



APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DO DFSS COMO ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS EM UMA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

Giulia Dantas Costa Cidreira¹, Lílian Lefol Nani Guarieiro², Ivo Goulart³, Eloy Montenegro⁴

¹Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC / Universidade Federal da Bahia (UFBA), E-mail: giuliacidreira@yahoo.com.br;

²Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC / NCT de Energia e Ambiente (UFBA), E-mail: lilianguarieiro@gmail.com;

³Universidade São Judas Tadeu, E-mail: igoulart@uol.com.br;

⁴Universidade Federal da Bahia (UFBA), E-mail: eloymontenegro@yahoo.com.br;

APPLICATION OF DFSS CONCEPTS IN THE NEW PRODUCT DEVELOPMENT STRATEGY IN AN AUTOMOTIVE INDUSTRY

Resumo: *As empresas se encontram em um mercado cada vez mais competitivo, onde o foco se tornou o aumento da qualidade, produtividade e redução de custos. Para se obter esses quesitos é essencial que o desenvolvimento de novos produtos estejam integrados à alguma metodologia. O objetivo desse trabalho foi aplicar o Design For Six Sigma (DFSS) com a abordagem DCOV na criação de uma gaveta para o banco de um veículo automotivo e identificar seus benefícios. Como suporte, ferramentas como QFD, Kano, P-diagrama e DFMEA foram utilizadas. O método possibilitou verificar falhas de design a tempo de corrigi-las e evitar insatisfações do cliente, além disso, foi observado a necessidade de otimizar as simulações digitais.*

Palavras-Chaves: *Desenvolvimento de Produtos; Design For Six Sigma; Qualidade de produtos; DCOV.*

Abstract: *Companies are in a huge competitive market, where the focus became the increased of the quality, productivity and cost reduction. To obtain these items is essential develop new products integrated with some methodology. The aim of this paper was to apply the Design For Six Sigma (DFSS) with DCOV approach in creating a drawer for the seat of a vehicle and identify its benefits. As support, tools like QFD, Kano, P-diagram and DFMEA were used. The method enabled us to verify design issues in time to correct them and avoid customer dissatisfaction, moreover, noted a necessity to optimize digital performance simulations.*

Keywords: *Product Development; Design For Six Sigma; Quality products; DCOV.*



1. INTRODUÇÃO

Os quesitos básicos para que uma companhia se destaque no ambiente empresarial e ganhe competitividade entre seus concorrentes tem sido direcionado em atender os requisitos dos clientes, focando no zero defeito, baixo custo e garantia do prazo de entrega.

Nas organizações, é possível observar que uma das etapas de maior importância é o planejamento do projeto e o desenvolvimento do produto, pois nessas fases as decisões tomadas irão impactar de diversas formas e, possivelmente, por um tempo significativo em todas as operações da empresa. Fatores como qualidade e custos são, principalmente e inevitavelmente, constituídos, em sua maior parte, na etapa de desenvolvimento do produto. Com um projeto bem feito, é possível evitar custos de não qualidade, que farão uma grande diferença no final do projeto. Essa etapa inicial é a base para as etapas posteriores, esta pode levar impactos positivos ou negativos, por esse motivo uma maior atenção a esse estágio é fundamental [1].

O 6-Sigma hoje é amplamente utilizado para a melhoria de processos. Tem como principais objetivos a redução de defeitos, retrabalhos, e a obtenção da satisfação do cliente. É conhecido pela sigla DMAIC, que representa suas cinco fases padrão (definir, medir, analisar, melhorar, controlar), e pode ser definido como uma metodologia sistemática que visa melhorias em processos [2]. Embora o DMAIC possa ser aplicado em processos técnicos e de negócios, a ênfase do presente artigo é a aplicação do 6-sigma no desenvolvimento de produtos. Para isso, existe o Design For Six Sigma (DFSS), que se trata de uma abordagem de desenvolvimento de produto que complementa o problema da metodologia 6-sigma DMAIC. O DFSS não tem um padrão, como o 6-sigma que sempre utiliza o DMAIC, portanto, as organizações têm adotado uma variedade de abordagens que resultam em siglas como DMADV, IIDOV, CDOV, DCOV. Apesar destas diferenças de nomenclatura, todas as versões compartilham estratégias fundamentais com um objetivo comum [3].

O DFSS integra métodos analíticos eficazes para assegurar que o projeto esteja de acordo com a voz do cliente (VOC), contemplando um design apropriado, com níveis de performance requerido, e que o projeto esteja robusto suficiente para evitar possíveis causas de variação e reduzir ao máximo o custo total. [4]

A metodologia DFSS traz uma série de vantagens para a organização, como por exemplo, o foco no cliente e antecipação de suas necessidades, a inovação tecnológica, a prevenção de problemas potenciais, decisões críticas tomadas por equipes multifuncionais e além disso permite utilizar diversas ferramentas de forma integrada. Alguns desafios estão agregados ao DFSS, as empresas que procuram estabelecer o DFSS como abordagem para o desenvolvimento de produtos precisam treinar as suas equipes, administrar a mudança cultural e garantir a disciplina dos envolvidos. [5]

A abordagem DCOV do DFSS é definida como sendo uma metodologia disciplinada para projetar e fabricar produtos, composta de 4 fases: Definir, Caracterizar, Otimizar e Verificar. A proposta da fase *Definir* é sintetizar as necessidades e desejos dos clientes, definindo as características críticas para a satisfação do cliente (CTS), esta fase ajuda a definir as expectativas dos clientes tornando mais fácil projetar, desenvolver e entregar produtos que serão vendidos. Já na fase posterior *Caracterizar*, é definido o conceito de Design que mais eficientemente atenderá as



expectativas destacadas na fase anterior. Na etapa *Otimizar* inicia-se a modelagem da peça com o intuito de alcançar um desempenho robusto e produtivo. Na última fase *Verificar*, o time move-se para concluir o projeto, confirmando através de testes que o produto funciona de forma confiável e robusta, com alta satisfação do cliente. Logo após, é replicado a melhoria obtida do produto em outras áreas da empresa [2].

Também pode-se dizer que a fase *Definir* do DFSS é a fase de estabelecer metas para o produto, definindo os requisitos dos produtos e parâmetros críticos. Durante essa fase as seguintes ferramentas podem ser utilizadas: VOC – Voz do cliente e QFD – Desdobramento da função qualidade. O VOC detalha e estrutura as características de satisfação dos clientes; realiza um benchmarking competitivo, sob a ótica do cliente e prioriza os esforços de melhoria e inovação, a partir da visão do mercado. O QFD assegura que o VOC e não a voz do engenheiro ou executivo seja priorizada e desdobrada até o início da produção. Já a última etapa *Verificar* permite uma revisão mais apurada do projeto, para assegurar que o novo projeto possa ser fabricado e suportado no campo da manufatura atendendo os itens levantados na fase Definir [5].

O projeto de um veículo pode ser realizado por cinco etapas distintas: Pesquisa, Desenvolvimento, Testes e protótipos, Produção, Venda e Pós-vendas. Dentro destas cinco etapas, os esforços Seis Sigma são aplicados apenas nas três últimas etapas. Nestas três etapas, tanto o produto quanto o processo já existem, conseqüentemente torna-se mais fácil detectar defeitos, porém o custo de correção é altíssimo. Por outro lado o DFSS atua nas etapas iniciais: Pesquisa, Desenvolvimento, Testes e protótipos, os defeitos são difíceis de se detectar pois é necessário simular, prever e estimar comportamentos do processo, pois ainda não há dados reais, porém os custos de correção são ainda baixos [6].

Para garantir a eficácia de um projeto DFSS, os gestores de todos os níveis devem se comprometer a investir recursos para iniciar, promover, realizar e apoiar o programa. Especificamente, proporcionar aos funcionários treinamento, recursos, conhecimento e autoridade para resolver problemas é crucial para o sucesso de um projeto DFSS.[7]

Atualmente as montadoras tentam projetar os veículos com um ambiente cada vez mais confortável e com mais utilidades. Há algum tempo, foi observado que adicionar alguns porta objetos no interior dos veículos poderia ser muito útil. Hoje é possível verificar que os consumidores estão valorizando os veículos por conter diversos tipos de porta objetos, possibilitando deixar o carro organizado. No momento da compra esses detalhes fazem diferença [8]. Hoje todos os carros dispõem de porta luvas e diversas opções no painel de instrumento e no console para guardar carteiras, celulares, chaves, entre outros objetos. Os painéis de porta também são compostos por alojamentos específicos para armazenar garrafas ou revistas. Alguns modelos também tem a presença de porta óculos no revestimento do teto, porta revistas ou cadernos atrás dos bancos. Recentemente também vem sendo adicionado uma gaveta abaixo do banco do motorista ou passageiro com o intuito de armazenar livros, tablets entre outros.

Neste contexto, o presente trabalho aplicou a metodologia DFSS utilizando a abordagem DCOV na criação de uma gaveta para o banco de um veículo automotivo. O estudo foi realizado no setor automotivo por se tratar de um ramo que vem marcando a história da industrialização em diversas épocas. O principal objetivo foi verificar e avaliar os benefícios da aplicação do DFSS no desenvolvimento do produto.



2. METODOLOGIA

Como dito anteriormente, a metodologia DCOV é composta por quatro fases que devem ser cumpridas em fluxo, uma fase sendo iniciada à medida que a fase anterior é concluída. Para suportar a aplicação da metodologia DCOV, foi necessário a utilização de algumas ferramentas da qualidade, como o Modelo Kano, QFD (Desdobramento da Função Qualidade), P-Diagrama (Diagrama de Parâmetros) e DFMEA (Análise dos Efeitos e Modos de Falha do Projeto) (Quadro 1).

Ao iniciar o projeto de desenvolvimento da nova gaveta para o veículo em questão, na primeira etapa (Figura 1): Definir, o objetivo é identificar as características críticas do produto que irão satisfazer o cliente (CTS), e listar as especificações necessárias. Para isso, inicialmente foi realizado um estudo de mercado, observando opiniões de uma amostragem da população através de clínicas automotivas, capturando históricos de outros projetos internos, revisando histórico de qualidade e realizando *Benchmark* dos competidores, esse último foi executado com auxílio de *Teardowns*, onde é desmontado os carros competidores para analisar todos os seus componentes e retirar novas idéias para o projeto.

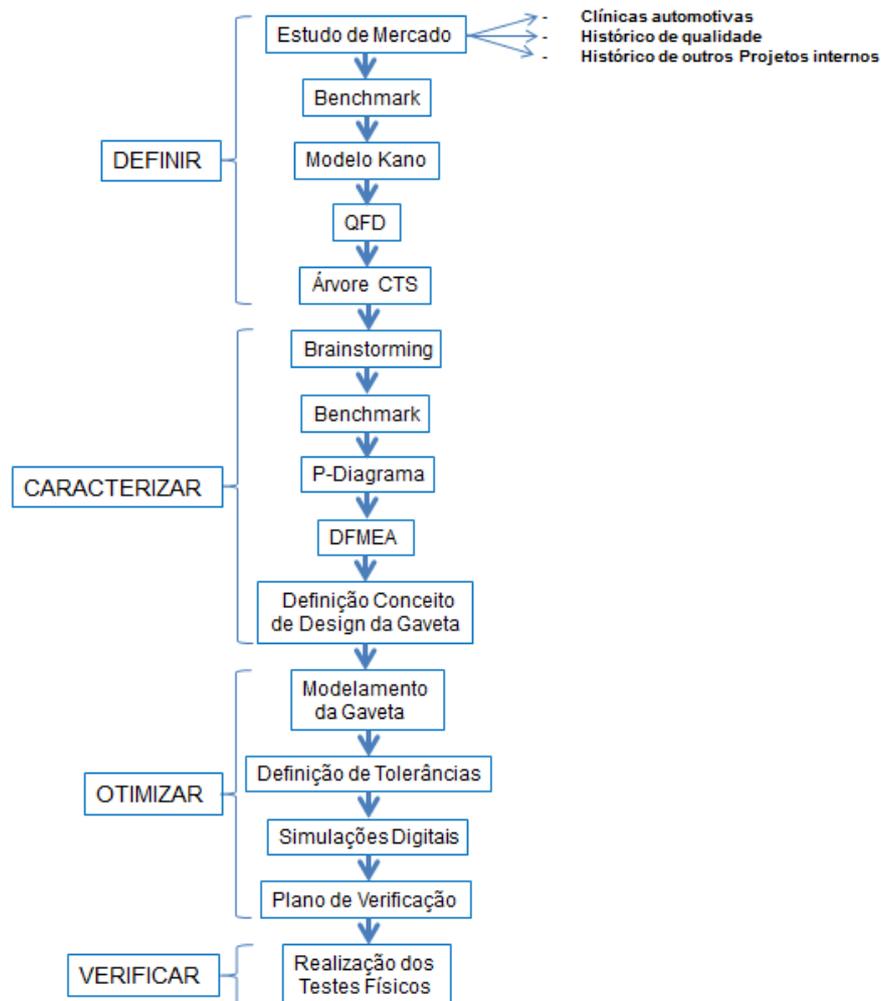


Figura 1. Fluxograma das Etapas Aplicadas no Desenvolvimento da Gaveta.



Quadro 1. Caracterização dos modelos utilizados na aplicação da metodologia DCOV.

Método	Descrição
<i>Modelo Kano</i>	Utilizado para identificar as necessidades dos consumidores e expectativa através de uma técnica de preferência de classificação. É capaz de determinar as exigências do usuário para o produto.
<i>QFD</i>	Permite que a equipe de desenvolvimento do produto incorpore as reais necessidades do cliente em seus projetos de melhoria, tem como objetivo traduzir a linguagem de mercado para a linguagem técnica.
<i>P-Diagrama</i>	Auxilia no entendimento das relações físicas das funções de um projeto, representa graficamente as entradas e saídas de uma função e os fatores de controle que asseguram a sua funcionalidade, também identifica os fatores de ruído que afetam o desempenho do produto.
<i>DFMEA</i>	Ferramenta que possibilita identificar, priorizar e eliminar falhas, problemas e erros potenciais em produtos em desenvolvimento antes do seu lançamento no mercado.

Posteriormente, ainda na fase Definir, foi feito o Modelo Kano e o QFD como auxílio dessa etapa. No Modelo Kano existem quatro categorias/atributos de exigências que influenciam a satisfação dos usuários de diferentes maneiras: Obrigatórios (O), Atrativos (A), Unidimensional (U) e Indiferentes (I), essas estão apresentadas na Figura 2. As características obrigatórias são indispensáveis, que o cliente espera que tenha e em caso de ausência gera insatisfação. As características atrativas são aquelas que estando presentes proporcionará satisfação ao cliente, porém se estiver ausente, não traria insatisfação. As Unidimensionais são classificadas pelas características que o usuário estará satisfeito se as qualidades são cumpridas e insatisfeitos se não forem cumpridas. Já as Indiferentes são aquelas que não gera satisfação nem tampouco insatisfação. [9]

	Atributos	Ausentes	Presentes	
▶	Obrigatório (O)	-	0	Primordial
▶	Atrativo (A)	0	+	Vantagem Competitiva
▶	Unidimensionais (U)	-	+	Essencial
▶	Indiferentes (I)	0	0	Facultativo

+ Satisfação | 0 Neutro | - Insatisfação

Figura 2. Atributos do Método kano.

No QFD a equipe de projeto traduz as ideias ou conceitos em requisitos de projeto que podem ser mensuráveis e, portanto, transformados em características efetivas do produto [10]. Para finalizar a etapa Definir foi criada a árvore CTS, resumindo as características e requisitos de projeto a serem implementadas.

Na fase seguinte: Caracterizar, foi realizado um *Brainstorming* e *Benchmark* como fontes de geração de ideais para criar o conceito de design da gaveta que mais atende as características definidas na fase anterior. Além disso um P-diagrama e DFMEA foram elaborados, destacando possíveis falhas do produto (Y) e suas possíveis causas (Xs).



O resultado da aplicação do DFMEA é quantificado baseando-se na severidade e ocorrência de cada modo de falha, provendo uma priorização de modos de falha e uma lista de ações preventivas para seu controle e remoção. Essa ferramenta apresenta um caráter preditivo, detectando e evitando a ocorrência das falhas [11].

Na fase Otimizar, foi dado início ao modelamento da gaveta considerando os inputs da fase anterior. Foi definido as tolerâncias para todas as características relevantes levando em conta possíveis variações durante a produção e o desempenho do modelo foi verificado através de simulações digitais. Além disso, foi realizado um plano de verificação da peça (DVP), listando todos os testes físicos necessários para a validação da gaveta e do seu desempenho.

Por fim, na fase Verificar, todos os testes do Plano de verificação foram realizados. A Figura 1 apresenta todas as atividades realizadas durante a aplicação do DFSS com a abordagem DCOV no desenvolvimento da gaveta do banco do passageiro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na fase Definir, a partir dos resultados da aplicação do Modelo Kano e QFD pôde-se identificar como sendo as principais características críticas para a satisfação do consumidor - CTS (Figura 3) a matéria-prima a ser utilizada para a construção da gaveta, as dimensões do produto e a facilidade de abrir e fechar a gaveta Figura 4.

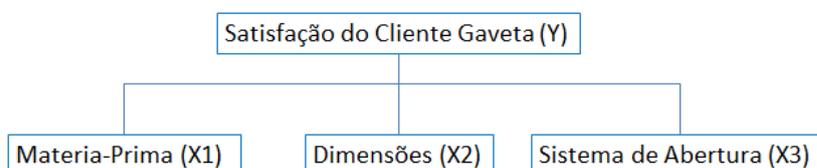


Figura 3. Árvore CTS.

Na fase Caracterizar, a partir do *Brainstorming*, *Benchmark* e utilização das ferramentas de qualidade: P-Diagrama e DFMEA, foi possível definir que a gaveta seria de plástico, com a utilização de resinas ABS e Polipropileno (PP). Também ficou definida as dimensões de 348x234x127 mm para o seu interior e o conceito do sistema de abertura e travamento.

Na etapa Otimizar, o Design da Gaveta foi finalizado em modelamento 3D, e simulações digitais em CAE (Engenharia Assistida por Computador) foram realizadas. Além disso, no plano de verificação da peça (DVP) foi definido os testes listados a seguir como sendo importantes a serem realizados fisicamente para validação da performance: Esforço de abertura e fechamento; Ciclagem da gaveta; e Impacto Frontal.

Durante a fase Verificar, os testes do DVP foram realizados. Os resultados do teste de ciclagem da gaveta e esforço de abertura e fechamento foram aceitáveis, ou seja, estavam dentro do especificado. Porém o teste de impacto frontal falhou, a gaveta não passou no teste. Durante o impacto do veículo, a gaveta desencaixou do banco em direção as pernas do Dummy (boneco de simulação), podendo causar lesões ao consumidor caso o problema não fosse detectado. Foi necessário inciar uma investigação da causa raiz da falha. Identificou-se que o conceito do mecanismo de



travamento da gaveta não estava robusto suficiente para manter a gaveta em posição fechada, durante um impacto frontal do veículo. Diante disso, foi feita alterações no conceito e design do sistema de travamento e refeito o teste de impacto frontal. Após a modificação a gaveta passou no teste, confirmando que o desempenho atende a expectativa e especificações, seguindo assim para a fase de fabricação e implementação da Gaveta.

	MODELO KANO	Requisitos Técnicos							Somatório	
		Mecanismo de Travamento robusto	Material adequado	Dimensões	Ergonomia	Nível de ruído	Energia	Vida útil Alta		
Requisitos do Usuário	Fácil de abrir	O	5	3	1	5	0	0	0	14
	Fácil de Limpar	O	0	5	1	3	0	0	3	12
	Espaço razoável	A	0	1	5	1	1	0	0	8
	Bom travamento	O	5	3	1	1	3	0	0	13
	Deslizamento suave ao abrir e fechar a gaveta	O	3	5	3	1	3	0	0	15
	Boa aparência	U	1	5	3	1	0	0	3	13
	Alta durabilidade	O	3	5	1	0	1	1	5	16
	Emborrachado na região interna para evitar deslize de objetos	A	0	5	0	0	5	0	3	13
	Profundidade razoável	O	0	0	5	0	0	0	0	5
	Material de qualidade	U	0	5	0	0	5	0	5	15
	Abertura média para evitar encomodo nas pernas	O	0	0	5	3	0	0	3	11
	Largura média para evitar encomodo nas pernas ao abrir a gaveta	O	0	0	5	3	0	0	3	11
	Ser térmica	A	0	3	0	0	3	5	3	14
	Somatório		17	40	30	18	21	6	28	

Figura 4. QFD adaptado da Gaveta, integrado com o Modelo KANO.

Ao finalizar o projeto recomendações de melhorias no processo de simulações de CAE foram levantadas, pois houve uma falha durante as simulações, onde não foi possível detectar o problema da gaveta no impacto frontal. Só foi detectado durante o teste físico. Se as simulações tivessem sido realizadas da forma correta seguindo todos os requerimentos, o problema teria sido identificado na fase Caracterizar, e custos de modificação de design e testes físicos poderiam ter sido evitados.

Pode-se verificar que os objetivos de cada etapa foram cumpridos. Na primeira fase obteve-se as necessidades dos clientes de forma eficaz como a metodologia solicita, porém na fase caracterizar foi realizado de acordo com a metodologia, mas provavelmente, por falta de experiências dos envolvidos, ou falta de treinamentos, foram definidas algumas especificações inadequadas ao produto e os testes de simulação na etapa seguinte foram ineficientes levando o produto a falhar na última etapa. Com esses resultados é possível confirmar o desafio da implementação do DFSS,



a real necessidade de treinamentos e uma equipe multidisciplinar experiente. Apesar das falhas no processo, a fase Verificar conseguiu evitar danos maiores para a organização, detectando a falha no produto podendo ser corrigido antes de iniciar a produção. Por questões de confidencialidade, não foi possível adicionar nenhuma imagem real da gaveta.

4. CONCLUSÃO

Claramente a aplicação da metodologia DFSS torna a cultura da empresa probabilística, possibilitando investigar e identificar, através das ferramentas de qualidade QFD, Kano, DFMEA, P-diagrama, as principais características que o produto deve conter para atender os desejos dos clientes, e assim ter bons resultados nas vendas. Também foi possível verificar que todos os procedimentos definidos na metodologia ajudam a detectar falhas do projeto antes de iniciar a produção, corrigindo-os com antecedência. É importante ressaltar que o DFSS não substitui o conhecimento técnico e as experiências dos engenheiros, seu papel vital é apoiar o ciclo de desenvolvimento de produto de forma a aumentar a eficácia da aplicação dos conhecimentos e trazer ótimos resultados em termos de qualidade, prazos e custos de projeto.

5. REFERÊNCIAS

- ¹ ADLER, Paul S., MANDELBAUM, A., NGUYEN, V., SCHWERER, E. **Getting the most out of your product development process**. Harvard Business Review, p. 134-152, 1996.
- ² **6-Sigma, DMAIC & DCOV, Fundamentals Reference Guide**. Lean Tools, 10 jul. 2016. Disponível em: <<http://www.leandeployment.com>>. Acesso em: 10 jul. 2016.
- ³ SODERBORG, N. **Design For Six Sigma at Ford**. Six Sigma Forum Magazine, 2014.
- ⁴ MADER, Douglas P. **DFSS and Your Current Design Process**. Quality Progress Journal, 2003.
- ⁵ PRATA, R. FERNANDES, T. SILVA, C. **Fundamentos do design for six sigma**. XI SIMPEP, 2004.
- ⁶ FIORAVANTI, A. **Aplicação Da Metodologia “Design For Six Sigma” (DFSS) Em Projetos Automotivos**. São Paulo, 2005. Trabalho de Curso (Mestrado profissional) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- ⁷ WANG, F-K. YEH, C-T. CHU, T-P. **Using the design for Six Sigma approach with TRIZ for new product development**. Computers & Industrial Engineering (2016).
- ⁸ CEREIJÓ, C. **Motoristas valorizam porta-objetos**. Jornal do Carro, 2010.
- ⁹ HASHIM, A. DAWAL, S. **Kano Model and QFD integration approach for Ergonomic Design Improvement**. Procedia – Social and Behavioral Sciences, v. 57, p. 22-32, 2012.
- ¹⁰ FILHO, L. CHENG, L. **QFD na garantia da qualidade do produto durante seu desenvolvimento – caso em uma empresa de materiais**. Produção, v.17, n. 3, p. 604-624, 2007.
- ¹¹ FRABK, A. et al. **Integração do QFD e da FMEA por meio de uma sistemática para tomada de decisões no processo de desenvolvimento de produtos**. Production, v. 24, n. 2, p. 295-310, 2014.