

Métodos QFD e FMEA para o desenvolvimento de novo produto – conceituação e estudo de caso

QFD and FMEA methods for a new product development – conceptualization and case study

Uryan Augusto Saviotti Cerqueira

Bacharel em Engenharia de Produção – Universidade Presidente Antônio Carlos – Unipac.
Conselheiro Lafaiete – MG [Brasil]
uryansaviotti@gmail.com

Algumas ferramentas da qualidade são utilizadas e adaptadas para oferecer suporte às atividades de planejamento e desenvolvimento de novos produtos. Dessa forma, neste trabalho tem-se como objetivo utilizar os métodos QFD (*Quality Function Deployment* ou Desdobramento da Função Qualidade) e FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis* ou Análise de Modo e Efeito de Falhas), visando o atendimento da qualidade exigida pelo cliente, oriundo do QFD, e da confiabilidade do produto, proveniente do FMEA. Neste estudo, mostra-se a importância de distribuir a garantia da qualidade durante o desenvolvimento de um novo produto e como ela é decisiva para agregar valor ao produto final, levando em consideração a percepção do consumidor e a melhoria de sua satisfação por meio de uma solução antecipada de problemas. Os resultados, obtidos nesta pesquisa, apontam a utilidade dos métodos propostos para o desenvolvimento do conceito do produto final, sendo estes dados hierarquizados e implantados.

Palavras-chave: Desenvolvimento de novos produtos. FMEA. QFD.

Some tools of quality are used and adapted to offer support to the planning activities and development of new products. In that way this project has as objective used the methods QFD (Quality Function Deployment) and FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) aiming the service of the customer's demanded quality, originating from QFD, and of the product's reliability, coming from FMEA. The project shown the importance of distributing the quality's warranty during the development of this new product, and how it's decisive to join value to the final product, taking the consumer's perception into consideration and the improvement of yours satisfaction through an anticipated problems solution. The results obtained, in this research, point the usefulness of the methods proposed for the development of the final product concepts, being these data ranked and implanted.

Key words: Development of new products. FMEA. QFD.

1 Introdução

O Desdobramento da Função Qualidade (*Quality Function Deployment* – QFD) e a Análise do Modo e Efeito de Falhas (*Failure Mode and Effects Analysis* – FMEA) foram utilizados em conjunto, neste estudo, em razão de um método complementar o outro no desenvolvimento de novos produtos. Cheng e Melo Filho (2007) também usaram essa integração, sendo o QFD usado primeiro para tornar disponíveis as partes mais importantes de um produto, visando à satisfação dos clientes, e, logo após, o FMEA é empregado em cada uma dessas partes, seguindo a ordem priorizada pelo QFD, para evitar falhas no processo de fabricação de novos produtos.

Rebelato et al. (2008) confirmam que as saídas básicas do QFD são as priorizações dos requisitos do cliente, enquanto o FMEA tem como entradas os próprios requisitos e informações relativas de cada função do produto.

Essas duas ferramentas são utilizadas pelas indústrias que têm o desafio de identificar os desejos dos consumidores, aproveitar as chances do mercado e transformá-las em produtos, fabricados de acordo com os custos programados, com a qualidade necessária em um curto espaço de tempo e com o mínimo de falhas.

Dessa maneira, o objetivo neste trabalho é demonstrar a contribuição das ferramentas QFD e FMEA, simultaneamente, para garantir a qualidade de um novo produto. Os aspectos teóricos das duas metodologias são aplicadas a um caso real de desenvolvimento de produto, por meio de etapas que são necessárias as revisões da qualidade e falhas críticas.

2 Referencial teórico

2.1 Desdobramento da Função Qualidade (QFD)

O QFD é uma metodologia com a qual se objetiva gerenciar os processos de desenvolvimento de maneira a manter o foco sempre voltado para

o atendimento das necessidades dos clientes. Em 1966, as primeiras tentativas de uso desse método foram realizadas nos estudos por Yoji Akao e Shigeru Mizuno.

Segundo Akao (1990), o QFD é a conversão dos requisitos do consumidor em características de qualidade do produto e o desenvolvimento da qualidade de projeto para o produto acabado por meio de desdobramentos sistemáticos das relações entre os requisitos do consumidor e as características do produto. Esses desdobramentos iniciam-se com cada mecanismo e se estendem para cada componente ou processo. A qualidade global do produto será formada por essa rede de relações. Com efeito, Cheng e Melo Filho (2007), definem o QFD como uma forma de comunicar sistematicamente informação relacionada com a qualidade e de explicar de maneira ordenada o trabalho relacionado com a obtenção da qualidade.

A primeira fase de desdobramentos no QFD corresponde ao processo de desdobramento da qualidade, seguida dos desdobramentos da tecnologia, dos custos e, por fim, da confiabilidade. Entretanto, Akao (1996) aponta ser interessante, ao desenvolver o primeiro produto, elaborar apenas o desdobramento da qualidade e, pela experiência adquirida, introduzir aos poucos os outros desdobramentos. Assim, no entendimento desse autor, não se deve tentar ser perfeito desde o início, e sim procurar elevar gradativamente o nível, por meio dos conhecimentos adquiridos.

Portanto, neste artigo serão elaboradas as matrizes da qualidade e do produto para a obtenção e desenvolvimento do conceito de um novo produto.

2.2 Análise do Modo e Efeito de Falhas (FMEA)

O FMEA é um método com o qual se procura prevenir, diminuir ou impedir que ocorram erros no projeto do produto ou do processo de produção, por meio de análises das falhas, priorizadas em razão do nível de ocorrência, das hipóteses e da gravidade. Segundo Carbone, (apud MIGUEL; SEGISMUNDO, 2008) essa metodo-

logia surgiu em 1949 na indústria militar americana; e, nos anos 60, a NASA, por meio do *Apollo Space Program*, foi a pioneira no seu desenvolvimento e evolução.

De acordo com Slack et al. (1999, p. 487), “[...] o objetivo da análise do efeito e modo de falhas é identificar as características do produto ou serviço que são críticos para vários tipos de falha”. Conforme Baxter (1998, p. 249), “[...] a análise das falhas é um método para estimar as falhas potenciais de um produto, avaliando-se a sua importância relativa. Essa análise considera separadamente os tipos de falhas e seus efeitos sobre o consumidor”. E Cheng e Melo Filho (2007, p. 230) comentam que, “[...] o FMEA auxilia na identificação das falhas críticas em cada parte ou processo de nível mais elementar, e suas causas e efeitos nos níveis hierárquicos superiores”.

Helman e Andery (1995) definem que os seguintes passos devem ser habitualmente seguidos para a condução de uma análise em que se utilize o FMEA: (i) definir a equipe responsável pela execução; (ii) determinar os itens do sistema que serão considerados; (iii) preparação prévia e coleta de dados, e (iv) análise preliminar dos itens considerados.

Já Fernandes e Rebelato (2006) indicam as seguintes etapas: (i) identificação de modos de falha conhecidos e potenciais; (ii) identificação dos efeitos e da severidade de cada modo de falha; (iii) identificação das possíveis causas e probabilidades de ocorrência para cada modo de falha; (iv) identificação dos modos de falha e sua probabilidade de detecção e; (v) avaliação do potencial de risco de cada modo de falha e definição de medidas para sua eliminação ou redução.

Por sua vez, a *Chrysler Corporation* et al. (2000) determinam que para cada modo de falha sejam atribuídos três índices: Ocorrências (“O”), para determinar a probabilidade de um mecanismo ou causa específica vir a ocorrer; Severidade (“S”), para avaliar a gravidade do impacto de tal

falha; Detecção (“D”), para analisar a capacidade dos controles atuais em identificar o modo de falha subsequente antes que ela realmente ocorra e, além desses, o Número de Prioridade de Risco (NPR), que seria a multiplicação básica dos três índices, gerando o valor do risco.

O NPR determina a ordem prioritária das falhas na qual se deve ter uma atenção especial. Portanto, quanto maior for o valor encontrado no resultado do cálculo, maior será a prioridade para sua análise. Entretanto, Puente (2002) propõe que, se em algum caso o índice de severidade for bastante alto, a atenção pode ser dada a esse modo de falha, mesmo se o valor de NPR for alto em outro modo de falha.

2.3 O Processo de desenvolvimento de produtos

O objetivo em desenvolver produtos é basicamente de satisfazer os clientes, atendendo às suas expectativas, aumentando assim a competitividade da empresa. É necessária uma análise precisa das tendências, gostos pessoais, e o mercado potencial para entender as exigências do mercado e satisfazê-las.

Nas empresas de países desenvolvidos, aumentam-se a variedade, a frequência e a quantidade de novos produtos. Esses procedimentos introduzidos no mercado proporcionam ganhos em termos de competitividade, assim, cada vez mais, as empresas saem de suas crises ou prosperam em seus negócios devido à inovação de produtos (TAKAHASHI, S.; TAKAHASHI, P., 2007).

De acordo com Rozenfeld et al. (2006), o desenvolvimento de produtos é um processo de negócio cada vez mais crítico em decorrência da internacionalização dos mercados, do aumento da diversidade de produtos e dos seus ciclos de vida cada vez menores. Assim, novos produtos buscam atender a fatias específicas de mercado, incorpo-

rando novas tecnologias e se adequando a novos padrões sociais.

Conforme Slack et al. (2002), a atividade de projeto para o desenvolvimento de um produto é dividida em etapas a partir da geração do conceito, e seguindo por triagem, projeto preliminar, avaliação e melhoria e, por último, a prototipagem e projeto final, para então obter o resultado final detalhado do produto.

2.4 Garrafas PET

O novo produto a ser utilizado como estudo de caso é uma resina Politereftalato de Etileno (PET), sendo, portanto, interessante entender o processo de desenvolvimento da garrafa PET, em questão. Conforme Valt (2004) e Santos (2005), a transformação de resina PET em garrafas engloba processos combinados em uma ou mais máquinas, seguindo sempre a ordem de moldagem por injeção, estiragem e sopro, como descritos a seguir.

A injeção é iniciada após a produção da resina, esta é aquecida e injetada em um molde refrigerado, fixando o formato da pré-forma. Posteriormente, dá-se início à estiragem e sopro, momento em que as pré-formas são reaquecidas até chegarem ao “estado termoplástico”, sendo introduzidas no molde de sopro. O estiramento é feito por meio de uma vareta que orienta os filamentos nos sentidos vertical e horizontal. Por fim, injeta-se o ar comprimido com maior pressão, tendo como finalidade a expansão até entrar em contato com o molde, gerando assim o formato final à garrafa.

3 Etapas para o desenvolvimento do novo produto

As informações obtidas em pesquisas de mercado (Apêndice A) foram inseridas na matriz da

qualidade e na do produto, com a finalidade de buscar as informações, a orientação e a alternativa ideal para o desenvolvimento do novo produto. As etapas para o desenvolvimento deste trabalho estão dispostas na Figura 1.

O objetivo em utilizar as duas matrizes é tornar a definição dos requisitos das partes do produto mais detalhada, partindo das necessidades básicas dos clientes e chegando à qualidade essencial que deverá conter para satisfazê-las. Em seguida, a partir desse atendimento à qualidade, chega-se aos requisitos do produto.

Por fim, foi utilizado o método FMEA, para analisar, priorizar ou hierarquizar e discutir o modo e efeito das falhas críticas no produto, caso existam, que possam prejudicar este trabalho.

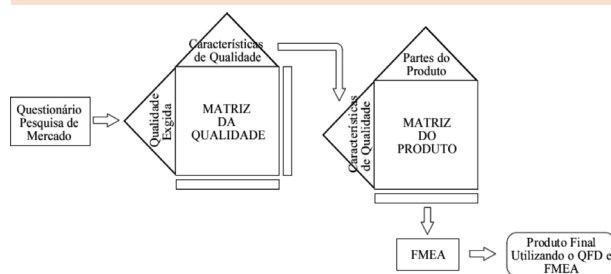


Figura 1: Etapas para a utilização do QFD e FMEA no desenvolvimento do produto

Fonte: O autor.

4 Resultados e discussões

4.1 Obtenção do conceito do produto

O produto segue os padrões de uma garrafa PET de dois litros, sendo essa escolhida como modelo por ser vista como a que possui a geometria mais tradicional e facilmente encontrada no mercado, podendo gerar um maior sucesso de venda. Seu formato e dimensões foram estabelecidos por Santos (2005) na Figura 2. Vale destacar que ela se diferenciará das outras existentes, por possuir

um separador de líquidos interno, que permitirá injetar líquidos distintos em seu interior.

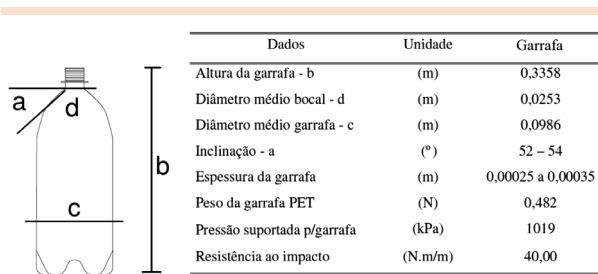


Figura 2: Garrafa PET selecionada e suas respectivas medições

Fonte: Adaptado de Santos (2005, p. 25-26).

Neste trabalho, a garrafa possuirá ainda, o que será denominado de “Módulo Giratório”. Trata-se de uma pequena peça circular, na qual uma extremidade é fechada (180°), e a outra, aberta (180°). Seu funcionamento básico se dá ao rotacionar esse “Módulo Giratório” de maneira a posicionar a extremidade aberta até o ponto em que o cliente deseja que o líquido seja expelido.

Essa avaliação do funcionamento da garrafa foi importante porque, conforme Rozenfeld et al. (2006), a elaboração da função total do novo produto ajuda a sintetizar o que realmente se espera dele, podendo servir de ponto de partida para o processo de elaboração de sua estrutura funcional.

4.2 Elaboração das matrizes QFD

Para entender a aceitabilidade do produto, foram entrevistadas 76 pessoas, escolhidas aleatoriamente no universo de possíveis consumidores. O questionário utilizado é mostrado no Apêndice A. Os resultados apontaram que 62 pessoas (81%) consideraram o produto em questão para compra ou aceitável para consumo, 8 (11%) não sabiam o que responder e apenas 6 (8%) responderam que o projeto seria ruim, ou seja, que não teria a aceitação do mercado.

Tendo em vista a coleta dos dados, outro questionário (Apêndice B) foi elaborado visando

o desenvolvimento do produto voltado ao estabelecimento das vontades dos clientes, ou seja, para “o que” o consumidor deseja.

A primeira matriz da qualidade serve de base para a próxima: a matriz do produto. A informação adquirida nesta primeira, como visto na Tabela 1, é usada para identificar os requisitos específicos do desenvolvimento do produto, isto é, a tradução da “voz do cliente”, para definir o que é mais importante e o que deve ser considerado como meta no novo produto.

Os questionários foram elaborados após as decisões sobre como seria o funcionamento do produto em geral. As perguntas foram então divididas em níveis, visando captar detalhadamente as preferências de como deveria ser o novo produto ou como ele poderia ser melhorado por meio da “voz do cliente”, isto é, considerando a opinião expressada pelo consumidor entrevistado, sendo, logo após, coletados os dados e inseridos na coluna “Qualidade Exigida” da Tabela 1, a fim de gerar a qualidade planejada.

A linha “Características da qualidade” da Tabela 1 é composta de itens que podem ser mensurados de alguma forma, tendo como função transformar as demandas de qualidade dos clientes em características de projeto, objetivando estabelecer a qualidade projetada. São “o como” atender o desejo do cliente.

O peso absoluto de cada uma das qualidades exigidas é calculado pela multiplicação do grau de importância *vs* índice de melhoria *vs* argumento de venda. Exemplo: o peso absoluto da qualidade exigida “Sem escapamento de gás” é igual a (grau de importância (3) x índice de melhoria (1,5) x argumento de venda (1,2)) $3 \times 1,5 \times 1,2 = 5,4$.

O peso absoluto de cada uma das características da qualidade é calculado pelo somatório dos produtos dos pesos absolutos de cada qualidade exigida *vs* a nota (índice) dada à intensidade dessa correlação. Exemplo: o peso absoluto

Tabela 1: Matriz da qualidade

Índice de melhoria = $\frac{\text{Plano de qualidade}}{\text{O novo produto}}$		Direcionador de melhoria ○ não importa a variação do valor ▲ quanto maior o valor melhor ▼ quanto menor o valor melhor		Correlação entre características da qualidade e qualidade exigida ● Forte 9 ○ Moderado 3 △ Fraco 1				Correlação ++ Posit. Forte + Posit. Fraco Inexistente - Neg. Fraca -- Neg. Forte		Argumento de venda 1,5 Especial 1,2 Comum 1 Sem argumento	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--

Características da qualidade	Direcionador de melhoria >>>>	Peso	Forma (volume)	Altura	Largura	Comprimento	Aspecto visual	Força ao abrir	Força ao fechar	Fuste de vazamento	Fuste de queda	Grau de importância	O no o produto	Plano de Qualidade	Índice de melhoria	Argumento de vendas	Peso absoluto	Peso relativo (%)
Mistura dos líquidos distintos	Sem misturas com o "Módulo Giratório" parado	9	9	9	9	9	9	9	9	9	3	5	4	5	1,25	1,5	9,38	12,8%
	Sem misturas ao rotacionar o "Módulo Giratório"	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	1,33	1	4	5,5%
Escapamento de gás do líquido	Sem misturas no interior da garrafa	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	5	5	5	1	1,5	7,5	10,3%
	Sem escapamento de gás	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	1,5	1,2	5,4	7,4%
	Prazo de validade igual ao das garrafas já existentes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	3	1,5	1	4,5	6,2%
Reciclagem da garrafa	Prazo de validade levemente maior do que o das garrafas já existentes	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	1	1,5	6	8,2%
	Reciclagem semelhante a das garrafas já existentes	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	4	5	5	1	1,2	4,8	6,6%
Preço do produto	Reciclagem igual a das garrafas já existentes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	3	1,5	1	4,5	6,2%
	Preço igual ao das garrafas já existentes	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	2	3	1,5	1	6	8,2%
Segurança	Preço levemente superior ao das garrafas já existentes	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	4	5	5	1	1,5	6	8,2%
	Fácil de usar	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	5	5	5	1	1,5	7,5	10,3%
	Não machucar os dedos	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	5	5	5	1	1,5	7,5	10,3%
	Peso absoluto	250	457	435	435	255	154	154	247	201	3022						73,1	100
	Peso relativo (%)	8,28	15,1	14,4	14,4	8,43	5,09	5,09	8,16	6,66	100							
	Grau de importância relativa	3	5	4	4	4	3	2	2	3	2							

Fonte: O autor.

da característica da qualidade “Força ao abrir” é igual a (peso absoluto da qualidade exigida de “Reciclagem semelhante a das garrafas já existentes” (4,8) x nota da correlação entre eles (3) + peso absoluto da qualidade exigida de “Reciclagem igual a das garrafas já existentes” (4,5) x peso da correlação entre eles (1) + peso absoluto da qualidade exigida de “Fácil de usar” (7,5) x peso da correlação entre eles (9) + peso absoluto da qualidade exigida de “Não machucar os dedos” (7,5) x peso da correlação entre eles (9)) $4,8 \times 3 + 4,5 \times 1 + 7,5 \times 9 + 7,5 \times 9 = 154$.

As Tabelas 2 e 3 apresentam respectivamente a priorização dos itens da exigência de qualidade e das características da qualidade.

Tabela 2: Priorização dos itens da exigência de qualidade

Sem misturas com o "Módulo Giratório" parado	12,8%
Fácil de usar	10,3%
Não machucar os dedos	10,3%
Sem misturas no interior da garrafa	10,3%
Preço levemente superior ao das garrafas já existentes	8,2%
Prazo de validade levemente maior do que o das garrafas já existentes	8,2%
Preço igual ao das garrafas já existentes	8,2%
Sem escapamento de gás	7,4%
Reciclagem semelhante a das garrafas já existentes	6,6%
Prazo de validade igual ao das garrafas já existentes	6,2%
Reciclagem igual a das garrafas já existentes	6,2%
Sem misturas ao rotacionar o "Módulo Giratório"	5,5%

Fonte: O autor.

Tabela 3: Priorização dos itens das características da qualidade

Forma	15,2%
Comprimento	14,5%
Largura	14,5%
Altura	14,5%
Aspecto visual	8,65%
Peso	8,13%
Teste de vazamento	8,02%
Teste de queda	6,5%
Força ao fechar	5,0%
Força ao abrir	5,0%

Fonte: O autor.

Em decorrência dos resultados dessa matriz como apresentados pela Tabela 2, foi possível perceber que, segundo o consumidor, entre os itens de maior importância para o produto, destacam-se “Sem misturas com o ‘Módulo Giratório’ parado”, “Sem misturas no interior da garrafa”, “Fácil de usar” e “Não machucar os dedos”.

Entre as características da qualidade, encontradas na Tabela 3, destacam-se a “Forma”, “Largura”, “Altura” e “Comprimento”, sendo identificadas como – caso sejam qualitativamente desenvolvidas –, as características de maior impacto positivo sobre a satisfação dos clientes. Portanto, o formato (volume) e as dimensões da garrafa PET tradicional, encontrada atualmente no mercado, devem ser mantidos.

O grau de importância relativa mostrado na Tabela 1 foi obtido por meio de uma regra de três, utilizando os valores dos pesos absolutos. Exemplo: para o peso absoluto 250, o grau de importância relativa é $(250 \times 5) / 468$, ou seja, 3. A importância deste cálculo é que os “resultados” das características da qualidade (grau de importância) fiquem na mesma escala do grau de importância das qualidades exigidas, para então serem inseridos posteriormente na Tabela 4.

Com os resultados obtidos por meio da Tabela 1, foi possível identificar as características gerais que precisam ser consideradas ao se desen-

volver o produto, ou seja, a Tabela 4, com a qual se objetiva especificar, organizar e hierarquizar as partes que compõem o produto e suas características. Devem ser identificadas as necessidades dos clientes e transformadas em componentes para a formação do produto final. A Tabela 4 ilustra a Matriz Características da qualidade x Partes do Produto, após a atribuição dos valores e devidos cálculos.

O peso absoluto de cada uma das partes do produto é calculado pelo somatório dos produtos do grau de importância de cada característica da qualidade *vs* a nota (índice) dada à parte do produto desta correlação. Exemplo: o peso absoluto da parte do produto “Localizado na parte frontal da garrafa” é igual a (grau de importância da característica da qualidade “Forma” (5) x nota da correlação entre eles (3) + grau de importância da característica da qualidade “Aspecto visual” (3) x peso da correlação entre eles (9)) $5 \times 3 + 3 \times 9 = 42$.

Os resultados da priorização (Tabela 5) indicam que as partes mais importantes do produto para a qualidade são:

5 FMEA do produto

Após a obtenção dos índices O, S e D, calculou-se o Número de Prioridade de Risco (NPR), conforme mostrado na Figura 3.

Analisando a Figura 3 do relatório FMEA gerado, é possível observar que há alguns itens de alto índice de risco, ou seja, a falha seria inevitável. O caso mais relevante foi o processo de produção da nova garrafa PET, devendo ser adaptado ou refeito, pois é necessária a implementação de uma parede de separação dos líquidos, além disso,

Tabela 4: Matriz do produto

Correlação entre partes do produto e características de qualidade		Direcionador de melhoria				Correlação										
		Forte 9 Moderado 3 Fraco 1	não importa a variação do valor quanto maior o valor melhor quanto menor o valor melhor	++	Posit. Forte	+	Posit. Fraco									
		Uso do "Módulo Giratório"			Informações da "Forma de uso" impresso na garrafa			Material do "Módulo Giratório"		Formato e dimensões da garrafa						
		C girar em dois sentidos (horário e anti-horário)	C girar em apenas um sentido	Ser possível o encaixe e a remoção do "Módulo Giratório"	"Módulo Giratório" localizado no interior do gargalo da garrafa	L-localizado na tampa da garrafa	L-localizado na parte frontal da garrafa	L-localizado na parte traseira da garrafa	Material resistente e reciclável	Mesmo material da garrafa	Serem iguais as das garrafas já existentes	Serem maiores que os das garrafas já existentes	Serem menores do que os das garrafas já existentes			
		Direcionador de melhoria >>>>														
Características da qualidade	Peso									9		3		1	3	
	Forma (volume)				3		1		3		3		9		1	5
	Altura											9		1	4	
	Largura											9		1	4	
	Comprimento											9		1	4	
	Aspecto visual		3		3		9		3		1		3		9	3
	Força ao abrir		9		9		9		9		9		9		9	2
	Força ao fechar		9		9		9		9		9		9		9	2
	Teste de vazamento		9		3		3				3		3		3	3
	Teste de queda		3		3		3				9		3		3	2
	Peso absoluto		78	60	93	65	42	18	24	99	87	240	74	74	1107	
Peso relativo (%)		7,046	5,42	8,401	5,87	3,79	1,63	2,17	8,94	7,86	21,68	6,68	6,68	100		

Fonte: O autor.

o processo de reciclagem da nova garrafa deverá ser avaliado.

Considerando alguns fatores importantes para o novo produto por meio do FMEA, percebe-se que pelo fato de o "Módulo Giratório" ser removível, sua venda pode ser em separado da nova garrafa PET. Por esse motivo, o material composto

deve ser bem estudado quanto à sua resistência, maleabilidade e permeabilidade, para que seu funcionamento não seja restrito.

O FMEA, neste trabalho, não teve como objetivo apenas indicar os itens críticos, mas também identificar as partes que serão realmente implantadas ao produto, por meio de uma comparação com

Tabela 5: Priorização das partes do produto

Serem iguais a das garrafas já existentes	21,7%
Serem menores do que as das garrafas já existentes	6,68%
Serem maiores do que as das garrafas já existentes	6,68%
Material resistente e reciclável	8,94%
Mesmo material da garrafa	7,86%
Localizado na tampa da garrafa	3,79%
Localizado na parte traseira da garrafa	2,17%
Localizado na parte frontal da garrafa	1,63%
Ser possível o encaixe e a remoção do "Módulo Giratório"	8,4%
Girar em dois sentidos (horário e anti-horário)	7,05%
"Módulo Giratório" localizado no interior do gargalo da garrafa	5,87%
Girar em apenas um sentido	5,42%

Fonte: O autor.

as matrizes de QFD geradas anteriormente, pois, mesmo aplicando "algo" que o cliente exige, esse "algo" pode não ser possível, ou não promover o sucesso pretendido com o novo produto visto que haveria falhas. As principais análises e conclusões referentes ao produto final, devido à interação e relação entre QFD e FMEA, são:

O preço da nova garrafa PET não será o mesmo comparado com os preços das garrafas já existentes, pois o novo produto possui acessórios a mais, como o "Módulo Giratório" e a separação interna das extremidades da garrafa.

O "Módulo Giratório" deve ser removível e não localizado no interior da garrafa PET.

O prazo de validade do líquido será igual ao das garrafas PET já existentes, pois ao remover o "Módulo Giratório", o gás do líquido escapará. O prazo de validade seria maior apenas se o "Módulo Giratório" não fosse removível, e sim fixo à garrafa.

O "Módulo Giratório" deve girar em dois sentidos (horário e anti-horário).

A informação de uso deve ser localizada na tampa da garrafa PET.

O formato e dimensões da nova garrafa PET devem ser iguais aos das garrafas atualmente encontradas no mercado.

Com base nos resultados e índices encontrados nas Tabelas 1 e 4, e no NPR do relatório FMEA, foi possível encontrar e correlacionar às informações necessárias, de acordo com a proposta do trabalho, para o desenvolvimento do novo produto detalhadamente.

Pode-se notar que a informação obtida com a utilização do QFD e do FMEA permite focar a atenção aos parâmetros críticos da nova garrafa PET que incidem diretamente sobre a qualidade e confiabilidade do produto.

6 Trabalhos futuros

Posteriormente, outras matrizes também podem ser desenvolvidas, a partir da mesma lógica desse produto, como matrizes Parâmetros de Controle dos Processos x Partes do Produto, Matéria-prima x Parâmetros de Controle dos Processos, Matéria-prima x Projeto na Manufatura, Projeto na Manufatura x Custos, dentre outras, nas quais também podem ser realizadas avaliações de FMEA.

Assim, uma possível linha futura de pesquisa pode ser direcionada ao estudo da replicação deste trabalho, permitindo ampliar a visão sobre o desenvolvimento do novo produto, obtendo-se assim uma análise global das prioridades em cada uma das etapas do QFD e FMEA.

7 Conclusão

A utilização do QFD serviu para orientar o desenvolvimento do novo produto voltado para as necessidades do mercado alvo. Foi possível perceber quais foram as necessidades relevantes dos



	Item / Função	Modo da falha	Efeito(s) da falha	Causa(s) da falha	S	O	D	N P R	Ações recomendadas
Garrafa	Prazo de validade igual ao das garrafas já existentes	Se a extremidade fechada não for aberta, o produto terá o prazo de validade equivalente ao das garrafas já existentes, quando suas tampas são retiradas	O consumo do líquido da extremidade fechada deve ser comparado ao da aberta, mesmo que a extremidade fechada nunca tenha sido aberta	O "Módulo Giratório" não suporta a pressão do gás, da maneira que a tampa é capaz de suportar	7	10	2	140	Redesenhar o "Módulo Giratório", para que o gás não escape
	Reciclagem igual a das garrafas já existentes	O processo de reciclagem sofrerá algumas mudanças em relação à reciclagem atual	As indústrias de reciclagem devem se adaptar ao novo processo de reciclagem	A garrafa tem alguns acessórios a mais, que diferem das já existentes	8	8	8	512	Adaptar a garrafa ao modo comum de reciclagem de garrafas PET
	Preço igual ao das garrafas já existentes	O preço da garrafa não será igual ao das garrafas já existentes, mas pouco superior	O cliente desiste da compra da garrafa, pois o preço é maior	A garrafa possui acessórios a mais, o preço consequentemente aumenta	7	10	2	140	Adequar ao máximo o preço da garrafa, sem o "Módulo Giratório"
"Módulo Giratório"	Sem misturas no interior da garrafa	As misturas dos líquidos ocorrem em razão da permeabilidade das paredes de separação entre os líquidos	O líquido adentra a parede de separação e a atravessa, passando para a outra extremidade	Desenvolvimento errôneo da parede de separação da garrafa PET	8	2	2	32	Rever o processo adaptado de produção da garrafa PET
	Sem misturas com o "Módulo Giratório" parado	Ocorrem misturas entre os líquidos quando a garrafa é chacoalhada, ou virada de ponta cabeça	Os líquidos diferentes se misturam, gerando insatisfação nos clientes	Desenvolvimento errôneo do "Módulo giratório"	8	3	2	48	Redesenhar o "Módulo Giratório"
	Sem misturas ao rotacionar o "Módulo Giratório"	Ocorrem misturas entre os líquidos ao rotacionar o "Módulo Giratório"	As góficulas encontradas sob o "Módulo Giratório" são transportadas de uma extremidade a outra da garrafa PET	Desenvolvimento errôneo do "Módulo giratório"	8	6	4	192	Redesenhar o "Módulo Giratório"
	Sem escapamento de gás	O gás escapa pelo "Módulo Giratório", mesmo estando fechado	O líquido perde o gás, e o gás não é bem mantido	Desenvolvimento errôneo do "Módulo giratório"	6	10	2	120	Redesenhar o "Módulo Giratório", para que o gás não escape
	Mesmo material da garrafa	As propriedades do PET não são suficientemente resistentes e maleáveis	O "Módulo Giratório" pode quebrar ou não funcionar da maneira planejada	Material errôneo do "Módulo giratório"	7	8	7	392	Pesquisar o melhor material a ser utilizado, de melhor funcionalidade
	Girar em dois sentidos (horário e anti-horário)	Desgaste do "Módulo Giratório"	O "Módulo Giratório" pode quebrar	Desenvolvimento errôneo do "Módulo giratório"	9	3	2	54	Reavaliar o material composto pelo "Módulo giratório"
			Quebra da alça de giro do "Módulo Giratório", perdendo seu funcionamento, tornando-se então difícil o manuseio	Desenvolvimento errôneo da alça de giro	9	4	2	72	Redesenhar a alça de giro do "Módulo Giratório" Utilizar um material mais resistente
	Girar em apenas um sentido	O "Módulo Giratório" pode não ficar corretamente alinhado ao separador dos líquidos	Pode haver vazão do líquido de uma extremidade a outra	Desenvolvimento errôneo do "Módulo giratório"	8	8	3	192	Redesenhar o ponto de fechamento do "Módulo Giratório"
	Ser possível o encaixe e a remoção do "Módulo Giratório"	Uso complexo do "Módulo Giratório"	Pode gerar impaciência no cliente	Desenvolvimento errôneo do "Módulo Giratório"	8	4	2	64	Desenvolver um "Módulo Giratório" de uso mais simples
	"Módulo Giratório" localizado no interior do gargalo da garrafa	Dificuldade no processo de produção da garrafa PET, pois o "Módulo Giratório" deve ser acoplado à garrafa	O processo de produção da garrafa PET sofrerá uma adaptação durante as etapas injeção-estiragem-sopro	Novo acessório à garrafa gera uma mudança em seu processo de produção	8	9	5	360	Rever o processo adaptado de produção da garrafa PET
Informações da "Forma de uso" impresso na garrafa	Localizado na tampa da garrafa	A informação pode ficar em um tamanho muito pequeno	O cliente pode não visualizar o que estará escrito e utilizará o "Módulo Giratório" de forma errônea	Informações com letras muito pequenas	5	3	3	45	
	Localizado na parte frontal da garrafa	A informação estará localizada junto a marca do líquido contido na garrafa	A empresa produtora do líquido pode não aceitar	O preço do produto pode aumentar	8	8	3	192	Entrar em um acordo com a empresa produtora do líquido
	Localizado na parte traseira da garrafa	O cliente pode não encontrar a informação do uso	O cliente utilizará o "Módulo Giratório" de forma errônea	O preço do produto pode aumentar	6	3	3	54	
	Fácil de usar	O encaixe do "Módulo Giratório" pode gerar dúvidas nos clientes inicialmente	A quebra do "Módulo Giratório"	Produto novo que gera dúvidas quanto ao uso	9	3	3	81	"Módulo Giratório" resistente, e informações de uso bastante precisas
		Machucar os dedos	9		2	2	36	"Módulo Giratório" resistente, e informações de uso bastante precisas	
Formato e dimensões da garrafa	Ser igual às garrafas já existentes	A garrafa PET será do mesmo tamanho, mas com peso levemente maior	Adaptação das empresas produtoras do líquido contido na garrafa PET quanto à quantidade em "ml".	O peso da garrafa aumenta	2	10	3	60	Utilizar um material de boa funcionalidade e baixo peso
	Ser maior que as garrafas já existentes	A garrafa PET ocupará mais espaço	O armazenamento em postos de venda será prejudicado	O peso e o tamanho da garrafa aumentam consideravelmente	8	10	6	480	
	Ser menor que as garrafas já existentes	Menos líquido na garrafa PET	Despadronização das medidas da garrafa PET original	A garrafa muito pequena perde as características essenciais do novo produto	8	10	3	240	

Figura 3: Relatório FMEA do novo produto

Fonte: O autor.

Severidade Pequena ----- 1 Baixa ----- 2 e 3 Moderada ----- 4, 5, 6 Alta ----- 7 e 8 Muito alta ----- 9 Catastrófica ----- 10	Ocorrência Remota ----- 1 Baixa ----- 2 e 3 Moderada ----- 4, 5, 6 Alta ----- 7 e 8 Muito alta ----- 9 e 10	Defecção Praticamente certo ----- 1 Alta ----- 2 e 3 Moderada ----- 4, 5, 6 Muito baixa ----- 7 e 8	Risco Baixa ----- 1 a 135 Moderada ----- 136 a 500 Alta ----- 501 a 1000
---	--	---	---

Continuação Figura 3: Relatório FMEA do novo produto

Fonte: O autor.

clientes, ou seja, o que julgaram ser mais ou menos importantes em relação ao produto. O FMEA permitiu identificar os itens falhos que prejudicarão o novo artefato caso sejam implantados.

Os métodos QFD e FMEA foram utilizados para o desenvolvimento do conceito de um novo produto. Enquanto o QFD focou o desempenho do produto e a satisfação do cliente, o FMEA enfocou a análise dos riscos potenciais de falha nas partes e funções como um todo do produto, buscando atingir o nível esperado pelo consumidor. Por meio dos resultados obtidos com os dois métodos, foram então analisados e hierarquizados os dados como prioritários do produto, sendo possível a captação dos itens importantes para avaliação da qualidade a ser realmente aplicada ao produto.

Referências

- AKAO, Y. *Introdução ao desdobramento da qualidade*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1996.
- _____. *Quality function deployment: integrating customer requirements into product design*. Cambridge: Productivity Press, 1990.
- BAXTER, M. *Projeto de produto: guia prático para o desenvolvimento de novos produtos*. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.
- CHENG, L. C.; MELO FILHO, L. D. R. *QFD: desdobramento da função qualidade na gestão de desenvolvimento de produtos*. São Paulo: Blücher, 2007.
- CHRYSLER CORPORATION; FORD MOTOR COMPANY; GENERAL MOTORS CORPORATION. *Análise de modo e efeito de falha potencial, FMEA, manual de referência*. São Paulo: IQA – Instituto da Qualidade Automotiva, 2000, 44 p.
- FERNANDES, J. M. R.; REBELATO, M. G. Proposta de um método para integração entre QFD e FMEA. *Revista Gestão e Produção*, v. 13, n. 2, p. 245-259, 2006.
- HELMAN, H.; ANDERY, P. *Análise de falhas (aplicação dos métodos de FMEA – FTA)*. Belo Horizonte, MG: Fundação Cristiano Ottoni, 1995.
- MIGUEL, P.; SEGISMUNDO, A. O papel do FMEA no processo de tomada de decisão em desenvolvimento de novos produtos: estudo em uma empresa automotiva. *Revista Produto & Produção*, São Paulo, v. 9, n. 2, fevereiro de 2008, p. 106-119.
- PUENTE, J. et al. A decision support system for applying failure mode and effects analysis. *The International Journal of Quality & Reliability Management*, v. 19, p.137-150, 2002.
- REBELATO, M. G.; FERNANDES, J. M. R.; RODRIGUES, A. M. Proposta de integração entre métodos para planejamento e controle da qualidade. *Revista Gestão Industrial*, Paraná, v. 4, n. 2, p. 162-185, 2008.
- ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C. *Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo*. São Paulo: Saraiva, 2006.
- SANTOS, D. B. *Estudo do uso de garrafas PET em geotecnia*. 2005. 236 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.
- SLACK, N. et al. *Administração da Produção*. São Paulo: Atlas, 1999.
- SLACK, N. et al. *Administração da Produção*. São Paulo: Atlas, 2002.
- TAKAHASHI, S.; TAKAHASHI, V.P. *Gestão de inovação de produtos: estratégia, processo, organização e conhecimento*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- VALT, R. B. G. *Análise do ciclo de vida de embalagens PET, de alumínio e de vidro para refrigerantes no Brasil variando a taxa de reciclagem dos materiais*. 2004. 208 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2004.



1 – Qual a sua idade?

- 8 – 10 anos. 10 – 20 anos.
 20 – 30 anos. 30 – 40anos.
 Acima de 40 anos.

2 – Qual o seu sexo?

- Masculino. Feminino.

3 – Você conhece algum tipo de garrafa PET?

- Sim. Não. Não sei.

4 – Quantas vezes por semana você usou de qualquer garrafa PET?

- 1 vez. 2 vezes. 3 vezes.
 4 vezes. 5 vezes. 6 vezes.
 7 vezes. Não sei.

5 – Há problemas em sua casa quando se escolhe qual bebida comprar, ou seja, gostos diferentes para bebida?

- Sim. Não. Não sei.

6 – O que você costuma ingerir em garrafas PET?

- Refrigerante. Água. Suco.
 Energético. Não sei.

7 – Há pessoas em sua casa que têm diabetes?

- Sim. Não. Não sei.

8 – O que você acha de ter uma garrafa que possa conter dois tipos de bebidas diferentes?

- Bom. Ruim. Não sei.

Apêndice A: Questionário de pesquisa de mercado relacionado à aceitabilidade do produto

Selecione um número como resposta, nos itens listados abaixo, que provavelmente seriam critérios que influenciariam na sua escolha em relação ao produto em desenvolvimento.

Critérios para o preenchimento do questionário.

1. Não influi absolutamente em nada. 2. Não influi. 3. Tanto faz. 4. Influi. 5. Influi bastante.

1 – Quanto à possível mistura dos líquidos distintos.

- Misturas com o "Módulo Giratório" parado.
 Misturas ao rotacionar o "Módulo Giratório".
 Misturas no interior da garrafa.

2 – Quanto à existência de escapamento de gás do líquido, caso haja gás, do lado que não tenha sido ingerido.

- Escapamento de gás do líquido.
 Prazo de validade igual ao das garrafas já existentes.
 Prazo de validade levemente maior do que o das garrafas já existentes.

3 – Quanto às informações da "Forma de uso" impressos na garrafa.

- Localizado na tampa da garrafa.
 Localizado na parte frontal da garrafa.
 Localizado na parte traseira da garrafa.

4 – Quanto à reciclagem da garrafa.

- Reciclagem semelhante a das garrafas já existentes.
 Reciclagem igual a das garrafas já existentes.

5 – Quanto à segurança ao usar a garrafa.

- Fácil de usar.
 Não machucar os dedos.

Apêndice B: Questionário de pesquisa de mercado relacionado ao grau de importância do produto

Recebido em 4 out. 2010 / aprovado em 14 abr. 2011

Para referenciar este texto

CERQUEIRA, U. A. S. Métodos QFD e FMEA para o desenvolvimento de novo produto – conceituação e estudo de caso. *Exacta*, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 29-40, 2011.