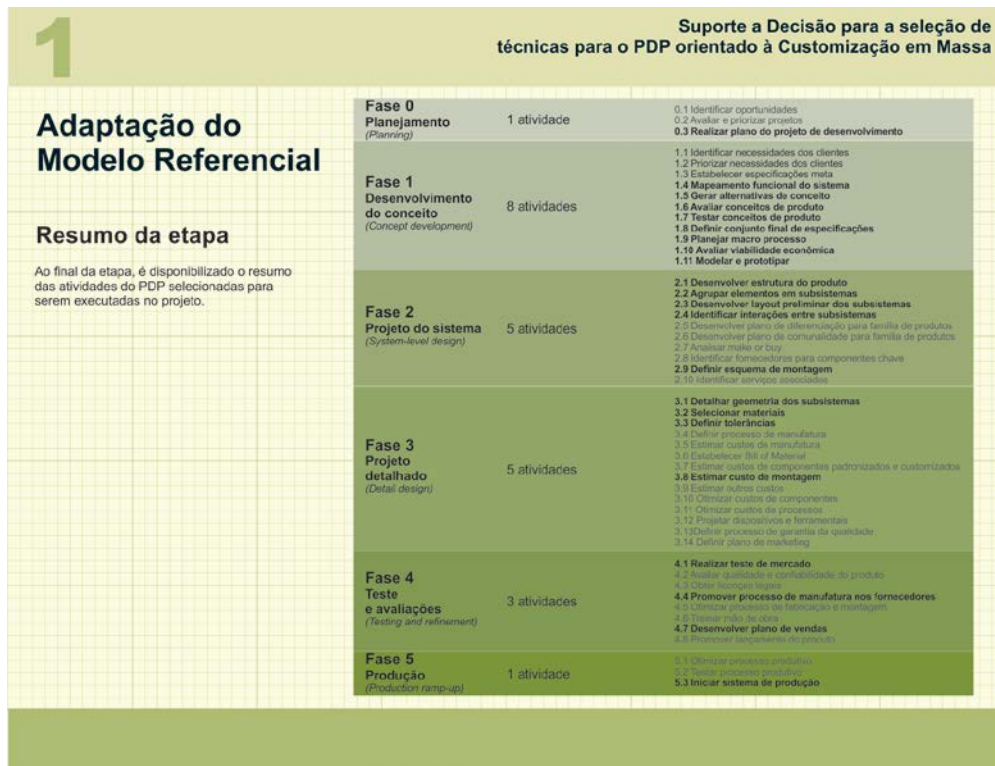


Figura 6.5 - Adaptação do modelo referencial para o projeto

### 6.3.2 Seleção do nível de customização

A estratégia de CM tende a criar valor para o cliente em razão de atender mais precisamente as suas necessidades (SQUIRE, et al., 2004), sendo que quanto maior o nível de customização mais preciso acontece esse atendimento. Elevados níveis de customização costumam resultar em benefícios competitivos para a empresa, mas também tendem a aumentar os custos operacionais (FOGLIATTO et al., 2012). Determinar o nível de customização depende de uma análise dos requisitos do cliente, sua percepção de valor sobre a possibilidade de customização, e das restrições para operacionalizar esta customização (DA SILVEIRA et al., 2001; QIAO et al., 2008).

A empresa procura realizar uma melhoria em um produto existente. Este produto atualmente é classificado como um nível de customização 'N1-Padronizado'. A empresa pretende disponibilizar maior flexibilidade ao produto, permitindo uma maior adaptação aos espaços

existentes nos diferentes pontos de venda. Para tanto, é proposto o nível de customização de ‘N2-Uso’, em que módulos possam ser configurados de forma a permitir a flexibilidade de uso do produto. O *wireframe* proposto para suportar essa decisão é apresentado na Figura 6.6.

2

**Suporte a Decisão para a seleção de técnicas para o PDP orientado à Customização em Massa**

### Seleção do Nível de Customização

O grau de individualização do produto, entendido como nível de customização, determina a liberdade disponibilizada ao cliente para customizar o produto de acordo com suas necessidades. Neste sentido, o produto pode ser padronizado, em que o cliente não tem a possibilidade de alterar nenhuma característica do produto até um nível superior, em que o cliente pode personalizar o produto totalmente de acordo com as suas necessidades. Determinar o nível de customização depende de uma análise dos requisitos do cliente, sua percepção de valor sobre a possibilidade de customização e das restrições para operacionalizar esta customização

**Níveis de Customização**

- 1 Padronização (Standardization)
- 2 Uso (Usage)
- 3 Embalagem e distribuição (Package and distribution)
- 4 Serviços adicionais (Additional services)
- 5 Trabalho de customização (Additional custom work)
- 6 Montagem (Assembly)
- 7 Fabricação (Fabrication)
- 8 Projeto (Design)

**Descritivo**  
 No nível N2-Uso, o produto permanece padronizado e a customização é realizada pelo cliente por meio de adaptações a diferentes situações, como no caso de móveis de prateleiras modulares (<http://www.smartfurniture.com/shelves/smartshelves.html>).

Figura 6.6 - *Wireframe* proposto para a seleção do nível de customização

### 6.3.3 Contribuição das técnicas para o PDP

A partir da adaptação do modelo referencial de PDP e da seleção do nível de customização para o projeto, a ferramenta disponibiliza a contribuição de cada técnica para projeto. Para as atividades do PDP selecionadas, igualmente importantes para todos os níveis de customização, foi obtido um escore médio de 2,85. A partir da aplicação da Equação 1 foi obtida a contribuição de cada técnica para o PDP ( $WT_k$ ) no projeto. A Figura 6.7 apresenta o *wireframe* planejado com contribuição das técnicas analíticas que contribuem para o projeto do produto. As demais técnicas analíticas não contribuem para o projeto do produto, em razão de não estarem associadas a nenhuma atividade selecionada para o projeto. As técnicas selecionadas tem sua contribuição para o projeto detalhada na próxima etapa, contribuindo para a sua seleção e implementação.

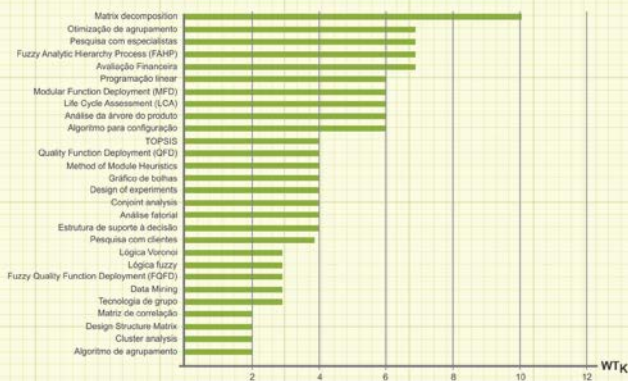
### 3

### Suporte a Decisão para a seleção de técnicas para o PDP orientado à Customização em Massa

#### Contribuição das técnicas para o PDP

A partir da adaptação do modelo referencial de PDP e da seleção do nível de customização para o projeto, a ferramenta disponibiliza a importância de cada atividade do PDP adaptado para o projeto do produto de acordo como nível de customização selecionado.

#### Contribuição das Técnicas Analíticas - $WT_K$



- |   |  |  |   |
|---|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> Algoritmo de Agrupamento         | <input type="checkbox"/> Desdobramento da Função Qualidade       | <input type="checkbox"/> Matriz de correlação                                    | <input type="checkbox"/> Projeto de Experimentos (DOE)    |
| <input type="checkbox"/> Algoritmo para Configuração      | <input type="checkbox"/> Desdobramento da Função Qualidade Fuzzy | <input type="checkbox"/> Method of Module Heuristics                             | <input type="checkbox"/> Projeto para Manufacturing (DFM) |
| <input type="checkbox"/> Análise de Agrupamento           | <input type="checkbox"/> Design Structure Matrix (DSM)           | <input type="checkbox"/> Modular Function Deployment (MFD)                       | <input type="checkbox"/> Projeto para Montagem (DFA)      |
| <input type="checkbox"/> Análise de Agrupamentos Fuzzy    | <input type="checkbox"/> Entrevistas                             | <input type="checkbox"/> Opções reais  | <input type="checkbox"/> Projeto para Postergação         |
| <input type="checkbox"/> Análise da Árvore do Produto     | <input type="checkbox"/> Estrutura de Suporte a Decisão          | <input checked="" type="checkbox"/> Otimização de agrupamento                    | <input type="checkbox"/> Projeto para Reuso               |
| <input type="checkbox"/> Análise do Ciclo de Vida (LCA)   | <input type="checkbox"/> Gráfico de Bolhas                       | <input type="checkbox"/> Pesquisa com clientes                                   | <input type="checkbox"/> Projeto para Serviço             |
| <input type="checkbox"/> Análise Conjunta                 | <input type="checkbox"/> Gráfico de Pareto                       | <input checked="" type="checkbox"/> Pesquisa com especialistas                   | <input type="checkbox"/> Projeto para Variedade           |
| <input type="checkbox"/> Análise de Consistência          | <input type="checkbox"/> Indicador de Comunalidade               | <input type="checkbox"/> Previsão de Demanda                                     | <input type="checkbox"/> Redes neurais                    |
| <input type="checkbox"/> Análise de Decisão Multicritério | <input type="checkbox"/> Indicador de Variedade                  | <input type="checkbox"/> Processo de Análise Hierárquica (AHP)                   | <input type="checkbox"/> Survey                           |
| <input type="checkbox"/> Análise Fatorial                 | <input type="checkbox"/> Lógica Fuzzy                            | <input checked="" type="checkbox"/> Processo de Análise Hierárquica Fuzzy (FAHP) | <input type="checkbox"/> Tecnologia de grupo              |
| <input type="checkbox"/> Avaliação Financeira             | <input type="checkbox"/> Lógica Voronoi                          | <input type="checkbox"/> Programação linear                                      | <input type="checkbox"/> TOPSIS                           |
| <input type="checkbox"/> Data Mining                      | <input checked="" type="checkbox"/> Matrix Decomposition         | <input type="checkbox"/> Programação dinâmica                                    |   |

Figura 6.7 – Wireframe com a contribuição das técnicas analíticas para o PDP para o projeto de produto ( $WT_K$ )

A Figura 6.8 apresenta o wireframe para a seleção das técnicas computacionais que contribuem para o projeto de desenvolvimento. A linguagem de programação Java está associada a três atividades selecionadas para o projeto, enquanto que o protocolo de comunicação Simple Object Access Protocol está associado a duas atividades.



## Contribuição das técnicas para o PDP

A partir da adaptação do modelo referencial de PDP e da seleção do nível de customização para o projeto, a ferramenta disponibiliza a importância de cada atividade do PDP adaptado para o projeto do produto de acordo como nível de customização selecionado.

### Contribuição das Técnicas Computacionais - WT<sub>K</sub>



- Augmented Reality (AR)
- Active Server Pages (ASP)
- Computer Aided Design (CAD)
- Catia®
- Common Object Request Broker Architecture (CORBA)
- Digital mock up
- eXtensible Markup Language (XML)
- HyperText Markup Language (HTML)
- Hipertext Transfer Protocol (HTTP)
- Java Programming Language
- Knowledge Query Manipulation Language (KQML)
- Parametric Design Language (ANSYS)
- Platform Product eXtensible Markup Language (ppXML)
- Product Data Management (PDM)
- Product Life Cycle Management (PLM)
- Simple Object Access Protocol (SOAP)
- Solid Works®
- Standard Componente Library (SCL)
- Virtual Reality Modeling Language (VRML)
- Virtual Reality (VR)

Figura 6.8 - Wireframe com a contribuição das técnicas computacionais para o PDP para o projeto de produto (WT<sub>K</sub>)

### 6.3.4 Seleção das técnicas para o projeto

O procedimento de seleção das técnicas para o projeto inicia-se com a identificação das técnicas que mais contribuem para o projeto do produto (WT<sub>K</sub>). Entre as técnicas com maior contribuição, recomenda-se a análise do objetivo proposto para a técnica no PDP e seu alinhamento com o projeto de desenvolvimento da empresa. Para tanto, recomenda-se que o gerente de projeto da empresa avalie se o objetivo da técnica contribui para atingir ao objetivo planejado no projeto de desenvolvimento. Para realizar essa análise, deve-se considerar, além desse alinhamento, a disponibilidade de conhecimento e recursos para aplicação da técnica e o custo envolvido em sua aplicação. Para o projeto de móveis modulados, o gerente de projeto selecionou para análise as cinco técnicas analíticas com maior contribuição para o projeto. A operacionalização da ferramenta por meio do sistema pretende disponibilizar as atividades do PDP associadas ao emprego da técnica selecionada, um explicativo sobre a técnica, referências sobre a técnica e sua aplicação, além do seu propósito relacionado a cada atividade do PDP em que seu emprego é recomendado. O *wireframe* referente à seleção das técnicas analíticas para o projeto é apresentado de forma parcial na Figura 6.9. A contribuição de todas as técnicas para o PDP é apresentado de forma completa no Apêndice E.

# 4

## Suporte a Decisão para a seleção de técnicas para o PDP orientado à Customização em Massa

### Seleção das técnicas para o projeto

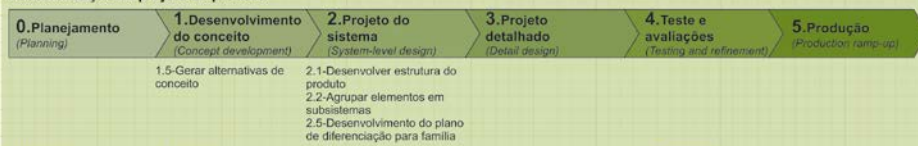
O procedimento de seleção das técnicas para o projeto inicia-se com a identificação das técnicas que mais contribuem para o projeto do produto (WTK). Entre as técnicas com maior contribuição, recomenda-se a análise do objetivo proposto para a técnica no PDP e seu alinhamento com o projeto de desenvolvimento da empresa. Para tanto, recomenda-se que o gerente de projeto da empresa avalie se o objetivo da técnica contribui para atingir o objetivo planejado no projeto de desenvolvimento.

#### Matrix Decomposition

Matrix Decomposition consiste em um método para a análise da interação entre as partes do produto. Sua aplicação consiste na decomposição do sistema em elementos, análise da interação entre estes elementos e agrupamento dos elementos em propostas de módulos do produto (*chunks*). A utilização deste método contribui para a melhor compreensão das iterações dentro do sistema, reduz a complexidade dos projetos além de direcionar o desenvolvimento de uma arquitetura de produto mais modular.

PIMMLER, T.U.; EPPINGER, S.D. Integration analysis of product decomposition. Proceedings of ASME Design Theory and Methodology Conference, Minneapolis, MN, v.68, p.343-351, 1994.

#### Recomendação no projeto do produto



Atividade	Objetivo	Referência
1.5- Gerar alternativas de conceito	Estabelecer procedimento para relacionar requisitos funcionais em elementos e partes do produto	JIAO, J. R.; TSENG, M. M. A methodology of developing product family architecture for mass customization. <i>Journal of Intelligent Manufacturing</i> , v.10, n.1, p.3-20, March 1999.
2.1- Desenvolver estrutura do produto	Estabelecer procedimento para relacionar requisitos funcionais em elementos e partes do produto	JIAO, J. R.; TSENG, M. M. A methodology of developing product family architecture for mass customization. <i>Journal of Intelligent Manufacturing</i> , v.10, n.1, p.3-20, March 1999.
2.2- Agrupar elementos em subsistemas	Estabelecer o agrupamento dos elementos do produto em blocos ( <i>chunks</i> ) a partir do tipo de interface entre esses elementos	JIAO, J. R.; TSENG, M. M. A methodology of developing product family architecture for mass customization. <i>Journal of Intelligent Manufacturing</i> , v.10, n.1, p.3-20, March 1999.
2.5- Desenvolvimento do plano de diferenciação para família de produtos	Propor um procedimento para classificar a interação/relação entre os subsistemas do produto	JIAO, J. R.; TSENG, M. M. A methodology of developing product family architecture for mass customization. <i>Journal of Intelligent Manufacturing</i> , v.10, n.1, p.3-20, March 1999.

#### Avaliação Financeira

Avaliação Financeira consiste em uma técnica recomendada em diversas atividades do processo de desenvolvimento. Sua aplicação está orientada para identificar, analisar ou otimizar o retorno do investimento financeiro planejado para o projeto do produto. Existem diversas aplicações disponíveis na literatura para realizar a avaliação financeira de

Figura 6.9 - Wireframe parcial para a seleção das técnicas analíticas no projeto do produto

A partir da análise, realizada pelo gerente de projeto sobre as cinco técnicas analíticas com maior contribuição para o projeto (Figura 6.8), foi selecionada a técnica Matrix Decomposition. O emprego dessa técnica promove o desenvolvimento de uma arquitetura modular para o produto contribuindo para atingir uma maior flexibilidade no arranjo dos balcões de atendimento. Além disso, sua aplicação não implica na aquisição de novos equipamentos ou *softwares*, sendo que o conhecimento necessário para a sua aplicação é de fácil incorporação na empresa. A partir disso, foi selecionada a aplicação dessa técnica nas três atividades do PDP em que é recomendada a sua utilização (Figura 6.9).

Também foi mencionada a importância da utilização da técnica analítica Avaliação Financeira. Essa técnica é recomendada para auxiliar a atividade de Otimizar custo de componentes (3.10), sendo que seu objetivo está alinhado com a proposta do projeto de redução de custos. Apesar disso, sua aplicação não foi priorizada em detrimento da aplicação da técnica Matrix Decomposition. As demais técnicas, mesmo tendo reconhecidas a sua contribuição para o projeto, tiveram sua aplicação desconsiderada pelo gerente de projeto, em razão da dificuldade de implementação de mais de uma nova técnica simultaneamente na empresa.

Entre as técnicas computacionais selecionadas para análise, estão as duas com maior contribuição para o projeto: Java Programming Language e Simple Object Access Protocol (SOAP). As informações para a seleção dessas técnicas são apresentadas parcialmente no planejamento do *wireframe* (Figura 6.10), e de forma completa no Apêndice E.

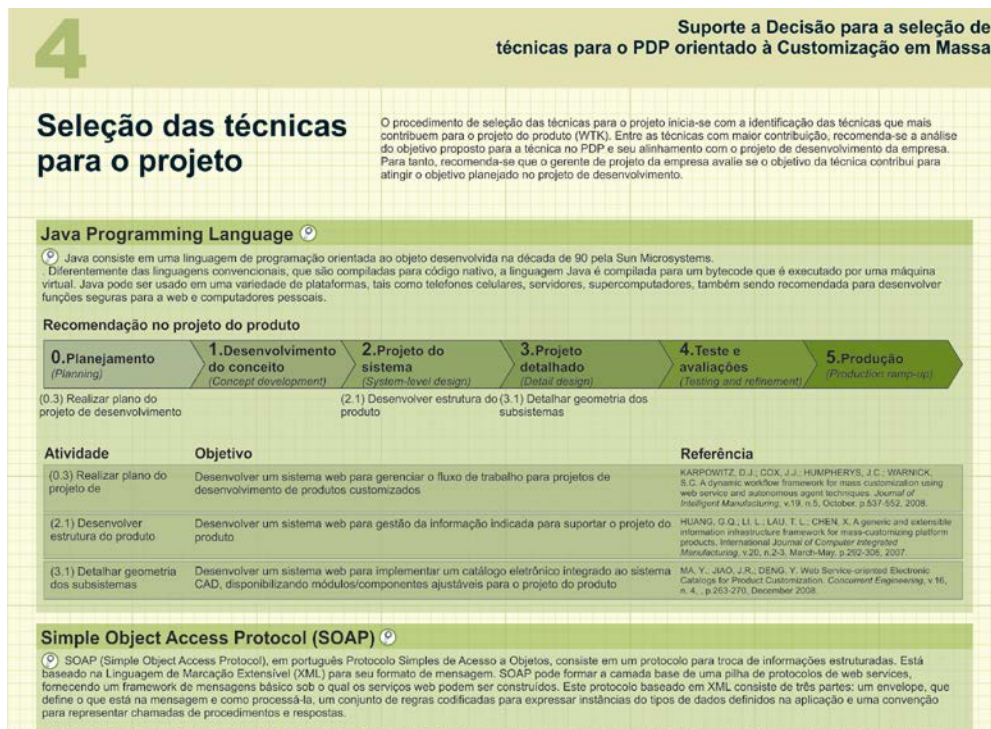


Figura 6.10 - Wireframe para a seleção das técnicas computacionais no projeto do produto

A técnica Java Programming Language, associada à atividade do PDP Desenvolver estrutura do produto (2.1), está alinhada, segundo o gerente de projeto, com o proposto no projeto. O desenvolvimento de um sistema web de suporte à configuração do produto pode contribuir no arranjo dos módulos de balcões de atendimento, aumentando a sua flexibilidade de uso. A utilização de Simple Object Access Protocol (SOAP), também é recomendada para a mesma atividade do PDP e pela mesma referência (HUANG et al., 2007). Sua utilização nesta atividade tem por objetivo disponibilizar informações para auxiliar o usuário durante a utilização do sistema. A partir disso, o desenvolvimento de um sistema de apoio ao projeto de configuração dos módulos de balcões de atendimento, com a utilização das técnicas de Java Programming Language e Simple Object Access Protocol (SOAP), foi priorizada pelo gerente de projeto. Apesar de priorizado, em razão da necessidade de recursos externos para o desenvolvimento do sistema, sua implementação não foi selecionada, devendo entrar no planejamento futuro da empresa.

## 6.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da dificuldade em se identificar quais técnicas para o PDP são recomendadas para as características do projeto, e quais atividades do desenvolvimento estão associadas ao emprego da técnica selecionada, este artigo teve por objetivo propor uma ferramenta de suporte à decisão para a seleção e aplicação de técnicas para o PDP orientado à CM. A construção desta ferramenta foi baseada nas características do projeto do produto, que determina as atividades do PDP a serem adaptadas desde o modelo referencial, e da importância da execução dessas atividades para o nível de customização escolhido. Uma revisão de literatura identificou 67 diferentes técnicas para o PDP orientado à CM, sendo que essas foram associadas às atividades do PDP proposto por Ulrich e Eppinger (2000). O planejamento dos *wireframes* de um sistema para operacionalizar a ferramenta tende a auxiliar o desenvolvimento da mesma. A aplicação da ferramenta em um caso contribuiu para a tomada de decisão referente ao planejamento de quais técnicas devem ser introduzidas na empresa, além de servir como um guia para a sua implementação. Os resultados deste artigo contribuíram para a empresa direcionar o seu processo de desenvolvimento à CM, permitiu o planejamento para incorporação das técnicas ao PDP, além de se apresentar como um instrumento de apoio à melhoria do desempenho do PDP das empresas. Como sugestão para trabalhos futuros, além da aplicação em uma maior diversidade de casos e o desenvolvimento de um sistema de suporte a decisão via *web* como forma de disseminar a aplicação da ferramenta.

## REFERÊNCIAS

- BAE, JiHyun; MAY-PLUMLEE, Traci. Customer focused textile and apparel manufacturing systems: toward an effective e-commerce model. *Journal of Textile and Apparel, Technology Management*, v.4, n.4, p.1-19, Summer 2005.
- CHANG, Shu-Hsuan; TSENG, Hwai-En. Fuzzy Topsis Decision Method for Configuration Management. *International Journal of Industrial Engineering-Theory Applications and Practice*, v.15, n.3, p.304-313, 2008.
- CHEN, C.; WANG, L. Integrating rough set clustering and grey model to analyze dynamic customer requirements. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B-Journal of Engineering Manufacture*.v.222, n.2, February, p.319-332, 2008.
- CHEN, Y.H.; WANG, Y.Z.; WONG, M.H. A web-based fuzzy mass customization system. *Journal of Manufacturing Systems*, v.20, n.4, p.280-287, 2001.
- CHU, Chih-Hsing Chu; CHENG, Ching-Yi; WU, Che-Wen. Applications of the Web-based collaborative visualization in distributed product development. *Computers in Industry*, v.57, n.3, april, p.272-282, 2006.
- CLARK, Kim B.; FUJIMOTO, Takahiro. *Product development performance: strategy, organization and management in the world auto industry*. Boston: Harvard Business Press, 1991.
- DA SILVEIRA, Giovanni .J.; BORENSTEIN, Denis; FOGLIATTO, Flávio S. Mass customization: literature review and research directions. *International Journal of Production Economics*, v.72, p.1-13, 2001.
- DEAKINS, Eric; DILLON, Stuart. A helical model for managing innovative product and service initiatives in volatile commercial environments. *International Journal of Project Management*, v.23, n.1, p.65-74, January 2005.
- DU, Xuehong H.; JIAO, Jianxing X.; TSENG, Mitchell M. Architecture of product family: Fundamentals and methodology. *Concurrent Engineering-Research and Applications*, v.9, n.4, December, p.309-325, 2001

EVARISTO, Roberto; VAN FENEMA, Paul, C. A typology of Project management emergence and evolution of new forms. *International Journal of Project Management*, v.17, n.5, p.275-281, 1999.

FEITZINGER, E.; LEE, H.L. Mass customization at Hewlett-Packard: the power of postponement. *Harvard Business Review*, v.75, n.1, p.116-121, 1997.

FOGLIATTO, Flávio S.; DA SILVEIRA, Giovani J.C.; BORENSTEIN, Denis The mass customization decade: An updated review of the literature. *International Journal of Production Economics*, v.138, n. 1, July, p.14-25, 2012.

FOGLIATTO, Flávio S.; DA SILVEIRA, Giovani J.C.; ROYER, Rogério. Flexibility-driven index for measuring mass customization feasibility on industrialized products. *International Journal of Production Research*, v.41, n.8, p.1811-1829, 2003.

FRANKE, Nikolaus; PILLER, Frank T. Key reserch issues in user interaction with configuration toolkits in mass customisation. *The International Journal of Technology Management*, v.25, n.5/6, p.578-599, 2003.

FUNG, Richard Y.K.; CHONG, Steven P.Y.; WANG, Yi. A framework of product styling platform approach: Styling as intangible modules. *Concurrent Engineering-Research and Applications*. V.12, n.2, June, p.89-103, 2004.

GILMORE, J. H.; PINE II, J. B. The four faces of mass customization. *Harvard Business Review*, Jan-Feb, 90-102, 1997.

GOLOGLU, Cevdet; MIZRAK, Cihan. An integrated fuzzy logic approach to customer-oriented product design. *Journal of Engineering Design*, v.22, n.2, February, p.113-127, 2011.

HELO, P. T.; XU, Q. L.; KYLLONEN, S. J.; JIAO, R. J. Integrated Vehicle Configuration System-Connecting the domains of mass customization, *Computers in Industry*, v.61, n.1, January, p.44-52, 2010.

HEMETSBERGER, Andrea; GODULA, Georg. Virtual customer integration in new product development in industrial markets: The QLL framework. *Journal of Business-to-Business Marketing*, v.14, n.2, p.1-40, 2007.

HUANG, George Q.; LI, Li; CHEN, X. ppXML: A generic and extensible language for lifecycle modelling of platform products, *Computers in Industry*, v.59, n.2-3, March, p.219-230, 2008.

HUANG, George Q.; LI, Li; LAU, T. L.; CHEN, X. A generic and extensible information infrastructure framework for mass-customizing platform products, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, v.20, n.2-3, March-May, p.292-306, 2007.

HUANG, George.; BIN, S.; HALEVI, G. Product platform identification and development for mass customization. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, v.52, n.1, p.117-120, 2003.

ISHII, K.; JUENGEL, C.; EUBANKS, C.F. Design for product variety: key to product line structuring. *Proceedings of Design Engineering Technical Conference*, DE-83 (2), 499-506, 1995.

JIAO, Jianxing R. J.; XU, Qianli; DU, Jun; ZHANG, Yiyang; HELANDER, Martin; KHALID, Halimahtun M.; HELO, Petri; NI, Cheng. Analytical affective design with ambient intelligence for mass customization and personalization. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, v.19, n.4, p.570-595, 2007.

JIAO, Jianxing R. X; TSENG, Mitchell M.; DUFFY, V.G.; LIN, F.H. Product family modeling for mass customization, *Computers & Industrial Engineering*, v.35, n.3-4, p.495-498, 1998.

JIAO, Jianxing R.; TSENG, Mitchell M. A methodology of developing product family architecture for mass customization. *Journal of Intelligent Manufacturing*, v.10, n.1, p.3-20, March 1999.

JOHNSON, Michael D.; KIRCHAIN, Randolph E. The importance of product development cycle time and cost in the development of product families. *Journal of Engineering Design*, v.16, n.3, p.371-390, 2011.

JOHNSON, Michael DeShawn; KIRCHAIN, Randolph. Developing and Assessing Commonality Metrics for Product Families: A Process-Based Cost-Modeling Approach. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.57, n.4, November, p.634-648, 2010.

JOSE, Alberto; TOLLENAERE, Michel. Modular and plataform methods for product family design: literature analysis, *Journal of Intelligent Manufacturing*, v.16, n.3, p.371-390, June 2005.

KAHN, Kenneth B.; BARCZAK, Gloria; NICHOLAS, John; LEDWITH, Ann; PERKS, Helen. An Examination of New Product Development Best Practice. *Journal of Product Innovation Management*, v.29:n.2, p. 180-192, March 2012.

- KARPOWITZ, Daniel J.; COX, Jordan J.; HUMPHERYS, Jeffrey C.; WARNICK, Sean C. A dynamic workflow framework for mass customization using web service and autonomous agent techniques. *Journal of Intelligent Manufacturing*, v.19, n.5, October, p.537-552, 2008.
- KITCHENHAM, B. *Procedure for Undertaking Systematic Reviews*, Joint Technical Report Computer Science Department, Keele University (TR/SE-0401) and National ICT Australia Ltd. (0400011T.1), 2004.
- KONG, F. B.; MING, X. G.; WANG, L.; WANG, X. H.; WANG, P. P. On Modular Products Development. *Concurrent Engineering-Research and Applications*, v.17, n.4, p.291-300, December 2009.
- KOTHA, Suresh. Mass customization: implementing the emerging paradigm for competitive advantage. *Strategic Management Journal*. v. 16, Summer, p. 21-42, 1995.
- LAU, Antonio K.W. Supplier and customer involvement on new product performance: Contextual factors and an empirical test from manufacturer perspective. *Industrial Management & Data Systems*, v. 111, n.6, p.910-942, 2011.
- LEE, W.B.; LAU, Henry.; LIU, Zhuo-zhi; TAM, Samson. A fuzzy analytic hierarchy process approach in modular product design. *Expert Systems*, v.18, n.1, February 2001, p.32-42.
- LI, Der-Chiang; CHANG, Fengming, M.; CHANG, Sun-Cha. The relationship between affecting factors and mass-customisation level: the case of a pigment company in Taiwan. *International Journal of Production Research*, v.48, n.18, September, p.5358-5395, 2010.
- LIU, Zhuo; WONG, Yoke San; LEE, Kim Seng. Modularity analysis and commonality design: a framework for the top-down platform and product family design. *International Journal of Production Research*, v.48, n.12, June, p.3657-3680, 2010.
- MA, Min-Yuan; CHEN, Cheih-Ying; WU, Fong-Gong. A design decision-making support model for customized product color combination. *Computers in Industry*, v.58, n.6, August, p. 504-518, 2007.
- MA, Yongsheng; JIAO, Jianxin Roger; DENG, Yimin. Web Service-oriented Electronic Catalogs for Product Customization. *Concurrent Engineering*, v.16, n. 4, , p.263-270, December 2008.
- MARTIN, M.V.; ISHII, K. Design for variety: a methodology for understanding the cost of product proliferation. *Proceedings of the ASME Design Engineering Technical Conferences*, DTM-1610, Irvine-CA, August 18-22, 1996.
- MARTIN, M.V.; ISHII, K. Design for variety: development of complexity indices and design charts. *Proceedings of the ASME Design Engineering Technical Conferences*, DTM-4359, Sacramento-CA, September 14-17, 1997.
- MCADAMS, Daniel A.; STONE, Robert B.; WOOD, Kristin L. Functional Interdependence and Product Similarity Based on Customer Needs. *Research in Engineering Design*, v.11, n.1, p.1-19, 1999.
- MCCARTHY, Ian P. Special issue editorial: the what, why and how of Mass customization. *Production Planning & Control*, v.15, n.4, p.347-351, 2004.
- MEEHAN, J. S.; DUFFY, A. H. B.; WHITFIELD, R. I. Supporting 'design for re-use' with modular design. *Concurrent Engineering-Research and Applications*, v.15, n.2, June, p.141-155, 2007.
- MITCHAM, C. *Thinking through technology: the path between engineering and philosophy*. Chicago: University of Chicago Press, 1994.
- NEPAL, Bimal; MONPLAISIR, Leslie; FAMUYIWA, Oluwafemi. Matching product architecture with supply chain design. *European Journal of Operational Research*, v.216, n.2, January, p.312-325, 2012.
- NINAN, Jiju A.; SIDDIQUE, Zahed. Internet-based framework to support integration of customer in the design of customizable products. *Concurrent Engineering-Research and Applications*, v.14, n.3, September, p.245-256, 2006.
- NORDIN, Axel; HOPF, Andreas; MOTTE, Damien; BJARNEMO, Robert; ECKHARDT, Claus-Christian. An Approach to Constraint-Based and Mass-Customizable Product Design. *Journal of Computing and Information Science in Engineering*. v.11, March, p.011006-7, 2011.
- PAN, Bernice; HOLLAND, Ray. A mass customised supply chain for the fashion system at the design-production interface. *Journal of Fashion Marketing and Management*, v.10, n.3, p.345-359, 2006.

- PILLER, Frank T. Mass customization: reflections on the state of the concept. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 16, n. 4, p. 313-334, October 2004.
- PILLER, Frank T.; STOTKO, Christof M. Mass customization: four approaches to deliver customized products and services with mass production efficiency, *Proceedings to the 2002 IEEE International Engineering Management Conference. Managing Technology for the New Economy*, Cambridge, UK, p.773-778, 2002.
- PIMMLER, T.U.; EPPINGER, S.D. Integration analysis of product decomposition. *Proceedings of ASME Design Theory and Methodology Conference*, Minneapolis, MN, v.68, p.343-351, 1994.
- PINE II, B. Joseph. *Mass Customization: the new frontier in business competition*. Boston: Harvard Business School Press, 1993.
- QIAO, Yong-zhong; TANG, Wei-qin; ZHANG, Yin. Dynamic method for identifying customization level. *Chinese Business Review*, v.7, n.1, Jan. p.45-48, 2008.
- QU, T.; BIN, S.; HUANG, George Q.; YANG, H. D. Two-stage product platform development for mass customisation. *International Journal of Production Research*, v.49, n.8, April, p.2197-2219, 2011.
- ROSS, Alastair. Mass customization: selling uniqueness. *Manufacturing Engineer*, v.75, n.6, p.260-263, 1996.
- ROZENFELD, Henrique; FORCELLINI, Fernando A.; AMARAL, Daniel C.; TOLEDO, José C.; SILVA, Sérgio L.; ALLIPRANDINI, Dario H.; SCALICE, Regis K. *Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo*. São Paulo: Saraiva, 2006.
- SALVADOR, F.; FORZA, C.; RUNGTUSANATHAM, M. Modularity, product variety, production volume, and component sourcing: theorizing beyond generic prescriptions. *Journal of Operations Management*, v.20, n.5, p.549-575, September 2002.
- SHENHAR, Aaron; DVIR, Dov. Toward a Typological Theory of Project Management. *Research Policy*, v.25, n.4, June, p.607-632, 1996.
- SHENHAR, Aaron; DVIR, Dov; MILOSEVIC, Dragan; MULENBURG, Jerry; PATANAKUL, Peerasit; REILLY, Richard; RYAN, Michael; SAGE, Andrew; SAUSER, Brian; SRIVANNABOON, Sabin; STEFANOVIC, Joca; THAMBAIN, Hans. Toward a NASA-Specific Project Management Framework. *Engineering Management Journal*, v.17, n.4, December, p.8-16, 2005.
- SQUIRE, Brian; READMAN, Jeff; BROWN, Steve; BESSANT, John. Mass customization: the key to customer value? *Production Planning & Control*, v.15, n.4, p.459-471, June 2004.
- STEWART, D.V. The Design Structure System: a method for managing the design of complex systems, *IEEE Transactions: Engineering Management*, v.28, n.3, p.71-74, 1981.
- STONE, Robert B. Towards a theory of modular design. Doctoral Thesis, The University of Texas at Austin, 1997.
- TANG, ZJ; CHEN, RQ; JI, XH. Operational tactics and tenets of a new manufacturing paradigm 'instant customerisation'. *International Journal of Production Research*, v.43, n.14, July, p.2873-2894, 2005.
- TU, Y. L.; XIE, S. Q.; FUNG, RICHARD, Y. K. Product development cost estimation in mass customization. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.54, n.1, February, p.29-40, 2007.
- TU, Y.L.; KAM, J.J. Manufacturing network for rapid tool/die making. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, v.19, n.1, January-February, p.79-89, 2006.
- ULRICH, Karl T.; EPPINGER, Steven D. *Product Design and Development*, 2<sup>ed</sup>, Boston: McGraw Hill, 2000.
- VOSS, Christopher A.; HSUAN, Juliana. Service Architecture and Modularity. *Decision Sciences*, v.40, n.3, p.541-569, 2009.
- WHEELWRIGHT, Steven C.; CLARK, Kim. Creating Project Plans to Focus Product Development. *Harvard Business Review*, March-April, p.1-14, 1992.
- WIND, Jerry; RAMASWAMY, Arvind. Customerization: the next revolution in mass customization. *Journal of Interactive Marketing*, v.15, n.1, p.13-32, 2001
- XIE, S.Q. A decision support system for rapid one-of-a-kind product development. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v.28, n.7-8, p.643-652, 2006.

XIE, S.Q.; XU, X.; TU, Y.L. A reconfigurable platform in support of one-of-a-kind product development. *International Journal of Production Research*, v.43, n.9, may p.1889-1910, 2005.

XU, Q. L.; ONG, S. K.; NEE, A. Y. C. Evaluation of product performance in product family design re-use. *International Journal of Production Research*, v.45, n.18-19, October, 4119-4141, 2007.

YE, Xiaoli; THEVENOT, Henri J.; ALIZON, Fabrice; GERSHENSON, John K.; KHADKE, Kiran; SIMPSON, Timothy W.; SHOOTER, Steven B. Using product family evaluation graphs in product family design. *International Journal of Production Research*, v.47, n.13, July, p.3559-3585, 2009.



## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Customização em Massa (CM) consiste na habilidade em disponibilizar altos volumes de produtos ou serviços customizados por meio de processos flexíveis com custos baixos (DA SILVEIRA et al., 2001). Uma das alternativas para promover a CM consiste na inserção de métodos, ferramentas e técnicas no Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) (GILMORE; PINE II, 1997; SALVADOR et al., 2002; JOSE; TOLLENAERE, 2005).

Dentro desta visão, ainda podem se identificar três ênfases de pesquisa. A primeira consiste em propostas direcionadas à estruturar o PDP à estratégia de CM, frequentemente denominado de Design for Mass Customization (DFMC) (TSENG; JIAO, 1996; 2001; JIAO et al., 2003). A segunda ênfase procura identificar a influência dos facilitadores para o PDP na promoção da CM. Esses estudos têm por característica identificar questões que afetam o desempenho do PDP orientado à CM, tais como o uso da tecnologia da informação, linguagens de *softwares*, do configurador de produto entre outros. A terceira ênfase, na qual está inserido esse trabalho, abriga os métodos, ferramentas e técnicas desenvolvidos e aplicados no PDP orientado à CM. Esses métodos, ferramentas e técnicas de PDP orientados à promoção da CM possuem foco diversificado, podendo ser aplicadas em diversas fases do processo de desenvolvimento. Apesar dessa diversidade, destaca-se uma maior concentração de recomendações destinadas para o projeto da arquitetura de produto (SALVADOR et al., 2002, JOSE; TOLLEANARE, 2005).

São relatados na literatura dificuldades na implementação da estratégia de CM nas empresas (POLLARD et al., 2008). Esta dificuldade reside principalmente na falta de propostas direcionadas ao projeto e transformação do processo atual para o direcionado à CM (MACARTHY, 2004). Mesmo que exista uma grande quantidade e variedade de propostas na literatura (SMITH et al., 2012), se verifica que essas são de difícil implementação na realidade do PDP das empresas (KAHN et al., 2012). A partir dessa dificuldade, foi identificado o problema de pesquisa deste trabalho: a dificuldade em se promover a estratégia de CM por meio do PDP.

Primeiramente, foi realizada uma etapa exploratória de estudos, que procurou analisar esse problema de pesquisa na realidade das empresas. Foram realizadas visitas a empresas de manufatura, além de dois estudos dirigidos no setor de móveis modulados e indústria automobilística. Esses estudos evidenciaram a dificuldade em direcionar o

PDP para os benefícios da CM assim como o desconhecimento dos métodos, ferramentas e técnicas para o PDP com o objetivo de promover a estratégia de CM.

Estas questões confirmam a dificuldade em implementar a estratégia de CM por meio do PDP, já mencionada na literatura. Diante dessa dificuldade, este trabalho procurou contribuir para a gestão da transformação do PDP para atingir aos benefícios da CM. Com isso, o objetivo deste trabalho consiste em identificar e selecionar métodos, ferramentas e técnicas para o PDP orientado à CM mais indicadas para as particularidades do projeto de desenvolvimento de produto de cada empresa. Esse objetivo procurou disponibilizar, tanto para a literatura, quanto para a realidade das empresas, uma alternativa para contribuir para a transformação do PDP para atingir aos benefícios da CM.

A partir desse objetivo, foi desenvolvida a etapa aplicada desta tese, integrada pelos três demais artigos. Foi desenvolvida uma revisão de literatura sobre as propostas de métodos, ferramentas e técnicas para o PDP orientado à CM. Foram identificados 38 diferentes métodos e ferramentas com variados objetivos e aplicáveis a diferentes atividades do PDP. Além disso, foram localizadas 47 diferentes técnicas analíticas e outras 20 técnicas computacionais recomendadas para o desenvolvimento de produtos orientados à CM. A partir desses resultados, foram desenvolvidos mecanismos para a seleção desses métodos, ferramentas e técnicas para o PDP como forma de direcionar os seus objetivos aos benefícios da CM. A seleção desses métodos, ferramentas e técnicas está baseada na dependência das características do projeto e do nível de customização selecionado para o projeto. Esses mecanismos foram aplicados em um caso prático, sendo que seu resultado contribui para a seleção destes métodos, ferramentas e técnicas assim como para a disseminação do conhecimento relacionado a estes métodos, ferramentas e técnicas disponíveis na literatura.

Outra contribuição dessa tese reside no desenvolvimento de um repositório de conhecimentos direcionados para auxiliar a gestão do processo de transformação do PDP da empresa para os benefícios da estratégia de CM. Essa contribuição procura atender a lacuna teórica relacionada à falta de estudos direcionados ao processo de implementação da CM, especialmente com foco no PDP, além da dificuldade prática das empresas em identificar e selecionar esses métodos, ferramentas e técnicas.

## **7.1 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS**

O problema de como implementar a estratégia de CM no PDP abordado nesta tese ainda permanece pouco explorado, sugerindo a realização de trabalhos futuros como forma de mitigar as dificuldades de implementação desta estratégia no PDP. Dentre as lacunas de pesquisa sobre o tema que permanece descoberto, podem ser mencionadas:

*Desenvolvimento de PDP orientado a CM* - Apesar de existirem diversas propostas direcionadas ao tema, normalmente denominadas Design for Mass Customization (DFMC) (TSENG; JIAO, 1996; 2001; JIAO et al., 2003), seu foco ainda permanece restrito ao projeto da arquitetura do produto, dificultando a aderência das propostas de métodos e ferramentas ao processo.

*Desenvolvimento de um modelo de transformação do PDP orientado à CM* – mesmo que existam diversas propostas para a transformação do PDP para os objetivos da CM, não se verifica na literatura um guia que permita a identificação da situação atual do processo e o planejamento do estado futuro. A falta de um mapa da maturidade do processo de desenvolvimento orientado à CM dificulta a identificação e o planejamento das ações necessárias para a melhoria do desempenho do processo.

*Desenvolvimento de um sistema para operacionalizar a seleção de métodos, ferramentas e técnicas para o PDP orientado à CM* - um sistema com esse objetivo poderia contribuir para difundir a utilização das propostas da literatura na realidade das empresas, além de funcionar como um repositório de métodos, ferramentas e técnicas com esse objetivo.

## REFERÊNCIAS

- DA SILVEIRA, Giovani J.; BORENSTEIN, Denis; FOGLIATTO, Flávio S. Mass customization: literature review and research directions. *International Journal of Production Economics*, v.72, p.1-13, 2001.
- GILMORE, J. H.; PINE II, J. B. The four faces of mass customization. *Harvard Business Review*, Jan-Feb, 90-102, 1997.
- JIAO, Jianxin.; MA, Qin Hai; TSENG, Mitchell M. Toward high-added products and services: mass customization and beyond. *Technovation*, v.23, p.809–821, October 2003.
- JOSE, Alberto; TOLLENAERE, Michel. Modular and platform methods for product family design: literature analysis. *Journal of Intelligent Manufacturing*, v.16, n.3, p.371-390, June 2005.
- KAHN, Kenneth B.; BARCZAK, Gloria; NICHOLAS, John; LEDWITH, Ann; PERKS, Helen. An Examination of New Product Development Best Practice. *Journal of Product Innovation Management*, v.29:n.2, p. 180–192, March 2012.
- MCCARTHY, Ian P. Special issue editorial: the what, why and how of Mass customization. *Production Planning and Control*, v.15, n.4, p.347-351, 2004.
- POLLARD, Dennis; CHUO, Shirley; LEE, Brian. Strategies for Mass Customization. *Journal of Business & Economics Research*, v.6, n.7, p.77-86, July 2008.
- SALVADOR, F.; FORZA, C.; RUNGTUSANATHAM, M. Modularity, product variety, production volume, and component sourcing: theorizing beyond generic prescriptions. *Journal of Operations Management*, v.20, n.5, p.549-575, September 2002.
- SMITH, Shana; JIAO, Roger; CHU, Chih-Hsing. Editorial: advances in mass customization. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 2012. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1007/s10845-012-0700-3>>. Arquivo acessado em 31 de outubro de 2012.
- TSENG, Mitchell M.; JIAO, Jianxin. Design for mass customization. *Annals of the CIRP*, v.45, jan. 1996.
- TSENG, Mitchell M.; JIAO, Jianxin. *Mass Customization*, In. Handbook of Industrial Engineering, 3ed. SALVENDY, Gavriel (Org.), USA: John Wiley & Sons Inc., 2001.

# APÊNDICES

## Apêndice A

Questionário aplicado

Legenda: Perguntas direcionadas a área de atuação do profissional

V:varejo/D:desenvolvimento de produto/P:produção

<b>Customização de Modulados</b>		Elaborado em 30/05/2009	Versão
		Elaborado PPGEP-LFRGS	<b>01</b>

IDENTIFICAÇÃO		
Identificação do aplicador: _____	data: ____ / ____ / 2009	n° do questionário: _____
Unidade: _____	Cargo do Entrevistado: _____	

Dê sua opinião em relação a estas questões:	
V	Quantas linhas de produto a empresa disponibiliza para venda?
V	Em média quantos produtos compõem cada linha?
V	Quais são as opções em cada linha de produto? (cores, puxadores, dimensões, tampos)
V D P	É possível compor produtos (cozinhas) com componentes das outras linhas? Os produtos e componentes das linhas são intercambiáveis?
V D P	Como são definidas as opções (catálogo) de produtos/serviços a serem oferecidas para os clientes?
P D	Como são aplicados os conceitos de modularidade e padronização de componentes e plataforma de produto?
P D	Quais ferramentas e métodos são aplicados para esta definição? métodos matemáticos método estatístico pesquisa de mercado modelo de desenvolvimento de produto
V D P	Na sua opinião, existe a necessidade de maior quantidade de opções de produtos para atender as demandas dos clientes? Que tipos de produtos deveriam ser incorporados?
V D P	Em relação a serviços, os clientes solicitam algum tipo de serviço que a loja ou a fábrica não pode atender? Que tipos de serviços deveriam ser incorporados?
V D V	O varejo venderia mais se pudesse ou oferecesse estas alternativas? Vale a pena incluir estes produtos/serviços na empresa?
V P	Quais solicitações ou tipo de solicitações dos clientes não costumam ser atendidas pela empresa? Por quais razões?
V P D	Quais tipos de opções de produtos são e valorizadas pelos clientes? Diversidade nas dimensões dos produtos Diversidade de cores dos produtos Diversidade de revestimentos (tons de madeira...) Diversidade de produtos para compor os espaços (tampos, fundos) Diversidade de componentes (puxadores, pés...) Possibilidade de comprar outros produtos junto com a cozinha (cadeiras, enfeites, mesas, eletrodomésticos) <b>Cite outras</b>

arquivo: Questionário2	página	<b>1</b>
------------------------	--------	----------

<b>Customização de Modulados</b>		Elaborado em 30/05/2009	Versão
		Elaborado PPGEP-UFRGS	<b>01</b>

V	Quais tipos de opções de serviços são disponibilizados aos clientes?
P	Projeto do espaço
D	Informações de tendências de estilo, combinação de cores Orientação para a combinação de alternativas Agendamento da entrega Informações técnicas, materiais Orientação técnica dos materiais indicados, soluções Montagem Assistência técnica, manutenção Ampliações, adaptações na casa do cliente... <b>Cite outras</b>
V	Como é feita a escolha das opções pelo cliente? Existe alguma dificuldade ou problema durante este processo?
	Vendedor Interface com o computador Projeto interativo entre cliente-projetista <b>Cite outra</b>
V	Qual o auxílio-orientação dado ao cliente para a escolha das alternativas para compor o produto?
	Moda-estilo Informações quanto ao custo, materiais... Liberdade de escolha das opções... Projeto Apresentação do projeto ( <i>rendering</i> ) <b>Cite outras:</b>
V	Qual o procedimento utilizado pelas lojas para encaminhar os pedidos para a indústria?
V	Quais meios são utilizados para transferir os dados/pedidos da loja para a indústria?
	FAX Rede de computador Internet EDI ( <i>electronic data interchange</i> ) <b>Cite outra</b>
V	Existe problemas relacionados à transferência destes pedidos?
P	
V	E nos casos em que as opções não estão previstas no catálogo, como acontece este processo? Existe alguma necessidade de detalhamento?
P	
V	Qual é o procedimento para atender aos pedidos ou solicitações que não estão no catálogo disponibilizado pela empresa?
P	
V	Quais são as principais dificuldades encontradas para atender a variedade das necessidades de customização dos clientes?
P	
P	Quais os setores funcionais da empresa são mais envolvidos neste processo?
P	Quais são as principais tecnologias de manufatura que auxiliam este processo? De que forma elas auxiliam, existem outras
D	CAD (computer-aided design), CAM (computer-aided manufacturing) CNC (computer numeric control) CIM (computer integrated manufacturing) FMS (flexible manufacturing systems) EDI ( <i>electronic data interchange</i> ) <b>Cite outras</b>

arquivo: Questionário2	página	<b>2</b>
------------------------	--------	----------

<b>Customização de Modulados</b>		Elaborado em 30/05/2009	Versão
		Elaborado PPGEP-LFRGS	<b>01</b>

P	A empresa aplica algum destes processos ou metodologias? De alguma forma elas auxiliam a empresa a atender a demanda customizada?
D	<p>Manufatura ágil (agile manufacturing),          Produção enxuta (lean production)          Projeto e manufatura direcionadas ao cliente          Gerenciamento da cadeia de suprimentos (supply chain management)          Processo de desenvolvimento de produto          Plataforma de produto          Modularização          Cite outras</p>
P	Qual o prazo médio de entrega de uma cozinha modulada na casa do cliente?
V	
V	Como acontece a entrega do produto para o cliente? Existe algum acompanhamento deste processo? Onde são criadas as instruções de montagem do produto?
P	
V	A utilização do produto por parte dos clientes, sua reutilização ou alterações na forma como é utilizado é acompanhada de alguma forma pela empresa?
P	
V	Existe algum produto/serviço disponibilizado pela empresa posterior ao processo de venda?
P	
V	Quais são as principais motivações do cliente para a compra?
P	Aspectos financeiros (custo, facilidade de pagamento, financiamento...)
D	<p>Marca da Loja (confiança na empresa, grife da loja, indicação)          Características do produto (matéria prima utilizada, ecológico)          Possibilidade de customizar o produto          Prazo de entrega do produto          Cite outras:</p>
V	Quais as vantagens dadas para o cliente no serviço de customização oferecido?
P	Orientação (na combinação das alternativas, técnicas)
D	<p>Projeto (tendências de estilo, grife...)          Informação (quanto às opções)          Possibilidade de customizar o produto          Menor custo          Cite outras:</p>

### OPINIÃO SOBRE A CUSTOMIZAÇÃO

**Em sua opinião, quais as VANTAGENS de optar pelo serviço de customização?**

---



---

**Em sua opinião, quais as DESVANTAGENS de optar pelo serviço de customização?**

---



---

#### Observações


Os pesquisadores da UFRGS agradecem a sua colaboração.

arquivo: Questionário2	página	<b>3</b>
------------------------	--------	----------







## Apêndice D

### Descritivo das 39 práticas de PDP que integram o protocolo

Id	Título	Autores	Periódico	Data	FI	Objetivo Geral	Descritivo	Informação de entrada	Resultado final	Técnicas Analíticas utilizadas	Técnicas Computacionais	Caso Aplicado
P1	A methodology of developing product family architecture for mass customization	Jiao, J.X.; Tseng, M.M.	Journal of Intelligent Manufacturing	1999	0,86	Projetar de família de produto	Desenvolvimento do método PFA (Product Family Architecture). Consiste em um método estruturado para compreensão das necessidades dos clientes, tradução destes em <i>building blocks</i> e módulos para o projeto da família de produtos. O método é aplicado em um desenvolvimento de um telefone.	Requisitos dos clientes	Estrutura da família de produto (árvore de produto e BOM modular)	Análise da Árvore do Produto, Modelo Matemático, Survey, Análise de Decisão Multicritério, Fuzzy Clustering Algorithm, Analytic Hierarchy Process (AHP), Matrix Decomposition (Pimpler;Eppinger, 1994), Algoritmo (Kusiak; Chow, 1987), Avaliação Financeira, Filosofias de Projeto (Design for Postponement, Design for variety), Gráfico de Pareto		Fonte de alimentação
P2	Product family modeling for mass customization	Jiao, J.X.; Tseng, M.M.; Duffy, V.G.; Lin, F.H.	Computers & Industrial Engineering	1998	1,59	Projetar de família de produto	Apresenta o método PFA (Product Family Architecture). Consiste em um trabalho prévio ao "A methodology of developing product family architecture for mass customization-P4". Procura traduzir requisitos em módulos para compor uma família de produtos.	Requisitos funcionais dos produtos	Estrutura da família de produto (árvore de produto e BOM modular)		Solid Works®	Fonte de alimentação
P3	Architecture of product family: Fundamentals and methodology	Du, X.H.; Jiao, J.X.; Tseng, M.M.	Concurrent Engineering-Research and Applications	2001	0,48	Projetar de família de produto	A prática APF (Architecture Product Family) é empregada para otimizar a estrutura da família de produto. Por meio da análise sobre os elementos comuns (common base), os elementos de diferenciação e os mecanismos de configuração, analisados por meio de restrições são desenvolvidas alternativas de arranjo para a formação da estrutura da família de produtos.	Estrutura atual do produto	Estrutura da família de produtos			Fonte de alimentação
P4	Functional interdependence and product similarity based on customer needs	McAdams, D.A.; Stone, R.B.; Wood, K.L.	Research in Engineering Design-Theory Applications and Concurrent Engineering	1999	1,24	Identificar potenciais famílias de produtos	Por meio da aplicação da heurística para mapeamento funcional (Stone et al. 2000) é realizado o mapeamento dos fluxos no produto, tais como transmissão de calor, eletricidade entre outros. A partir deste mapeamento a proposta identifica funções comuns e encaminha a formação de módulos e o projeto da família de produto	Mapeamento funcional dos produtos	Índices de similaridade entre produtos	Análise da Árvore do Produto		Máquina de chá gelado, Cafeteira, Descascador de frutas
P5	A fuzzy analytic hierarchy process approach in modular product design	Lee, W.B.; Lau, H.; Liu, Z.Z.; Tam, S.	Expert Systems	2001	0,68	Selecionar o conceito do produto	A prática consiste na utilização da técnica Fuzzy Analytic Hierarchy Process para suporte a seleção de conceitos de produto. A partir da definição do problema, no caso sugerido a seleção do melhor conceito, são estabelecidos os critérios de análise, são determinados os pesos do vetor para estabelecer a melhor alternativa.	Alternativas de conceito	Seleção do conceito do produto	Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP)		Pager

Id	Título	Autores	Periódico	Data	FI	Objetivo Geral	Descritivo	Informação de entrada	Resultado final	Técnicas Analíticas utilizadas	Técnicas Computacionais	Caso Aplicado
P6	Applications of the Web-based collaborative visualization in distributed product development	Chu, C.H.; Cheng, C.Y.; Wu, C.W.	Computers in Industry	2006	1,53	Suportar o fluxo de informações entre as diferentes áreas funcionais que integram o PDP	Propõe um configurador de Produto tridimensional com o objetivo facilitar o fluxo de informações entre a engenharia e demais setores da empresa, revisores/gerência e fornecedores. Também é utilizado como ferramenta de catálogo de peças/produtos 3D. Incorpora a integração de informações CAD (Computer Aided Design), PDM (Product Data Management) e da BOM (Bill of Material) em um sistema de visualização em HTTP. Incorpora também algumas funcionalidades, como análise ergonômica e sistema de revisão da peça/produto.	Modelagem 3D (CATIA®)	Produto analisado por meio do sistema proposto		Modelagem 3D (CATIA®)	Interior do automóvel
P7	Product development cost estimation in mass customization	Tu, Y. L.; Xie, S. Q.; Fung, Richard Y. K.	IEEE Transactions on Engineering Management	2007	0,96	Estimar e otimizar custo do produto customizado	Apresenta uma sistemática para determinar o custo do produto customizado além de uma rotina para otimizá-lo durante o processo de customização. Utiliza a estrutura de produto da família de produtos incorporando questões de manufatura, logística e fornecedores. Otimiza as soluções por meio de programação dinâmica, mas também sugere modelos de simulação baseados em variáveis randômicas ou estocásticas, além de softwares comerciais, como o ProModel, Quest ou VNC.	Custos gerais de Desenvolvimento (CAD) e Manufatura para as opções disponíveis	Definição do custo do produto customizado	Programação Dinâmica, Avaliação Financeira		Componente em aço
P8	Operational tactics and tenets of a new manufacturing paradigm 'instant customerisation'	Tang, Z.J.; Chen, R.Q.; Ji, X.H.	International Journal of Production Research	2005	1,12	Estruturar a estratégia de Customização Ágil	Apresenta um modelo teórico baseado em uma árvore de decisão com as variáveis que determinam/necessárias para o desenvolvimento de uma customização ágil em uma empresa de manufatura.	Necessidade de estruturação do negócio	Análise dos requisitos para a estratégia da Customização Ágil.	Estrutura de suporte a decisão (framework)		

<b>Id</b>	<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Periódico</b>	<b>Data</b>	<b>FI</b>	<b>Objetivo Geral</b>	<b>Descritivo</b>	<b>Informação de entrada</b>	<b>Resultado final</b>	<b>Técnicas Analíticas utilizadas</b>	<b>Técnicas Computacionais</b>	<b>Caso Aplicado</b>
<b>P9</b>	A design decision-making support model for customized product color combination	Ma, M.Y.; Chen, C.Y.; Wu, F.G.	Computers in Industry	2007	1,53	Suportar o cliente durante o processo de customização do produto	Desenvolve um mecanismo para ajudar o cliente durante o processo de customização do produto e contribui para reduzir a quantidade de opções de customização (mass confusion).	Conjunto de alternativas de customização	Produto customizado pelo cliente	Análise fatorial, Fuzzy Analytic hierarchy process (FAHP)		Sofá
<b>P10</b>	Analytical affective design with ambient intelligence for mass customization and personalization	Jiao,R.J.; Xu,Q; Du,J.; Zhang,Y.; Helander,M.; Khalid,H.M.; Helo,P.; Ni,C.	International Journal of Flexible Manufacturing Systems	2007	0,25	Suportar o cliente durante o processo de customização do produto	Desenvolve um método para facilitar o processo de customização do produto pelo cliente e contribui para orientar o cliente na identificação de suas necessidades e sua tradução em requisitos do produto.	Conjunto de alternativas de customização	Produto customizado pelo cliente	Algoritmo Genético, Data Mining, Análise com Especialistas e Clientes, Design of Experiments (DOE).	Virtual Reality (VR), AR (Augmented Reality)	Cabine de caminhões
<b>P11</b>	A reconfigurable platform in support of one-of-a-kind product development	Xie,S.Q.; Xu, X.; Tu, Y.L.	International Journal of Production Research	2005	1,12	Suportar a manufatura de produtos customizados	Sistema que auxilia a integração entre projetos customizados (personalizados) com sistemas de manufatura, disponibilizando acesso a recursos para planejar manufatura, aproveitamento de materiais, processos e otimizando custos associados a manufatura.	Informação geométrica do produto, plano de proceso, informações de manufatura e recursos	Avaliação do projeto e custo em relação a manufatura		XML (eXtensible Markup Language), Java Programming Language, CORBA (Common Object Request Broker Architecture), KQML (Knowledge Query Manipulation Language)	Moldes de injeção
<b>P12</b>	Service Architecture and Modularity	Voss, C.A.; Hsuan, J.	Decision Sciences	2009	1,36	Desenvolver um indicador de modularidade aplicada a serviços	Desenvolvimento de um indicador para mensurar o grau de modularidade para serviços.	Estrutura dos serviços disponibilizados ao cliente	Grau de modularidade do sistema/serviço	Análise de Sensibilidade		Operador de viagens marítimas, Banco
<b>P13</b>	A web-based fuzzy mass customization system	Chen, Y.H.; Wang, Y.Z.; Wong, M.H.	Journal of Manufacturing Systems	2001	0,64	Suportar o cliente durante o processo de customização do produto	Desenvolvimento de um sistema para auxiliar o cliente a customizar o produto a partir de características abstratas do produto.	Informar parâmetros do produto ao sistema	Produto customizado pelo cliente	Lógica fuzzy	Virtual Reality Modeling Language (VRML)	Cálice de vinho
<b>P14</b>	Supporting 'design for re-use' with modular design	Meehan, J. S.; Duffy, A. H. B.; Whitfield, R. I.	Concurrent Engineering- Research and Applications	2007	0,48	Identificar módulos entre os componentes do produto	Proposta para a formação de módulos a partir de componentes do produto. A partir de um mapeamento prévio dos componentes e de suas iterações a prática procura agrupá-los e ainda propõem uma etapa de ozação destes agrupamentos.	Componentes do produto e suas interações	Agrupamento de componentes em módulos do produto	Algoritmo Genético, Design Structure Matrix (Steward, 1981), Análise de Cluster		

Id	Título	Autores	Periódico	Data	FI	Objetivo Geral	Descritivo	Informação de entrada	Resultado final	Técnicas Analíticas utilizadas	Técnicas Computacionais	Caso Aplicado
P15	A decision support system for rapid one-of-a-kind product development	Xie, S.Q.	International Journal of Advanced Manufacturing Technology	2006	1,10	Integrar informações para a produção de produtos customizados	Consiste em um sistema com diversos módulos e ferramentas destinadas para a produção de produtos customizados. Pretende disponibilizar mecanismos para suportar o projeto de produtos, planejamento de projetos, montagem, simulação, manufatura e custos.	Solicitação de produto customizado	Suporte a decisão baseado em sistemas de informação		Http (hipertext transfer protocol)	Moldes de injeção
P16	Product platform identification and development for mass customization	Huang, G.; Bin, S.; Halevi, G.	CIRP Annals-Manufacturing Technology	2003	1,71	Projetar de plataforma de produto	Consistem em um método para construir e selecionar estruturas de produto mais direcionadas a plataforma de produto e modularidade.	Conjunto de componentes do produto (BOM)	Seleção da melhor estrutura de produto orientada a modularidade	Modelo Matemático, Teoria de grafos		
P17	Virtual customer integration in new product development in industrial markets: The QLL framework	Hemetsberger, A.; Godula, G.	Journal of Business-To-Business Marketing	2007	1,23	Selecionar ferramentas para integrar o cliente no PDP	Apresenta um levantamento de métodos para integrar o cliente no PDP classificados de acordo com as fases do PDP assim como atributos de transferência de conhecimento.	Necessidade de integração do cliente no PDP	Seleção do melhor método de integração do cliente no PDP de acordo com diversos atributos	Estrutura de suporte a decisão (framework)		Componentes eletrônicos
P18	Evaluation of product performance in product family design re-use	Xu, Q. L.; Ong, S. K.; Nee, A. Y. C.	International Journal of Production Research	2007	1,12	Melhorar aproveitamento de módulos existentes no processo de projeto	Consistem em um método para construir famílias de produto levando-se em consideração a comunalização de componentes e redução de custos.	Necessidades dos clientes	Configuração do produto de acordo com economias de escala e desempenho	Matriz de correlação, Method of Module Heuristics (Stone, 1997); Otimização de agrupamento por Algoritmo genético		Telefone Celular
P19	A framework of product styling platform approach: Styling as intangible modules	Fung, R.Y.K.; Chong, S.P.Y.; Wang, Y.	Concurrent Engineering-Research and Applications	2004	0,48	Planejamento da plataforma do produto	Consiste em uma estrutura de produto utilizada para planejar a família de produtos mais orientados para as questões de estilo. Neste planejamento são incorporados módulos que abrigam variáveis intangíveis dentro da estrutura do produto.	Necessidades dos clientes	Estrutura de produto incorporando sistema de configuração (módulos) com características funcionais e de estilo.			Computadores pessoais
P20	Integrating rough set clustering and grey model to analyse dynamic customer requirements	Chen, C.; Wang, L.	Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B-Journal of Engineering Manufacture	2008	0,73	Definir e analisar e prever comportamento de segmentos de mercado	Consiste em uma prática para agrupar e analisar requisitos dos clientes e funcionais (features do produto) e incorporar uma pesquisa de tendência da avaliação destes requisitos por parte do mercado.	Requisitos dos clientes e requisitos funcionais do produto	Segmentos de mercado definidos e relacionados a requisitos funcionais do produto e previsão de comportamento do mercado em relação a estes requisitos.	Análise de Cluster, Fuzzy Clustering Algorithm, Analytic Hierarchy Process (AHP), Análise de Consistencia, Grey Forecasting Theory		Bicicleta elétrica

Id	Título	Autores	Periódico	Data	FI	Objetivo Geral	Descritivo	Informação de entrada	Resultado final	Técnicas Analíticas utilizadas	Técnicas Computacionais	Caso Aplicado
P21	A dynamic workflow framework for mass customization using web service and autonomous agent techniques	Karpowitz, D.J.; Cox, J. J.; Humpherys, J.C.; Warnick, S.C.	Journal of Intelligent Manufacturing	2008	0,86	Sistematizar e organizar o fluxo de informações para o projeto do produto customizado	Consiste em um sistema para organizar o fluxo de atividades para a execução do projeto. A partir de um software programado em linguagem Java é estabelecido o fluxo de atividades necessárias para a execução do projeto de forma mais ágil.	Especificações do produto	Fluxo do projeto definido		Java Programming Language	Componente em aço
P22	Using product family evaluation graphs in product family design	Ye, X.; Thevenot, H.J.; Alizon, F.; Gershenson, J.K.; Khadke, K.; Simpson, T.W.; Shooter, S.B.	International Journal of Production Research	2009	1,12	Analisar <i>trade off</i> entre comunalidade e variedade para construir família de produtos	Trata-se de uma prática que desenvolve um indicador para a comunalidade e outro para a variedade de produtos dentro de uma mesma família. Após relaciona estes indicadores com os fatores competitivos no mercado, ao final apresenta um índice para analisar o grau de comunalidade/variedade em relação aos concorrentes.	Estrutura do produto	Avaliação do grau de comunalidade e variedade na família de produtos em relação aos concorrentes	Modelo Matemático, Análise de Decisão Multicritério		Famílias de ferramentas manuais (De Walt, Black & Decker, Skil, Delta)
P23	Manufacturing network for rapid tool/die making	Tu, Y.L.; Kam, J.J.	International Journal of Computer Integrated Manufacturing	2006	1,07	Integrar sistemas CAD (Computer Aided Design)/CAM (Computer Aided Manufacturing) para agilizar processo de customização do produto	Consiste em uma prática para facilitar o projeto a partir do CAD (Computer Aided Design) e integrá-lo aos sistemas de manufatura, tais como máquinas CNC. Também disponibiliza um suporte a decisão a outras questões relacionadas a seleção de processo e métodos de trabalho.	Necessidade do cliente	Projeto de manufatura a partir do desenho CAD		C++	
P24	Internet-based framework to support integration of customer in the design of customizable products	Ninan, J.A.; Siddique, Z.	Concurrent Engineering-Research and Applications	2006	0,48	Integrar configurador de produto com CAD (Computer Aided Design) e FEA (Finite Elements Analysis) por sistema baseado na internet	Consiste em uma proposta para integrar o configurador de produto online com desenhos CAD (Computer Aided Design), visualização do produto e otimização da estrutura por Análise de Elementos Finitos (FEA).	Necessidade do Cliente	Produto customizado e otimizado, incluindo desenhos CAD, otimização de estrutura e imagens do produto VRML	FEA (Finite Element Analysis),	CAD (Computer Aided Design), ASP (Active Server Pages), ANSYS APDL (Parametric Design Language)	Quadro de bicicleta

Id	Título	Autores	Periódico	Data	FI	Objetivo Geral	Descritivo	Informação de entrada	Resultado final	Técnicas Analíticas utilizadas	Técnicas Computacionais	Caso Aplicado
P25	A generic and extensible information infrastructure framework for mass-customizing platform products	Huang, G.Q.; Li, L.; Lau, T.L.; Chen, X.	International Journal of Computer Integrated Manufacturing	2007	1,07	Suportar o time de projeto e os clientes durante o projeto do produto por meio de um sistema via web.	Consiste em um sistema de gestão da informação direcionado a suportar o projeto de plataformas de produto. Por meio de um sistema baseado na web as informações pertinentes aos problemas de projeto são procuradas e acessadas suportando a equipe a executar o projeto.	Problema de projeto	Gestão de informações direcionadas ao projeto do produto customizado		SOAP (Simple Object Access Protocol), XML (eXtensible Markup Language)	Guindaste de pórtico
P26	ppXML: A generic and extensible language for lifecycle modelling of platform products	Huang, G.Q.; Li, L.; Chen, X.	Computers In Industry	2008	1,53	Suportar o desenvolvimento de plataformas de produto por meio de uma linguagem denominada ppXML (platform product eXtensible Markup Language)	Consiste em um sistema de gestão da informação e gerenciamento do projeto baseado na linguagem ppXML direcionado a suportar o projeto de plataformas de produto. Tem por objetivo suportar a equipe a gerenciar e executar o projeto da plataforma de produtos.	Problema de projeto	Gestão de projeto e de informações direcionadas ao projeto do produto customizado	Conjoint Analysis	ppXML (platform product eXtensible Markup Language)	reductor
P27	On Modular Products Development	Kong, F.B.; Ming, X.G.; Wang, L.; Wang, X.H.; Wang, P.P.	Concurrent Engineering-Research and Applications	2009	0,48	Projetar família de produtos e modularidade	Consiste em um método para o projeto da família de produtos composto de duas macro fases, denominadas modularização funcional e física, e 15 fases. Incorpora desde o planejamento da família de produto até a configuração dos produtos variantes.	Oportunidade de produto	Projeto da família do produto	Quality Function Deployment (QFD), Design Structure Matrix (Steward, 1981), Análise de Cluster, Lógica fuzzy, Heurística (Stone et al.2000), Gráfico de bolhas, Conjoint Analysis, Opções Reais, Filosofias de Projeto (Design for Manufacturing (DFM), LifeCycleAssessment(LCA), Design for Wervice, Design for Reuse), MFD (Ericsson; Erixon, 2000), Avaliação financeira, Projeto de Produtos Modulares (Kusiak; Huang, 1996; Jiao;Tseng, 1999)	PLM (Product Life Cycle Management)	

<b>Id</b>	<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Periódico</b>	<b>Data</b>	<b>FI</b>	<b>Objetivo Geral</b>	<b>Descritivo</b>	<b>Informação de entrada</b>	<b>Resultado final</b>	<b>Técnicas Analíticas utilizadas</b>	<b>Técnicas Computacionais</b>	<b>Caso Aplicado</b>
<b>P28</b>	Integrated Vehicle Configuration System-Connecting the domains of mass customization	Helo, P.T.; Xu, Q.L.; Kyllonen, S.J.; Jiao, R.J.	Computers in Industry	2010	1,53	Estruturar o configurador de produto para a customização em massa	Consiste em uma prática para projeto de configuradores de produto incorporando sua relação com os sistemas e informações da empresa. Inclui questões relacionadas a estrutura do produto e implicação do configurador com pedido, BOM(Bill of Material), produção/logística e a integração com os demais sistemas utilizados na empresa.	Estrutura do sistema produtivo da empresa	Projeto do sistema de configurador de produto para a customização em massa	Análise da Árvore do Produto, Modelo Matemático, Data Mining, Conjoint analysis		Cabine de caminhões
<b>P29</b>	Modularity analysis and commonality design: a framework for the top-down platform and product family design	Liu, Z.; Wong, Y.S.; Lee, K.S.	International Journal of Production Research	2010	1,12	Projetar de família de produtos	Consiste em uma prática para o projeto da família de produtos que incorpora questões relacionadas a formação da família de produtos até a otimização da comunalidade de componentes entre os produtos derivados.	hierarquia das variáveis do produto e segmentos de mercado	Estrutura da família de produtos	Algoritmo Genético, , Análise de Cluster, Heurística (Stone et al.2000), Gráfico de bolhas		Aparafusadeira sem fio
<b>P30</b>	An integrated fuzzy logic approach to customer-oriented product design	Gologlu, C.; Mizrak, C.	Journal of Engineering Design	2011	0,93	Integrar o cliente ao processo de projeto do produto	Trata-se de uma prática para integrar o cliente ao processo de desenvolvimento, captando suas necessidades (opções qualitativas) e por meio de uma lógica fuzzy traduzi-las em dimensionamentos da estrutura do produto, gerando automaticamente um desenho CAD (Computer Aided Design) do produto customizado.	Oportunidade de produto	Projeto do produto customizado	Lógica fuzzy	Solid Works®	Quadro de bicicleta
<b>P31</b>	Fuzzy Topsis Decision Method for Configuration Management	Chang, S.H.; Tseng, H.E.	International Journal of Industrial Engineering-Theory Applications and Practice	2008	0.154	Integração do cliente no processo de projeto do produto	Consiste em uma prática para o projeto de produtos customizados que incorpora a participação do cliente no projeto. Por meio de uma lógica fuzzy, o cliente interfere no dimensionamento de algumas variáveis do projeto e define seu detalhamento.	Oportunidade de produto	Definição do projeto customizado de acordo com opções qualitativas dos clientes	Quality Function Deployment (QFD), Survey, Entrevistas, Fuzzy QFD, TOPSIS Algorithm (Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution)		Torno CNC

Id	Título	Autores	Periódico	Data	FI	Objetivo Geral	Descritivo	Informação de entrada	Resultado final	Técnicas Analíticas utilizadas	Técnicas Computacionais	Caso Aplicado
P32	Web Service-oriented Electronic Catalogs for Product Customization	Ma, Y.; Jiao, J.R.; Deng, Y.	Concurrent Engineering-Research and Applications	2008	0,48	Estruturar catálogo web de peças para montagem/configuração do produto	Consiste em uma estrutura para criação,manutenção e operacionalização de uma biblioteca para peças/componentes/produtos gerenciada via web. Por meio desta prática promove-se uma maior padronização e aumento do aproveitamento das peças e por consequencia maior comunalidade e redução de part numbers.	Necessidade do produto	Biblioteca de componentes/produtos	Group Technology (GT)	PDM (Product Data Management), Standard Componente Library (SCL), JavaScript, HTML (HyperText Markup Language), Simple Object Access Protocol (SOAP), PLM (Product Life Cycle Management), Java Programming Language, ACIS 3D CAD modeler	
P33	Ontology-Based Multiplatform Identification Method	Li, Y.; Chang, X.; Terpenney, J.P.; Gilbert, T.	Journal of Computing and Information Science in Engineering	2010	0,511	Projeto de plataforma de produtos	Trata-se de uma prática para otimização da plataforma de produto. Por meio de uma análise da estrutura dos produtos procura-se identificar uma plataforma de produtos e estruturar a comunalidade de componentes entre os produtos derivados.	Familia de produtos - Arvore/estrutura de produto/familia	Identificação e otimização da plataforma de produtos	Quality Function Deployment (QFD), Design Structure Matrix-DSM (Steward, 1981), Análise de Cluster		Resfriador de água
P34	Developing and Assessing Commonality Metrics for Product Families: a process-based cost-modeling approach	Johnson, M.D.; Kirchain, R.E.	IEEE Transactions on Engineering Management	2010	0,96	Índice de comunalidade de componentes	Consiste em um índice de comunalidade de componentes entre um sistema. A partir da aplicação deste índice obteve-se uma correlação significativa com a redução de custos na empresa.	Estrutura do produto	Índice de comunalidade do sistema			Painel de instrumentos automotivo (cockpit)
P35	The importance of product development cycle time and cost in the development of product families	Johnson, M.D.; Kirchain, R.E.	Journal of Engineering Design	2011	0,93	Desenvolver sistema para definição de custos para produtos customizados	Trata-se de uma ferramenta para identificar custos relacionados ao projeto. Por meio da análise de custos de trabalho (engenheiros), equipamentos, softwares e supervisão pode-se estimar com maior previsão o custo do projeto do produto.	Plano do projeto	Avaliação do custo do projeto	Avaliação financeira		Painel de instrumentos (cockpit), Chassis de automóvel



Id	Título	Autores	Periódico	Data	FI	Objetivo Geral	Descritivo	Informação de entrada	Resultado final	Técnicas Analíticas utilizadas	Técnicas Computacionais	Caso Aplicado
P36	An Approach to Constraint-Based and Mass-Customizable Product Design	Nordin, A.; Hopf, A.; Motte, D.; Bjarnemo, R.; Eckhardt, C.C.	Journal of Computing and Information Science in Engineering	2011	0,51	Customização de produtos seguindo uma lógica pré estabelecida com resultados variados (Voronoi Diagram)	Consiste em uma prática para customizar produtos seguindo uma lógica pré determinada (programada), neste caso foi utilizado o diagrama Voronoi. O cliente informa dados de dimensão total e o sistema calcula o melhor arranjo em termos de custo seguindo o diagrama Voronoi para a superfície.	Necessidade do cliente	Projeto customizado	Algoritmo Genético, Pesquisa Operacional, Lógica Voronoi	Matlab®	Mesa
P37	Matching product architecture with supply chain design	Nepal, B.; Monplaisir, L.; Famuyiwa, O.	European Journal of Operational Research	2012	1,82	Integrar projeto de arquitetura com a cadeia de suprimentos	Uma prática destinada a suportar a decisão entre uma arquitetura de produto integral ou modular de acordo com os custos/tempo destas opções no arranjo da cadeia de suprimentos.	Oportunidade de produto	Seleção da arquitetura de produto mais econômica de acordo com a cadeia de suprimentos	Algoritmo Genético, Programação não linear	PDM (Product Data Management)	Sistema de ar condicionado automotivo
P38	Two-stage product platform development for mass customisation	Qu, T.; Bin, S.; Huang, George Q.; Yang, H. D.	International Journal of Production Research	2011	1,12	Projetar plataforma de produtos	Consiste em uma prática para projeto e otimização da plataforma de produto. A partir de um conjunto de componentes é realizado um primeiro agrupamento e depois este agrupamento é otimizado levando-se em consideração demais variáveis como custos, cadeia de suprimentos e variedade de produtos.	Componentes do produto	Plataforma de produto otimizada			
P39	A helical model for managing innovative product and service initiatives in volatile commercial environments	Deakins, E.; Dillon, S.	International Journal of Project Management	2012	1,53	Analisar oportunidades de negócio virtual em empresa dot.com	Consiste em uma prática pouco detalhada para a avaliação de oportunidades de negócio em empresas ponto.com.	Oportunidade de negócio	Avaliação da oportunidade de negócio dot.com			

## Apêndice E

### Contribuição das técnicas para o PDP orientado à CM

Técnica		Atividade PDP	Contribuição da técnica	Referência	Id.
Matrix Decomposition	1.5	Gerar alternativas de conceito	Estabelecem um procedimento para relacionar requisitos funcionais em elementos e partes do produto	Jiao; Tseng (1999)	P1
Matrix Decomposition	2.1	Desenvolver estrutura de produto	Estabelecem um procedimento para relacionar requisitos funcionais em elementos e partes do produto	Jiao; Tseng (1999)	P1
Matrix Decomposition	2.2	Agrupar elementos em subsistemas	A partir do tipo da relação entre os elementos do produto estabelece um agrupamento destes em blocos (chunks)	Jiao; Tseng (1999)	P1
Matrix Decomposition	2.4	Identificar interações entre subsistemas	Contem uma proposta para classificar a interação/relação entre os subsistemas do produto	Jiao; Tseng (1999)	P1
Avaliação Financeira	3.10	Otimizar custo de componentes	Propõem uma análise para otimização dos custos dos módulos do produto de acordo com sua percepção de valor (utilidade) e sua contribuição para as economias de escala de produção	Jiao et al. (1999)	P1
Analytical Hierarchy Process (AHP)	1.2	Priorizar necessidades dos clientes	Recomenda a utilização de AHP para atribuir pesos as variáveis que afetam a decisão de compra do cliente	Jiao; Tseng (1999)	P1
Fuzzy cluster analysis	0.1	Identificar oportunidades	Identificar segmentos de mercado pelo agrupamento da valorização dos atributos do produto desejados pelos clientes	Jiao; Tseng (1999)	P1
Gráfico de Pareto	1.2	Priorizar necessidades dos clientes	Recomendado para caracterizar os segmentos de mercado de acordo com os requisitos funcionais do produto avaliado por cada segmento	Jiao; Tseng (1999)	P1
Algoritmo de Agrupamento	2.2	Agrupar elementos em subsistemas	Recomenda a utilização do algoritmo desenvolvido por Kusiak e Chow (1987) como forma de agrupar elementos em módulos	Jiao; Tseng (1999)	P1
Análise da árvore do produto	2.6	Desenv. plano de Comunalidade para família de produtos	Propõe a utilização da árvore do produto como forma de visualizar a família de produtos e planejar a comunalidade dos componentes entre os produtos derivados	Jiao; Tseng (1999)	P1
Análise da árvore do produto	2.5	Desenv. plano de diferenciação para família de produtos	Propõe a utilização da árvore do produto como forma de visualizar a família de produtos e planejar os produtos derivados por meio da intercambiabilidade dos módulos	Jiao; Tseng (1999)	P1
Design for Postponement	2.5	Desenv. plano de diferenciação para família de produtos	Propõe o emprego da filosofia de Design for Postponement (Feitzinger; Lee, 1997) para promover a variedade de produtos	Jiao; Tseng (1999)	P1
Design for Postponement	2.6	Desenv. plano de comunalidade para família de produtos	Propõe o emprego da filosofia de Design for Postponement (Feitzinger; Lee, 1997) para promover a comunalidade de produtos	Jiao; Tseng (1999)	P1
Design for Variety	2.5	Desenv. plano de diferenciação para família de produtos	Propõe o emprego da filosofia de Design for Variety (Ishii et al., 1995a; Martin; Ishii, 1996; Martin; Ishii, 1997) para promover a variedade do produto	Jiao; Tseng (1999)	P1
Design for Variety	2.6	Desenv. plano de comunalidade para família de produtos	Propõe o emprego da filosofia de Design for Variety (Ishii et al., 1995a; Martin; Ishii, 1996; Martin; Ishii, 1997) para promover a comunalidade da variedade técnica do produto	Jiao; Tseng (1999)	P1
Survey	1.1	Identificar necessidades dos clientes	Recomenda a realização de uma pesquisa de mercado utilizando uma survey como forma de identificar necessidades dos clientes	Jiao; Tseng (1999)	P1
Pesquisa com clientes	1.1	Identificar necessidades dos clientes	Recomenda a realização de uma pesquisa de mercado utilizando uma pesquisa com clientes como forma de identificar necessidades dos clientes	Jiao; Tseng (1999)	P1
Análise da árvore do produto	2.6	Desenv. plano de Comunalidade para família de produtos	Propõe a utilização da árvore do produto como forma de visualizar a família de produtos e planejar a comunalidade dos componentes entre os produtos derivados	Jiao et al. (1998)	P2
Análise da árvore do produto	2.5	Desenv. plano de diferenciação para família de produtos	Propõe a utilização da árvore do produto como forma de visualizar a família de produtos e planejar os produtos derivados por meio da intercambiabilidade dos módulos	Jiao et al. (1998)	P2
Análise da árvore do produto	2.6	Desenv. plano de Comunalidade para família de produtos	Propõe a utilização da árvore do produto como forma de visualizar a família de produtos e planejar a comunalidade dos componentes entre os produtos derivados	Du et al. (2001)	P3
Análise da árvore do produto	2.5	Desenv. plano de diferenciação para família de produtos	Propõe a utilização da árvore do produto como forma de visualizar a família de produtos e planejar os produtos derivados por meio da intercambiabilidade dos módulos	Du et al. (2001)	P3
Method of Module Heuristics (Stone, 1997)	1.4	Mapeamento funcional do sistema	Recomenda a utilização da heurística para determinar os fluxos de materiais, energia, sinais como forma de identificar módulos no produto	McAdams et al. (1999)	P4
Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP)	1.6	Avaliar conceitos do produto	Recomendam a utilização de FAHP como suporte para a avaliação e seleção dos conceitos do produto	Lee et al. (2001)	P5
Active Server Pages (ASP)	0.3	Realizar plano do projeto de desenvolvimento	Utiliza esta técnica para o desenvolvimento de um sistema baseado na web para visualização colaborativa do produto durante o seu desenvolvimento	Chu et al. (2006)	P6
Catia	0.3	Realizar plano do projeto de desenvolvimento	Integra o sistema CAD (Catia) em um sistema em um sistema baseado na web para visualização colaborativa do produto durante o seu desenvolvimento	Chu et al. (2006)	P6
Hipertext Transfer Protocol (HTTP)	0.3	Realizar plano do projeto de desenvolvimento	Utiliza esta técnica para o desenvolvimento de um sistema baseado na web para visualização colaborativa do produto durante o seu desenvolvimento	Chu et al. (2006)	P6
Product Data Management (PDM)	0.3	Realizar plano do projeto de desenvolvimento	Integra o informações contidas no sistema PDM em um sistema baseado na web para visualização colaborativa do produto durante o seu desenvolvimento	Chu et al. (2006)	P6
Avaliação Financeira	3.5	Estimar custos de manufatura	Propõem um método para estimar custos de manufatura da peça customizada levando em consideração custos de processos e logística	Tu et al. (2007)	P7

Técnica		Atividade PDP	Contribuição da técnica	Referência	Id.
Analytical Hierarchy Process (AHP)	3.11	Otimizar custo processos	Recomenda a utilização de AHP para definir pesos para os processos durante a otimização dos custos	Tu et al. (2007)	P7
Programação dinâmica	3.11	Otimizar custo processos	Propõe o emprego de programação dinâmica como forma de selecionar a melhor alternativa de processos entre internos e de fornecedores	Tu et al. (2007)	P7
Estrutura de suporte a decisão (framework)	0.1	Identificar oportunidades	Propõe um modelo teórico das variáveis que necessárias para o desenvolvimento de uma customização ágil em uma empresa de manufatura.	Tang et al. (2005)	P8
Estrutura de suporte a decisão (framework)	0.2	Avaliar e priorizar projetos	Propõe um modelo teórico das variáveis que necessárias para o desenvolvimento de uma customização ágil em uma empresa de manufatura.	Tang et al. (2005)	P8
Estrutura de suporte a decisão (framework)	0.3	Realizar plano do projeto de desenvolvimento	Propõe um modelo teórico das variáveis que necessárias para o desenvolvimento de uma customização ágil em uma empresa de manufatura.	Tang et al. (2005)	P8
Pesquisa com especialistas	4.7	Desenvolver plano de vendas	Recomendam uma pesquisa com projetistas para identificar variáveis abstratas (clássico, moderno, elegante...) para o produto e posteriormente incorporá-las no configurador de produto	Ma et al. (2008)	P9
Pesquisa com clientes	4.7	Desenvolver plano de vendas	Recomendam uma pesquisa com clientes para associar variáveis abstratas (clássico, moderno, elegante...) com produtos customizados para posteriormente integrá-los no configurador de produto	Ma et al. (2008)	P9
Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP)	4.7	Desenvolver plano de vendas	Propõem o emprego de FAHP para ponderar a relação entre a variável abstrata (afetiva) do produto (clássico, moderno, elegante) com as possíveis combinações do produto customizado	Ma et al. (2008)	P9
Análise Fatorial	4.7	Desenvolver plano de vendas	Recomenda-se utilizar os fatores (categorias de produto) no configurador de produto, como forma de ajudar a customização do produto por parte do cliente.	Ma et al. (2008)	P9
Análise Fatorial	1.6	Avaliar conceitos do produto	Identificar as variáveis abstratas do produto que explicam os fatores. Estes fatores correspondem aos conceito do produto.	Ma et al. (2008)	P9
Pesquisa com especialistas	1.6	Avaliar conceitos de produto	Propõem a utilização de especialistas para validar as opções de produtos possíveis de serem customizados	Jiao et al. (2008)	P10
Pesquisa com clientes	4.7	Desenvolver plano de vendas	Propõem a utilização de métodos de pesquisas com clientes como forma de identificar as variáveis abstratas (afetivas) para o produto (fácil, confortável, simples...) para posteriormente integrá-lo no configurador de produto	Jiao et al. (2007)	P10
Conjoint Analysis	1.6	Avaliar conceitos do produto	Recomenda a utilização de análise conjunta para identificar o valor de cada opção do produto de acordo com a necessidade do cliente como forma de avaliar alternativas de customização	Jiao et al. (2007)	P10
Augmented Reality-AR	4.7	Desenvolver plano de vendas	Recomenda a utilização dessa tecnologia para promover a visualização/percepção do produto por parte do cliente	Jiao et al. (2007)	P10
Digital Mock up	4.7	Desenvolver plano de vendas	Recomenda a utilização dessa tecnologia para promover a visualização/percepção do produto por parte do cliente	Jiao et al. (2007)	P10
Virtual Reality (VR)	4.7	Desenvolver plano de vendas	Recomenda a utilização dessa tecnologia para promover a visualização/percepção do produto por parte do cliente	Jiao et al. (2007)	P10
Design of Experiment (DOE)	1.6	Avaliar conceitos do produto	Propõe a utilização de DOE para minimizar a coleta de dados para avaliação das propostas de conceito de produto.	Jiao et al. (2007)	P10
Data Mining	1.1	Identificar necessidades dos clientes	Recomenda a utilização de Data Mining como forma de mapear as relações entre necessidades efetivas dos clientes e elementos de projeto do produto.	Jiao et al. (2007)	P10
Data Mining	4.7	Desenvolver plano de vendas	Recomenda a utilização de Data Mining como forma de mapear as relações entre necessidades dos clientes e elementos/características customizáveis do produto.	Jiao et al. (2007)	P10
Algoritmo de configuração	1.6	Avaliar conceitos do produto	Propõe a utilização de algoritmo genético para construir e otimizar a melhor configuração para o produto	Jiao et al. (2007)	P10
Common Object Request Broker Architecture (CORBA)	3.4	Estimar custos de manufatura	Recomenda a utilização de CORBA para construir uma comunicação entre as plataformas utilizadas na empresa	Xie et al. (2005)	P11
eXtensible Markup Language (XML)	3.4	Estimar custos de manufatura	Propõe um sistema que utiliza XML para auxiliar a integração entre projetos customizados com sistemas de manufatura, disponibilizando acesso a recursos para planejar manufatura, aproveitamento de materiais, processos e custos associados a manufatura.	Xie et al. (2005)	P11
Java Programming Language	3.4	Estimar custos de manufatura	Propõe um sistema que utiliza Java para auxiliar a integração entre projetos customizados com sistemas de manufatura, disponibilizando acesso a recursos para planejar manufatura, aproveitamento de materiais, processos e custos associados a manufatura.	Xie et al. (2005)	P11
Knowledge Query Manipulation Language (KQML)	3.4	Estimar custos de manufatura	Recomenda a utilização de KQML para construir uma comunicação entre as plataformas utilizadas na empresa	Xie et al. (2005)	P11
Common Object Request Broker Architecture (CORBA)	3.3	Definir processo de manufatura	Recomenda a utilização de CORBA para construir uma comunicação entre as plataformas utilizadas na empresa	Xie et al. (2005)	P11
eXtensible Markup Language (XML)	3.3	Definir processo de manufatura	Propõe um sistema que utiliza XML para auxiliar a integração entre projetos customizados com sistemas de manufatura, disponibilizando acesso a recursos para planejar manufatura, aproveitamento de materiais, processos e custos associados a manufatura.	Xie et al. (2005)	P11
Java Programming Language	3.3	Definir processo de manufatura	Propõe um sistema que utiliza Java para auxiliar a integração entre projetos customizados com sistemas de manufatura, disponibilizando acesso a recursos para planejar manufatura, aproveitamento de materiais, processos e custos associados a manufatura.	Xie et al. (2005)	P11

Técnica		Atividade PDP	Contribuição da técnica	Referência	Id.
Knowledge Query Manipulation Language (KQML)	3.3	Definir processo de manufatura	Recomenda a utilização de KQML para construir uma comunicação entre as plataformas utilizadas na empresa	Xie et al. (2005)	P11
Indicador de comunalidade	2.6	Desenv. plano de comunalidade para família de produtos	Propõe de um indicador para mensurar o grau de modularidade derivado de um único serviço e o grau de quanto um determinado módulo pode ser replicado no portfólio de serviços da empresa. A proposta deste indicador é baseada na análise de sensibilidade.	Voss e Hsuan (2009)	P12
Indicador de variedade	2.5	Desenv. plano de diferenciação para família de produtos	Propõe de um indicador para mensurar o grau de modularidade derivado de um único serviço e o grau de quanto um determinado módulo pode ser replicado no portfólio de serviços da empresa. A proposta deste indicador é baseada na análise de sensibilidade.	Voss e Hsuan (2009)	P12
Virtual Reality Modeling Language (VRML)	4.7	Desenvolver plano de vendas	Propõe a utilização de VLRM para a visualização do produto customizado.	Chen et al. (2001)	P13
Lógica fuzzy	4.7	Desenvolver plano de vendas	Propõe a utilização de Lógica Fuzzy como forma de traduzir variáveis abstratas do produto , tais como largo e pequeno para especificações do produto customizado.	Chen et al. (2001)	P13
Otimização de Agrupamento	2.5	Desenv. plano de comunalidade para família de produtos	Propõe a utilização de algoritmo genético para otimizar a organização dos componentes em módulos	Meehan et al. (2007)	P14
Otimização de Agrupamento	2.6	Desenv. plano de comunalidade para família de produtos	Propõe a utilização de algoritmo genético para otimizar a organização dos componentes em módulos	Meehan et al. (2007)	P14
Otimização de Agrupamento	2.2	Agrupar elementos em subsistemas	Recomendam a utilização de algoritmo genético como forma de minimizar o critério de agrupamento utilizado.	Meehan et al. (2007)	P14
Cluster analysis	2.2	Agrupar elementos em subsistemas	Recomenda a utilização de análise de cluster para identificar os módulos do produto	Meehan et al. (2007)	P14
Design Structure Matrix (DSM)	2.2	Agrupar elementos em subsistemas	Recomenda a utilização da estrutura do DSM para relacionar elementos do produto com funções, como forma de identificar módulos no produto	Meehan et al. (2007)	P14
Hipertext Transfer Protocol (HTTP)	3.5	Estimar custos de manufatura	Propõe um sistema baseado na internet utilizando Http com diversos módulos e ferramentas destinadas para a produção de produtos customizados destinados ao projeto de montagem, simulação, manufatura e custos.	Xie (2006)	P15
Hipertext Transfer Protocol (HTTP)	3.4	Definir processo de manufatura	Propõe um sistema baseado na internet utilizando Http com diversos módulos e ferramentas destinadas para a produção de produtos customizados destinados ao projeto de montagem, simulação, manufatura e custos.	Xie (2006)	P15
Common Object Request Broker Architecture (CORBA)	3.4	Definir processo de manufatura	Recomenda a utilização de CORBA para construir uma comunicação entre as plataformas utilizadas na empresa	Xie (2006)	P15
Avaliação financeira	3.5	Estimar custos de manufatura	Propõe a utilização de Avaliação Financeira para estimar custos de manufatura	Xie (2006)	P15
Common Object Request Broker Architecture (CORBA)	3.5	Estimar custos de manufatura	Recomenda a utilização de CORBA para construir uma comunicação entre as plataformas utilizadas na empresa	Xie (2006)	P15
Análise da árvore do produto	1.6	Avaliar conceitos do produto	Mapear os componentes comuns na família de produtos	Huang et al. (2003)	P16
Otimização de Agrupamento	1.6	Avaliar conceitos do produto	Recomenda utilizar teoria de grafos como forma de otimizar a estrutura da árvore do produto	Huang et al. (2003)	P16
Estrutura de suporte a decisão (framework)	4.7	Desenvolver plano de vendas	Propõe um framework para seleção de métodos para integrar o cliente no PDP, classificando-os de acordo com as fases do PDP assim como atributos de transferência de conhecimento.	Hemetsberger; Godula (2007)	P17
Matriz de correlação	1.4	Mapeamento funcional do sistema	Estabelecer associação entre a matriz das necessidades do cliente e das funções do produto	Xu et al. (2007)	P18
Method of Module Heuristics (Stone, 1997)	1.4	Mapeamento funcional do sistema	Recomenda a utilização da heurística para determinar os fluxos de materiais, energia, sinais como forma de identificar módulos no produto	Xu et al. (2007)	P18
Otimização de Agrupamento	1.6	Avaliar conceitos do produto	Otimizar a estrutura da família de produtos por meio de algoritmo genético (MOSGA)	Xu et al. (2007)	P18
Fuzzy cluster analysis	0.1	Identificar oportunidades	Recomendado para agrupar requisitos dos clientes para estabelecer segmentos de mercado	Chen e Wang (2008)	P20
Cluster analysis	1.1	Identificar necessidades dos clientes	Recomendado para agrupar requisitos funcionais (features) do produto	Chen e Wang (2008)	P20
Análise de consistência	1.1	Identificar necessidades dos clientes	Análise de consistência entre grupos de requisitos dos clientes e grupo de requisitos funcionais (features)	Chen e Wang (2008)	P20
Analytic Hierarchy Process (AHP)	1.2	Priorizar necessidades dos clientes	Estabelecer peso de cada requisito funcional (features) em relação aos requisitos dos clientes	Chen e Wang (2008)	P20
Previsão de demanda	1.2	Identificar necessidades dos clientes	Recomendado para prever o comportamento dos requisitos dos clientes e dos requisitos funcionais (features) do produto	Chen e Wang (2008)	P20
Java Programming Language	0.3	Realizar plano do projeto de desenvolvimento	Propõe um sistema para organizar o fluxo de atividades atividades necessárias para a execução do projeto de forma mais ágil.	Karpowitz et al. (2008)	P21
Indicador de variedade	0.1	Identificar oportunidades	Propõe um índice de variedade de produtos dentro de uma mesma família, sendo recomendado para prospecção de mercado e benchmarking	Ye et al. (2009)	P22
Indicador de variedade	0.2	Avaliar e priorizar projetos	Propõe um índice de variedade de produtos dentro de uma mesma família, sendo recomendado para prospecção de mercado e benchmarking	Ye et al. (2009)	P22
Análise de decisão multicritério	0.2	Avaliar e priorizar projetos	Recomendada para estabelecer pesos para fatores comparativos entre as famílias de produto.	Ye et al. (2009)	P22

Técnica		Atividade PDP	Contribuição da técnica	Referência	Id.
Indicador de variedade	2.5	Desenv. plano de diferenciação para família de produtos	Recomendado para estabelecer um indicador da variedade em uma família de produtos	Ye et al. (2009)	P22
Indicador de comunalidade	2.6	Desenv. plano de comunalidade para família de produtos	Recomendado para estabelecer um indicador da comunalidade em uma família de produtos	Ye et al. (2009)	P22
Active Server Pages (ASP)	4.7	Desenvolver plano de vendas	Recomendado para desenvolver um sistema baseado na web para configuração do produto	Ninan e Siddique (2006)	P24
CAD	3.1	Detalhar geometria dos subsistemas	Recomendado para definir dimensionalmente a estrutura do produto customizado	Ninan e Siddique (2006)	P24
Parametric Design Language- ANSYS	3.1	Detalhar geometria dos subsistemas	Recomendado para otimizar a estrutura do produto (Análise de Elementos Finitos) integrado ao sistema de configuração (estrutura de uma bicicleta)	Ninan e Siddique (2006)	P24
HyperText Markup Language (HTML)	4.7	Desenvolver plano de vendas	Propõe a utilização de HTTP para o desenvolvimento do sistema para configuração/customização do produto (bicicleta)	Ninan e Siddique (2006)	P24
Virtual Reality Modeling Language (VRML)	4.7	Desenvolver plano de vendas	Propõe a utilização de VLRM para a visualização do produto customizado.	Ninan e Siddique (2006)	P24
Virtual Reality (VR)	4.7	Desenvolver plano de vendas	Propõe a utilização de VLRM para a visualização do produto customizado.	Ninan e Siddique (2006)	P24
eXtensible Markup Language (XML)	0.2	Avaliar e priorizar projetos	Recomendada para ser utilizada no desenvolvimento do sistema de gestão da informação direcionado a suportar o projeto de plataformas de produto.	Huang et al. (2007)	P25
eXtensible Markup Language (XML)	2.1	Desenvolver estrutura do produto	Recomendada para ser utilizada no desenvolvimento do sistema de gestão da informação direcionado a suportar o projeto de plataformas de produto.	Huang et al. (2007)	P25
Java Programming Language	2.1	Desenvolver estrutura do produto	Recomendada para ser utilizada no desenvolvimento do sistema de gestão da informação direcionado a suportar o projeto de plataformas de produto.	Huang et al. (2007)	P25
Simple Object Access Protocol (SOAP)	2.1	Desenvolver estrutura do produto	Recomendado para disponibilizar informações/mensagens para auxiliar o usuário durante a utilização do sistema	Huang et al. (2007)	P25
Platform Product eXtensible Markup Language (ppXML)	0.3	Realizar plano do projeto de desenvolvimento	Recomendado para o desenvolvimento de um sistema de gestão da informação e gerenciamento do projeto direcionado a suportar o projeto de plataformas de produto.	Huang et al. (2008)	P26
eXtensible Markup Language (XML)	0.3	Realizar plano do projeto de desenvolvimento	Recomendado para o desenvolvimento de um sistema de gestão da informação e gerenciamento do projeto direcionado a suportar o projeto de plataformas de produto.	Huang et al. (2008)	P26
Life Cycle Assessment (LCA)	0.2	Avaliar e priorizar projetos	Recomendada para auxiliar a avaliação projetos de desenvolvimento	Kong et al.(2009)	P27
Life Cycle Assessment (LCA)	1.4	Mapeamento funcional do sistema	Recomendada para auxiliar a decomposição das funções do produto	Kong et al.(2009)	P27
Life Cycle Assessment (LCA)	1.6	Avaliar conceitos de produto	Recomendada para auxiliar a seleção da arquitetura utilizada no produto	Kong et al.(2009)	P27
Design for Manufacturing (DFM)	0.2	Avaliar e priorizar projetos	Recomendado para definição dos objetivos e demandas da modularização, sendo utilizados como variável para a priorização de projetos	Kong et al.(2009)	P27
Design for reuse	0.2	Avaliar e priorizar projetos	Recomendado para definição dos objetivos e demandas da modularização, sendo utilizados como variável para a priorização de projetos	Kong et al.(2009)	P27
Design for Service	0.2	Avaliar e priorizar projetos	Recomendado para definição dos objetivos e demandas da modularização, sendo utilizados como variável para a priorização de projetos	Kong et al.(2009)	P27
Design for Assembly (DFA)	0.2	Avaliar e priorizar projetos	Recomendado para definição dos objetivos e demandas da modularização, sendo utilizados como variável para a priorização de projetos	Kong et al.(2009)	P27
Conjoint Analysis	1.2	Priorizar necessidades dos clientes	Recomendado para refinar/priorizar as informações levantadas sobre as necessidades do cliente	Kong et al.(2009)	P27
Cluster analysis	2.2	Agrupar elementos em subsistemas	Recomendado para identificar módulos a partir de elementos do produto	Kong et al.(2009)	P27
Gráfico de bolhas	1.6	Avaliar conceitos de produto	Recomendada para auxiliar a seleção da arquitetura utilizada no produto	Kong et al.(2009)	P27
Opções reais	0.2	Avaliar e priorizar projetos	Recomendado para auxiliar o processo de avaliação e seleção de projetos	Kong et al.(2009)	P27
Quality Function Deployment (QFD)	1.2	Priorizar necessidades dos clientes	Recomendado para definição dos objetivos e demandas da modularização, sendo utilizados como variável para a priorização de projetos	Kong et al.(2009)	P27
Quality Function Deployment (QFD)	2.2	Agrupar elementos em subsistemas	Recomendado para identificar módulos a partir de elementos do produto	Kong et al.(2009)	P27
Modular Function Deployment (MFD)	2.1	Desenvolver estrutura do produto	Recomendado para definir a arquitetura do produto	Kong et al.(2009)	P27
Modular Function Deployment (MFD)	2.2	Agrupar elementos em subsistemas	Recomendado para identificar módulos a partir de elementos do produto	Kong et al.(2009)	P27
Modular Function Deployment (MFD)	2.4	Identificar interações entre subsistemas	Recomendado mapear e estabelecer as interfaces entre os subsistemas do produto	Kong et al.(2009)	P27
Design Structure Matrix (DSM)	2.2	Agrupar elementos em subsistemas	Recomendado para identificar módulos a partir de elementos do produto	Kong et al.(2009)	P27
Method of Module Heuristics (Stone, 1997)	2.4	Identificar interações entre subsistemas	Recomendado mapear e estabelecer as interfaces entre os subsistemas do produto	Kong et al.(2009)	P27

Técnica		Atividade PDP	Contribuição da técnica	Referência	Id.
Avaliação Financeira	1.10	Avaliar viabilidade econômica	Recomenda a utilização de análise dos custos para o projeto com arquitetura modular	Kong et al. (2009)	P27
Conjoint Analysis	1.2	Priorizar necessidades dos clientes	Identificar utilidade de cada opção do cliente e estruturar o projeto de customização baseado decisões anteriores	Helo et al. (2010)	P28
Data Mining	4.7	Desenvolver plano de vendas	Sua aplicação é recomendada por contribuir para estruturar o projeto de customização do produto baseado em opções anteriores do cliente	Helo et al. (2010)	P28
Redes neurais	4.7	Desenvolver plano de vendas	Sua aplicação é recomendada por contribuir para estruturar o projeto de customização do produto baseado em opções anteriores do cliente	Helo et al. (2010)	P28
Análise da árvore do produto	2.5	Desenv. plano de diferenciação para família de produtos	Recomendada para estruturar o conjunto de opções de produto disponibilizadas para customização no produto	Helo et al. (2010)	P28
Gráfico de bolhas	2.5	Desenv. plano de diferenciação para família de produtos	Recomendado para identificar o grau de diferenciação obtido pelos subsistemas do produto, representando os módulos de diferenciação e a plataforma.	Liu et al. (2010)	P29
Gráfico de bolhas	2.6	Desenv. plano de comunalidade para família de produtos	Recomendado para identificar o grau de diferenciação obtido pelos subsistemas do produto, representando os módulos de diferenciação e a plataforma.	Liu et al. (2010)	P29
Indicador de comunalidade	2.6	Desenv. plano de comunalidade para família de produtos	Propõe um indicador de comunalidade baseado na quantidade de trabalho de projeto necessária para customizar o produto/módulo	Liu et al. (2010)	P29
Cluster analysis	2.2	Agrupar elementos em subsistemas	Recomendado para identificar módulos a partir de elementos do produto	Liu et al. (2010)	P29
Method of Module Heuristics (Stone, 1997)	1.4	Mapeamento funcional do sistema	Recomenda a utilização da heurística para determinar os fluxos de materiais, energia, sinais como forma de identificar módulos no produto	Liu et al. (2010)	P29
Otimização de Agrupamento	2.1	Desenvolver estrutura do produto	Recomenda a utilização de algoritmo genético para promover a otimização da estrutura do produto	Liu et al. (2010)	P29
Parametric Design Language- ANSYS	3.1	Detalhar geometria dos subsistemas	Recomenda a utilização de FEA para otimização da estrutura do produto customizado pelo cliente (bicicleta)	Gologlu e Mizrak (2011)	P30
Lógica fuzzy	4.7	Desenvolver plano de vendas	Recomenda a utilização de lógica fuzzy como forma de traduzir as necessidades/dados do cliente em características do produto	Gologlu e Mizrak (2011)	P30
Solid Works	3.1	Detalhar geometria dos subsistemas	Recomenda a utilização de Solid Works como forma de representar as dimensões do produto customizado	Gologlu e Mizrak (2011)	P30
Survey	1.1	Identificar necessidades dos clientes	Recomenda a utilização de survey como forma de identificar as necessidades dos clientes e seus requisitos	Chang e Tseng (2008)	P31
Entrevistas	1.1	Identificar necessidades dos clientes	Recomenda a utilização de entrevistas como forma de identificar as necessidades dos clientes e seus requisitos	Chang e Tseng (2008)	P31
Fuzzy Quality Function Deployment (FQFD)	1.2	Priorizar necessidades dos clientes	Recomendado para avaliar o escore de cada demanda técnica do produto	Chang e Tseng (2008)	P31
Quality Function Deployment (QFD)	1.2	Priorizar necessidades dos clientes	Recomenda a utilização de entrevistas como forma de priorizar os requisitos dos clientes	Chang e Tseng (2008)	P31
Quality Function Deployment (QFD)	1.3	Estabelecer especificações meta	Recomenda a utilização de entrevistas como forma estabelecer especificações alvo para os requisitos dos clientes	Chang e Tseng (2008)	P31
TOPSIS	1.6	Avaliar conceitos de produto	Recomendado para priorizar alternativas e realizar uma escolha ótima entre as alternativas disponíveis.	Chang e Tseng (2008)	P31
Tecnologia de grupo	3.1	Detalhar geometria dos subsistemas	Recomendada como forma de atingir maior reusabilidade de modelos/módulos primitivos	Ma et al. (2008)	P32
CAD	3.1	Detalhar geometria dos subsistemas	Recomendado para detalhar dimensionalmente os modelos/módulos	Ma et al. (2008)	P32
Java Programming Language	3.1	Detalhar geometria dos subsistemas	Recomendado para desenvolver um sistema baseado na web para uma biblioteca de modelos/módulos CAD	Ma et al. (2008)	P32
Product Life Cycle Management (PLM)	3.1	Detalhar geometria dos subsistemas	Recomendado como forma de integrar sistemas da empresa com os pacotes CAD	Ma et al. (2008)	P32
Product Data Management (PDM)	3.1	Detalhar geometria dos subsistemas	Recomendado como forma de integrar sistemas da empresa com os pacotes CAD	Ma et al. (2008)	P32
Simple Object Access Protocol (SOAP)	3.1	Detalhar geometria dos subsistemas	Recomendado para disponibilizar informações/mensagens para auxiliar o usuário durante a utilização do sistema	Ma et al. (2008)	P32
Standard componente library (SCL)	3.1	Detalhar geometria dos subsistemas	Recomenda a utilização de SCL como forma de desenvolver um catálogo de modelos/módulos CAD	Ma et al. (2008)	P32
Quality Function Deployment (QFD)	2.1	Desenvolver estrutura do produto	Recomendado para estabelecer o relacionamento entre produtos e componentes	Li et al. (2010)	P33
Cluster analysis	2.2	Agrupar elementos em subsistemas	Recomendado para identificar módulos a partir de elementos do produto	Li et al. (2010)	P33
Design Structure Matrix (DSM)	2.2	Agrupar elementos em subsistemas	Recomenda a utilização da estrutura do DSM para relacionar elementos do produto com funções, como forma de identificar módulos no produto	Li et al. (2010)	P33
Indicador de Comunalidade	2.6	Desenvolver plano de comunalidade para família de produtos	Propõem um índice de comunalidade de componentes em um sistema levando em consideração a economia de custos resultante da comunalidade	Johnson; Kirchain (2010)	P34
Avaliação Financeira	1.10	Avaliar viabilidade econômica	Propõem uma ferramenta para identificar custos relacionados ao projeto de acordo com quatro categorias de custos: trabalho de engenheiros, equipamentos, softwares e supervisão.	Johnson; Kirchain (2011)	P35
Avaliação Financeira	0.2	Avaliar e priorizar projetos	Propõem uma ferramenta para identificar custos relacionados ao projeto de acordo com quatro categorias de custos: trabalho de engenheiros, equipamentos, softwares e supervisão.	Johnson; Kirchain (2011)	P35
Otimização de Agrupamento	4.7	Desenvolver plano de vendas	Recomendam a otimização do diagrama de superfície do produto customizado por meio de algoritmo genético	Nordin et al. (2011)	P36

<b>Técnica</b>		<b>Atividade PDP</b>	<b>Contribuição da técnica</b>	<b>Referência</b>	<b>Id.</b>
Programação Linear	3.10	Otimizar custos de componentes	Identificar organização da superfície seguindo a lógica Voronoi levando em consideração o custo dos materiais	Nordin et al. (2011)	P36
Lógica Voronoi Diagram	4.7	Desenvolver plano de vendas	Otimizar a organização da superfície seguindo a lógica Voronoi utilizando um algoritmo genético	Nordin et al. (2011)	P36
Programação linear	2.1	Desenvolver estrutura do produto	Recomendado para estabelecer a arquitetura do produto considerando variáveis da cadeia de suprimentos	Nepal et al. (2012)	P37
Algoritmo de configuração	2.1	Desenvolver estrutura do produto	Otimizar a arquitetura de produto por meio de algoritmo genético levando em consideração custos relacionados à cadeia de suprimentos	Nepal et al. (2012)	P37
Otimização de Agrupamento	2.1	Desenvolver estrutura de produto	Propõem um algoritmo genético com o objetivo de otimizar a estrutura do produto baseada na árvore do produto	Qu et al., (2012)	P38
Otimização de Agrupamento	2.1	Desenvolver estrutura do produto	Otimização da estrutura do produto por meio da utilização de algoritmo genético	Qu et al., (2012)	P38
Análise da árvore do produto	2.1	Desenvolver estrutura do produto	Recomenda a análise da árvore do produto como forma de identificar a relação entre módulos e família de produtos	Qu et al., (2012)	P38