

Seleção de práticas de desenvolvimento de produto orientado à customização em massa

Best practices selection to design for mass customization

Diego Castro Fettermann¹ - Univer. Fed. de Santa Catarina - Dep. de Eng. de Produção e Sistemas - Pós-Graduação em Engenharia de Produção

Márcia Elisa Soares Echeveste² - Univer. Fed. do Rio Grande do Sul - Inst. de Matemática e Estatística - Pós-Graduação em Engenharia de Produção

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.

Palavras-chave Metodologia de projeto de produto. Customização em massa. Melhoria de processo.

ABSTRACT *The use of the best practice in New Product development process (PDP) is an alternative to promote Mass Customization (MC) strategy in the companies. This paper proposes a decision support system to identify the best practices for designing product features. The decision support system is applied in the service counters design project of a retail company. The results indicate the ability of the decision support system to select MC product design best practices according to the project design features and the project customization level.*

Keywords *New Product Development. Mass customization. Process improvement.*

1. Campus Universitário Trindade, Caixa Postal 476, CEP.88040-900, Florianópolis-SC, d.fettermann@ufsc.br

2. echeveste@producao.ufrgs.br

FETTERMANN, D. C.; ECHEVESTE, M. E. S. Seleção de práticas de desenvolvimento de produto orientado à customização em massa. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 12, nº 1, jan-mar/2017, p. 101-121.

DOI: 10.15675/gepros.v12i1.1605

1. INTRODUÇÃO

O projeto de produto orientado à Customização em Massa (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; VIGNA; MIYAKE, 2006). Apesar disso, o foco do desenvolvimento de produto para a CM 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, FETTERMANN; ECHEVESTE, 2014).

As práticas de PDP orientadas a promoção da CM possuem foco diversificado, sendo recomendadas para diversas atividades do desenvolvimento de produto. 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; TOLLENAERE, 2005). Além das atividades relacionadas à arquitetura do produto, verificam-se práticas de PDP direcionadas a outras atividades, tais como sistematização do projeto do produto (KARPOWITZ et al., 2008; HUANG et al., 2008), sistemas para otimizar o custo do produto (TU et al., 2007) e o desenvolvimento de mecanismos de vendas para produtos customizados (MA et al., 2007; GOLOGLU; MIZRAK, 2011), entre outros.

Mesmo com a quantidade e variedade de práticas direcionadas a CM disponíveis 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 compreendidos pela dificuldade em aplicar estas práticas no desenvolvimento de produto das empresas (KAHN et al., 2012). Essa dificuldade pode ser explicada por características do produto e do projeto, mas também pela dificuldade de seleção de quais práticas devem ser incorporadas no PDP da empresa. Questões relacionadas às opções oferecidas ao cliente, entendidas como nível de customização (DA SILVEIRA et al., 2001) se apresentam como uma dimensão importante para caracterizar o projeto. Empresas que atuam em níveis mais altos de customização permitem maior liberdade para o cliente configurar o produto (FETTERMANN et al., 2012). Em razão disto, interação mais com clientes durante o desenvolvimento e necessitam mais de práticas de PDP com esta finalidade. No outro oposto, empresas com menores níveis de customização possuem produtos mais padronizados, tendem a apresentar maior direcionamento para a otimização do produto e do processo, priorizando a aplicação de práticas de PDP orientadas para esse objetivo.

Como forma de 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. Para atender a este objetivo é desenvolvido 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. Também são apresentadas as técnicas associadas às práticas, indicando as atividades do processo em que é recomendada a sua aplicação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial incorpora os procedimentos necessários para a adaptação do modelo referencial, as alternativas para classificação dos níveis de customização além das recomendações para a seleção do nível de customização para o projeto do produto.

2.1. Adaptação do modelo referencial de PDP

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 todas as fases (ULRICH; EPPINGER, 2000). Em níveis altos de customização do produto, o cliente é integrado desde o projeto do produto, desenvolvendo algo realmente 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 alternativas para suportar essa 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.

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. Existem diversas propostas para categorizar os níveis de customização do produto (DURAY et al., 2000; DURAY, 2002; PINE II, 1993; ROSS, 1996; GILMORE; PINE II, 1997; DA SILVEIRA et al., 2001; PILLER; STOTKO, 2002; PAN; HOLLAND, 2006). Entre essas, a proposta de Da Silveira et al. (2001) é a mais abrangente, abrigando oito níveis de customização, desde o nível mais baixo, denominado N1-Padronização, passando por N2-Uso, N3-Embalagem, N4-Serviços Adicionais, N5-Trabalho de Customização, N6-Montagem, N7-Fabricação e N8-Projeto, o nível mais elevado.

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, representada pelo nível de customização, e o aumento de custos operacionais consiste em um importante desafio para a CM (BLECKER; FRIEDRICH, 2007).

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 (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 à otimização do produto e do processo.

3. MÉTODO DE PESQUISA

O método de pesquisa utilizado para 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 realizado 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.

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. Entre as propostas de modelos de referência de PDP (CLARK; FUJIMOTO, 1991; WHEELWRIGHT; 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 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.

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).

3.2. Seleção da classificação do nível de customização

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. Por também ter sua utilização recomendada pela literatura (BAE; MAY-PLUM-LEE, 2005), foi utilizada nesta proposta.

3.3. Levantamento das práticas de PDP

O levantamento de práticas de PDP orientadas a CM pode ser realizado por meio de uma revisão da literatura. Neste caso foram selecionadas propostas publicadas em artigos 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*”. O período de consulta foi realizado entre os dias 01 e 10 de outubro de 2012, identificando 91 ocorrências, sendo que 39 destes propõem práticas de PDP orientadas à CM (APÊNDICE A).

3.4. Associação entre atividades e práticas do PDP

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 realizada uma análise para identificar quais atividades do PDP proposto por Ulrich e Eppinger (2000) têm sua execução realizada ou suportada pela aplicação de cada uma das 39 práticas analisadas. Também foi identificado o objetivo, as informações de entrada e saída, as técnicas analíticas e computacionais recomendadas na aplicação de cada uma das práticas analisadas.

3.5. Associação entre atividades do PDP e níveis de customização

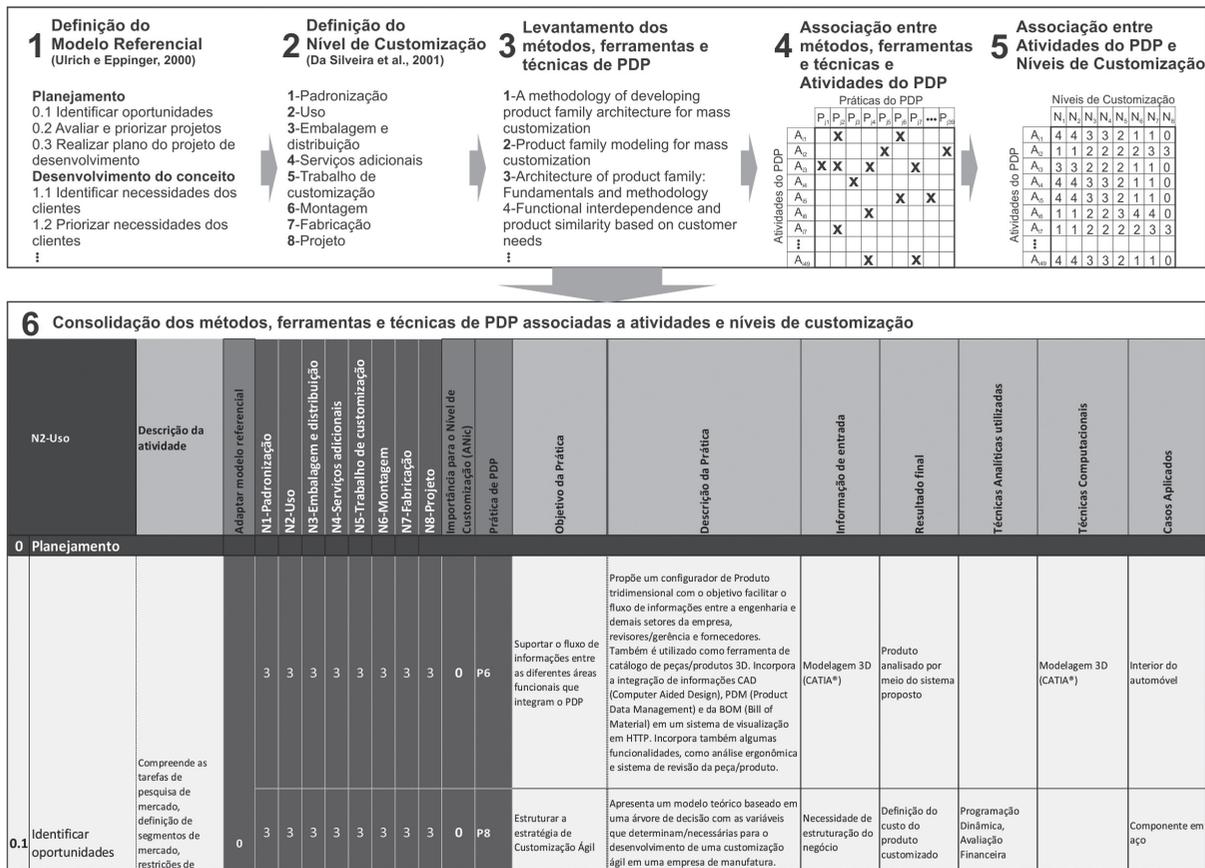
Cada uma das atividades do PDP contidas no modelo referencial foi analisada de forma a identificar a sua importância para a execução de um projeto de produto para cada um dos oito níveis de customização identificados por Da Silveira et al. (2001). Ao final dessa etapa, foi identificada a importância da execução da atividade do PDP *i* para um projeto de produto com nível de customização *j*.

Para a coleta de dados foi realizado um grupo focado com três especialistas (FLYNN et al., 1990) nas áreas de estratégia de CM, modularidade, desenvolvimento de produto e serviços. O grupo focado foi mediado por um dos autores e as justificativas dos participantes tiveram seu áudio gravado e as avaliações realizadas foram registradas em uma planilha eletrônica.

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, conforme apresentado de forma parcial na Figura 1.

Figura 1 – Resultado parcial da consolidação das práticas de PDP.

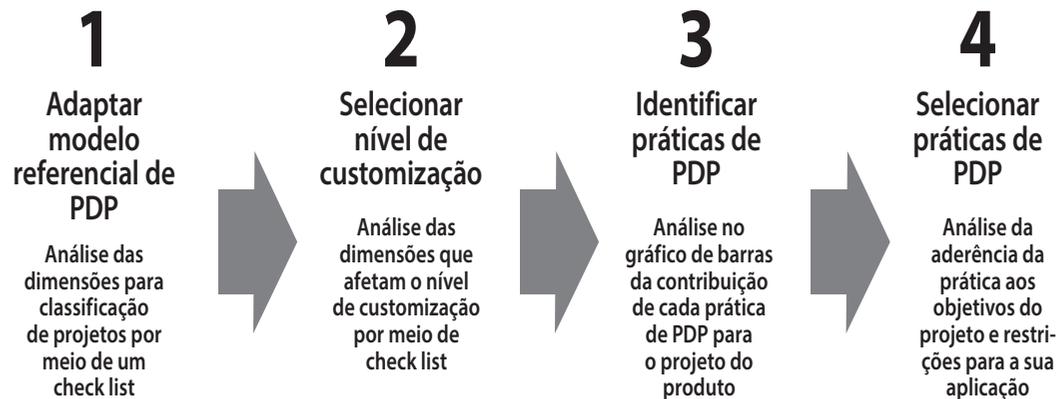


Fonte: Elaboração dos autores.

4. RESULTADOS

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 2.

Figura 2 – Etapas de aplicação do protocolo.



Fonte: ???

4.1. Descrição da empresa

A aplicação foi realizada em um projeto de móveis modulados para uma rede de lojas de uma empresa de varejo. A empresa está entre as maiores do segmento 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. 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.

4.2. Selecionar nível de customização

Para selecionar o nível de customização o protocolo recomenda considerar as dimensões que afetam a percepção de valor da customização, assim como as restrições operacionais para implementá-la. O resumo desta etapa é apresentado no Quadro 2, 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.

Quadro 2 – Entrada, método e saída na etapa de selecionar nível de customização.

Informação de entrada	Método	Informação de saída
Projeto de PDP adaptado do modelo referencial	Análise das dimensões que afetam o nível de customização	Nível de customização para o projeto do produto

Fonte: Elaboração dos autores.

O projeto da empresa procura realizar uma melhoria em um produto existente. Esse 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, sendo selecionado o nível de customização de ‘N2-Uso’.

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, sendo seu resumo apresentado no Quadro 3.

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

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 $i = 1, 2, 3, \dots, l$;

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

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

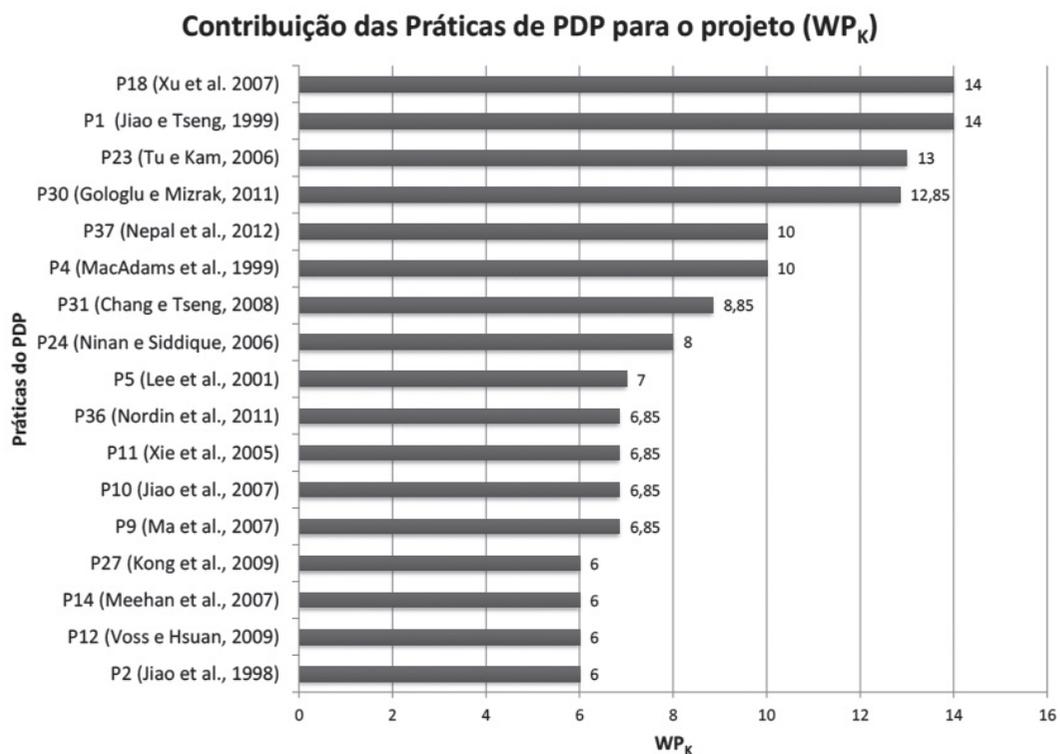
Quadro 3 – Entrada, método e saída na etapa de identificação de práticas de PDP.

Informação de entrada	Método	Informação de saída
Projeto de PDP adaptado do modelo referencial Nível de customização para o projeto do produto Práticas de PDP	Aplicação da Equação 1 no banco de dados	Lista ordenada de práticas de PDP de acordo com sua contribuição ao projeto do produto (WP_k)

Fonte: Elaboração dos autores.

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. A partir da aplicação da Equação 1 foi obtida a contribuição de cada prática de PDP para o projeto (WP_k). As práticas que mais contribuem para o projeto são apresentadas na Figura 4.

Figura 4 – As práticas de PDP ordenadas de acordo com a sua contribuição ao projeto de produto (WP_k).



Fonte: Elaboração dos autores.

4.4. Seleção da prática de PDP

As práticas de PDP com maior contribuição ao projeto do produto, identificadas no gráfico de barras (Figura 7), 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 (Quadro 4). 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.

Quadro 4 – Entrada, método e saída na etapa de seleção da prática de PDP.

Informação de entrada	Método	Informação de saída
Práticas de PDP priorizadas Principais objetivos do projeto Principais problemas do PDP da empresa	Análise da aderência da prática aos objetivos do projeto e problemas da empresa. Análise das restrições relacionadas às técnicas analíticas e computacionais recomendadas pela prática. Análise das restrições relacionadas ao nível de maturidade do PDP da empresa.	Prática(s) de PDP selecionada(s) Localização da prática no PDP referencial

Fonte: Elaboração dos autores.

A partir contribuição de cada prática para o projeto, o gerente selecionou as oito práticas que mais contribuem para o projeto de desenvolvimento (P18, P1, P23, P30, P37, P4, P31, P24). 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 P23, P30, P37, P31, P24 foram descartadas em razão do seu objetivo não estar alinhado com a proposta do projeto. As três práticas selecionadas (P1, P4 e P18) têm 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 P1 e P18 consideradas complexas pelo gerente de projeto. Na prática P1, a recomendação da técnica *Fuzzy Clustering Algorithm*, enquanto que a prática P18, recomenda a utilização algoritmo genético para a realização da otimização dos módulos dos produtos. Em razão da dificuldade em empregar essas técnicas, a prática P1 e P18 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 P4, não foram identificadas restrições quanto a sua aplicação no PDP da empresa. Desta forma, foi selecionada para aplicação a prática P4. A saída do protocolo disponibiliza um conjunto de informações necessárias para iniciar o planejamento para incorporação da prática no PDP da empresa (Figura 5).

Figura 5 – Informações sobre a aplicação da prática P4

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			

Fonte: Elaboração dos autores.

6. DISCUSSÃO

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.

7. CONCLUSÃO

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. A aplicação do procedimento desenvolvido 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 de desconhecimento da natureza das práticas de PDP, a aplicação desse protocolo permitiu o acesso e conhecimento das características das práticas, além de orientar o processo de seleção para sua implementação nos projetos de desenvolvimento.

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

- BACK, N.; OGLIARI, A.; DIAS, A.; SILVA, J. C. **Projeto Integrado de Produtos: planejamento, concepção e modelagem**. São Paulo: Manole, 2008.
- BAE, J.; MAY-PLUMLEE, T. 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, 2005.
- BAXTER, M.. **Projeto de produto**. 3ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2011.
- BLECKER, T.; FRIEDRICH, G. Guest Editorial: mass customization manufacturing systems. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 54, n. 1, p. 4-11, February 2007.
- CHANG, S.-H.; TSENG, H.-E. 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. **Journal of Engineering Manufacture**. v. 222, n. 2, 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, C.-H. C.; CHENG, C.-Y.; WU, C.-W. Applications of the Web-based collaborative visualization in distributed product development. **Computers in Industry**, v. 57, n. 3, p. 272-282, 2006.
- CLARK, K. B.; FUJIMOTO, T. **Product development performance: strategy, organization and management in the world auto industry**. Boston: Harvard Business Press, 1991.
- CRAWFORD, C. M.; Di BENEDETTO, C. A. **New products management**. 6ed. Boston: McGraw Hill, 2000.
- 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.
- DEAKINS, E.; DILLON, S. 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, 2012.
- DU, X. H.; JIAO, J. X.; TSENG, M. M. Architecture of product family: Fundamentals and methodology. **Concurrent Engineering-Research and Applications**, v. 9, n. 4, p. 309-325, 2001.

- DU, X.; JIAO, J. R.; TSENG, M. M. Understanding customer satisfaction in product customization. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 31, n. 3-4, p. 396-406, 2006.
- DURAY, R. Mass customization origins: mass or custom manufacturing? **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 3, p. 314-328, 2002.
- DURAY, R.; WARD, P. T.; MILLIGAN, G. W.; BERRY, W. L. Approaches to mass customization: configurations and empirical validation. **Journal of Operations Management**, v. 18, n. 6, p. 605-625, 2000.
- FETTERMANN, D. C.; ECHEVESTE, M. E. S.; TEN CATEN, C. S. When and How to use the online configurator in the Automobile Industry. **IEEE Latin America Transactions**, v. 10, n. 6, p. 2331-2341, 2012.
- FETTERMANN, D. C.; ECHEVESTE, M. E. S. New product development for mass customization: a systematic review. **Production & Manufacturing Research**, v. 2, n. 1, p. 266-290, 2014.
- FLYNN, B.; SAKAKIBARA, S.; SCHOROEDER, R. G.; BATES, K. A.; FLYNN, E. J. Empirical Research Methods in Operations Management. **Journal of Operations Management**, v. 9, n. 2, p. 250-284, 1990.
- FOGLIATTO, F. S.; DA SILVEIRA, G. J.C.; BORENSTEIN, D. The mass customization decade: An updated review of the literature. **International Journal of Production Economics**, v. 138, n. 1, p. 14-25, 2012.
- FOGLIATTO, F. S.; DA SILVEIRA, G. J.C.; ROYER, R. 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, N.; SCHREIRER, M.; KAISER, U. The “I designed it myself” effect in mass customization. **Management Science**, v. 56, n. 1, p. 125-140, 2010.
- FUNG, R. Y.K.; CHONG, S. P.Y.; WANG, Y. A framework of product styling platform approach: Styling as intangible modules. **Concurrent Engineering-Research and Applications**, v. 12, n. 2, p. 89-103, 2004.
- GILMORE, J. H.; PINE II, J. B. The four faces of mass customization. **Harvard Business Review**, v. 90, n. 102, 1997.
- GOLOGLU, C.; MIZRAK, C. An integrated fuzzy logic approach to customer-oriented product design. **Journal of Engineering Design**, v. 22, n. 2, p. 113-127, 2011.
- HELANDER, M. G.; JIAO, J. R. Research on E-product development (ePD) for mass customization, **Technovation**, v. 22, n. 11, 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, p. 44-52, 2010.
- HEMETSBERGER, A.; GODULA, G. 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, G. Q.; LI, L.; CHEN, X. ppXML: A generic and extensible language for lifecycle modelling of platform products, **Computers in Industry**, v. 59, n. 2-3, p. 219-230, 2008.
- HUANG, G. Q.; LI, L.; 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, p. 292-306, 2007.
- HUANG, G.; 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.; MA, Q.; TSENG, M. M. Toward high-added products and services: mass customization and beyond. **Technovation**, v. 23, p. 809-821, 2003.
- JIAO, J. R. J.; XU, Q.; DU, J.; ZHANG, Y.; HELANDER, M.; KHALID, H. M.; HELO, P.; NI, C. 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, J. R. X.; TSENG, M. 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, J. R.; TSENG, M. M. A methodology of developing product family architecture for mass customization, **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 10, n. 1, p. 3-20, 1999.
- JOHNSON, M. D.; KIRCHAIN, R. 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, M. D.; KIRCHAIN, R. Developing and Assessing Commonality Metrics for Product Families: A Process-Based Cost-Modeling Approach. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 57, n. 4, p. 634-648, 2010.
- JOSE, A.; TOLLENAERE, M. Modular and platform methods for product family design: literature analysis, **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 16, n. 3, p. 371-390, 2005.
- KAHN, K. B.; BARCZAK, G.; NICHOLAS, J.; LEDWITH, A.; PERKS, H. An Examination of New Product Development Best Practice. **Journal of Product Innovation Management**, v. 29, n. 2, p. 180-192, 2012.

- KARPOWITZ, D. J.; COX, J. J.; HUMPHERYS, J. C.; WARNICK, S. C. A dynamic workflow framework for mass customization using web service and autonomous agent techniques. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 19, n. 5, p. 537-552, 2008.
- 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, 2009.
- LEE, W. B.; LAU, H.; LIU, Z.-Z.; TAM, S. A fuzzy analytic hierarchy process approach in modular product design. **Expert Systems**, v. 18, n. 1, p. 32-42, 2001.
- LI, Y.; CHANG, X.; TERPENNY, J. P.; GILBERT, T. Ontology-Based Multiplatform Identification Method, **Journal of Computing and Information Science in Engineering**, v. 10, n. 3, p. 31011-10, 2010.
- LIU, Z.; WONG, Y. S.; LEE, K. S. 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, p. 3657-3680, 2010.
- MA, M. -Y.; CHEN, C. -Y.; WU, F. -G. A design decision-making support model for customized product color combination. **Computers in Industry**, v. 58, n. 6, p. 504-518, 2007.
- MA, Y.; JIAO, J. R.; DENG, Y. Web Service-oriented Electronic Catalogs for Product Customization, **Concurrent Engineering**, v. 16, n. 4, p. 263-270, 2008.
- MCADAMS, D. A.; STONE, R. B.; WOOD, K. L. Functional Interdependence and Product Similarity Based on Customer Needs, **Research in Engineering Design**, v. 11, n. 1, p. 1-19, 1999.
- MACARTHY, I. 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, 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.
- NEPAL, B.; MONPLAISIR, L.; FAMUYIWA, O. Matching product architecture with supply chain design. **European Journal of Operational Research**, v. 216, n. 2, p. 312-325, 2012.
- NINAN, J. A.; SIDDIQUE, Z. Internet-based framework to support integration of customer in the design of customizable products. **Concurrent Engineering-Research and Applications**, v. 14, n. 3, p. 245-256, 2006.
- NORDIN, A.; HOPF, A.; MOTTE, D.; BJARNEMO, R.; ECKHARDT, C.-C. An Approach to Constraint-Based and Mass-Customizable Product Design. **Journal of Computing and Information Science in Engineering**. v. 11, p. 11006-7, 2011.

- PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering design: a systematic approach**. 2ed. New York: Springer Verlag, 1996.
- PAN, B.; HOLLAND, R. 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, F. T. Mass customization: reflections on the state of the concept. **International Journal of Flexible Manufacturing Systems**, 16, n. 4, p. 313-334, 2004.
- PILLER, F. T.; STOTKO, C. M. Mass customization: four approaches to deliver customized products and services with mass production efficiency. *In: INTERNATIONAL ENGINEERING MANAGEMENT CONFERENCE*, 2002. **Anais...** Cambridge, UK, p. 773-778, 2002.
- PINE II, B. J. **Mass Customization: the new frontier in business competition**. Boston: Harvard Business School Press, 1993.
- QIAO, Y.-Z.; TANG, W.-Q.; ZHANG, Y. Dynamic method for identifying customization level. **Chinese Business Review**, v. 7, n. 1, p. 45-48, 2008.
- QU, T.; BIN, S.; HUANG, G. Q.; YANG, H. D. Two-stage product platform development for mass customization. **International Journal of Production Research**, v. 49, n. 8, p. 2197-2219, 2011.
- ROZENBURG, N. F. M.; ECKELS, J. **Product design: fundamentals and methods**, Chichester: John Wiley & Sons, 1995.
- ROSS, A. Mass customization: selling uniqueness. **Manufacturing Engineer**, v. 75, n. 6, p. 260-263, 1996.
- 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. Modularity, product variety, production volume, and component sourcing: theorizing beyond generic prescriptions. **Journal of Operations Management**, v. 20, n. 5, p. 549-575, 2002.
- SMITH, S.; JIAO, R.; CHU, C.-H. Editorial: advances in mass customization. **Journal of Intelligent Manufacturing**, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10845-012-0700-3>>. Acesso em: 31 out. 2012.
- 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, 2005.

- TSENG, M. M.; DU, X. Design by Customers for Mass Customization Products. **Annals of the CIRP**, v. 47, n. 1, 1998.
- TSENG, M. M.; JIAO, J. Concurrent design for mass customization. **Business Process Management Journal**, v. 4, n. 1, 1998b.
- TSENG, M. M.; JIAO, J. Design for mass customization by developing product family architecture. *In: DESIGN ENGINEERING TECHNICAL CONFERENCES, 1998. Anais...* Atlanta, Georgia, 1998a.
- TSENG, M. M.; JIAO, J. Design for mass customization. **Annals of the CIRP**, v. 45, 1996.
- 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, 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, 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, K. T.; EPPINGER, S. D. **Product Design and Development**, 2^aed, Boston: McGraw Hill, 2000.
- VIGNA, C. M.; MIYAKE, D. I. Capacitação do processo produtivo em uma empresa de alta tecnologia para a Customização em Massa. **Revista Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, n. 2, p. 23-35, 2006.
- VOSS, C. A.; HSUAN, J. Service Architecture and Modularity. **Decision Sciences**, v. 40, n. 3, p. 541-569, 2009.
- WHEELWRIGHT, S. C.; CLARK, K. B. **Revolutionizing product development: quantum leaps in speed, efficiency and quality.** New York: Free Press, 1992.
- 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, 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, p. 4119-4141, 2007.
- YE, X.; THEVENOT, H. J.; ALIZON, F.; GERSHENSON, J. K.; KHADKE, K.; SIMPSON, T. W.; SHOOTER, S. B. Using product family evaluation graphs in product family design. **International Journal of Production Research**, v. 47, n. 13, p. 3559-3585, 2009.

APÊNDICE A – ARTIGOS COM PROPOSTAS DE PRÁTICAS DE PDP ORIENTADAS A CM

id	Título	Autores
P1	A methodology of developing product family architecture for mass customization	JIAO, J.X.; TSENG, M.M.
P2	Product family modeling for mass customization	JIAO, J.X.; TSENG, M.M.; DUFFY, V.G.; LIN, F.H.
P3	Architecture of product family: Fundamentals and methodology	DU, X.H.; JIAO, J.X.; TSENG, M.M.
P4	Functional interdependence and product similarity based on customer needs	MCADAMS, D.A.; STONE, R.B.; WOOD, K.L.
P5	A fuzzy analytic hierarchy process approach in modular product design	LEE, W.B.; LAU, H.; LIU, Z.Z.; TAM, S.
P6	Applications of the Web-based collaborative visualization in distributed product development	CHU, C.H.; CHENG, C.Y.; WU, C.W.
P7	Product development cost estimation in mass customization	TU, Y. L.; XIE, S. Q.; FUNG, RICHARD Y. K.
P8	Operational tactics and tenets of a new manufacturing paradigm 'instant customerisation'	TANG, Z.J.; CHEN, R.Q.; JI, X.H.
P9	A design decision-making support model for customized product color combination	MA, M.Y.; CHEN, C.Y.; WU, F.G.
P10	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.
P11	A reconfigurable platform in support of one-of-a-kind product development	XIE,S.Q.; XU, X.; TU, Y.L.
P12	Service Architecture and Modularity	VOSS, C.A.; HSUAN, J.
P13	A web-based fuzzy mass customization system	CHEN, Y.H.; WANG, Y.Z.; WONG, M.H.
P14	Supporting 'design for re-use' with modular design	MEEHAN, J. S.; DUFFY, A. H. B.; WHITFIELD, R. I.
P15	A decision support system for rapid one-of-a-kind product development	XIE, S. Q.
P16	Product platform identification and development for mass customization	HUANG, G.; BIN, S.; HALEVI, G.
P17	Virtual customer integration in new product development in industrial markets: The QLL framework	HEMETSBERGER, A.; GODULA, G;
P18	Evaluation of product performance in product family design re-use	XU, Q. L.; ONG, S. K.; NEE, A. Y. C.

P19	A framework of product styling platform approach: Styling as intangible modules	FUNG, R.Y.K.; CHONG, S.P.Y.; WANG, Y.
P20	Integrating rough set clustering and grey model to analyze dynamic customer requirements	CHEN, C.; WANG, L.
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.
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.
P23	Manufacturing network for rapid tool/die making	TU, Y.L.; KAM, J.J.
P24	Internet-based framework to support integration of customer in the design of customizable products	NINAN, J.A.; SIDDIQUE, Z.
P25	A generic and extensible information infrastructure framework for mass-customizing platform products	HUANG, G.Q.; LI, L.; LAU, T.L.; CHEN, X.
P26	ppXML: A generic and extensible language for lifecycle modelling of platform products	HUANG, G.Q.; LI, L.; CHEN, X.
P27	On Modular Products Development	KONG, F.B.; MING, X.G.; WANG, L.; WANG, X.H.; WANG, P.P.
P28	Integrated Vehicle Configuration System-Connecting the domains of mass customization	HELO, P.T.; XU, Q.L.; KYLLONEN, S.J.; JIAO, R.J.
P29	Modularity analysis and commonality design: a framework for the top-down platform and product family design	LIU, Z.; WONG, Y.S.; LEE, K.S.
P30	An integrated fuzzy logic approach to customer-oriented product design	GOLOGLU, C.; MIZRAK, C.
P31	Fuzzy Topsis Decision Method for Configuration Management	CHANG, S.H.; TSENG, H.E.
P32	Web Service-oriented Electronic Catalogs for Product Customization	MA, Y.; JIAO, J.R.; DENG, Y.
P33	Ontology-Based Multiplatform Identification Method	LI, Y.; CHANG, X.; TERPENNY, J.P.; GILBERT, T.
P34	Developing and Assessing Commonality Metrics for Product Families: a process-based cost-modeling approach	JOHNSON, M.D.; KIRCHAIN, R.E.
P35	The importance of product development cycle time and cost in the development of product families	JOHNSON, M.D.; KIRCHAIN, R.E.
P36	An Approach to Constraint-Based and Mass-Customizable Product Design	NORDIN, A.; HOPF, A.; MOTTE, D.; BJARNEMO, R.; ECKHARDT, C.C.
P37	Matching product architecture with supply chain design	NEPAL, B.; MONPLAISIR, L.; FAMUYIWA, O.
P38	Two-stage product platform development for mass customisation	QU, T.; BIN, S.; HUANG, GEORGE Q.; YANG, H. D.
P39	A helical model for managing innovative product and service initiatives in volatile commercial environments	DEAKINS, E.; DILLON, S.

