

DFMA EM AÇÃO: A METODOLOGIA APLICADA NO DESENVOLVIMENTO DE UMA SECADORA CENTRÍFUGA

Maurício Bombonato Finotti

Escola de Eng. de São Carlos - USP - Departamento de Eng. Mecânica / Latina S.A.
Av. Getulio Vargas, 1690 – CEP 13570-390 - São Carlos – SP
Tel (016) 271 3090 FAX (016) 2712073 - E-mail: plenna@latina.ind.br

Alessander Olier Perusso

Escola de Eng. de São Carlos - USP - Departamento de Eng. Mecânica
Av. Dr. Carlos Botelho, 1465 - São Carlos- SP - CEP 13560-250 - São Carlos – SP
Tel: (016) 273 9267 (016)273 94 12 - E-mail: ale@sc.usp.br

Manoel Otelino da Cunha Peixoto

Escola de Eng. de São Carlos - USP - Departamento de Eng. Produção
Av. Dr. Carlos Botelho, 1465 - São Carlos- SP - CEP 13560-250
São Carlos - SP - Tel: (016) 273 9421 - E-mail: otelino@sc.usp.br

Prof. Dr. Eduardo Vila Gonçalves Filho

Escola de Eng. de São Carlos - USP – Departamento de Eng. Mecânica
Av. Dr. Carlos Botelho, 1465 - São Carlos- SP - CEP 13560-250
São Carlos - SP - Tel: (016) 273 9397 - E-mail: evila@sc.usp.br

Resumo. Para que um novo produto tenha sucesso, tanto na fabricação (projeto, montagem, custos, manutenção, etc) como durante a comercialização, é necessário a utilização de métodos para garantir que as premissas básicas de projeto (requisito de qualidade, custo, montagem facilitada, etc) sejam atingidas. Dentre as melhores práticas utilizadas no processo de desenvolvimento de produtos, a metodologia DFMA (Design For Manufacturing and Assembling – Projeto para manufatura e montagem) apresenta papel de destaque, contribuindo para que o projeto atinja suas metas e gere um produto de sucesso. A metodologia DFMA visa, durante as fases iniciais de desenvolvimento de produto, onde as modificações de projeto tem menor impacto nos custos, especificar características que contribuam para reduzir custos de fabricação (materiais, numero e padronização de componentes) e custos de montagem (facilidades para montagem, redução de tempos de montagem e de numero de operações). A utilização de softwares específicos pode facilitar a aplicação de metodologias durante o processo de desenvolvimento de produto. No caso do DFMA, a metodologia utilizada (Boothroyd e Dewhurst) é facilitada pela utilização do software Design 4, muito útil na estimativa de custos para montagem manual e automatizada, no custo de componentes, na redução do numero de peças e otimização do produto e da montagem. Este artigo descreve a aplicação da metodologia DFMA, bem como a utilização do software Design 4 na avaliação do produto (Secadora Centrífuga), em desenvolvimento pela empresa Latina S.A. sediada em São Carlos – SP, apresentando resultados reais obtidos e discutindo a eficácia da metodologia DFMA e da utilização do software.

Palavras Chaves: DFMA, Redução custos, Desenvolvimento de produto

1. INTRODUÇÃO

1.1. Desenvolvimento de Produto

Empresas em todo o mundo sofrem pressões cada vez maiores para aumento de performance. A competição internacional esta crescendo, as tecnologias se alteram rapidamente desenvolvendo produtos mais complexos, as expectativas e necessidades do consumidor refletem um mercado mais exigente e o ciclo de vida de produtos está se tornando menor. O alvo a ser atingido para que a empresa tenha sucesso consiste no lançamento de melhores produtos em um curto período e com o menor custo. Para incrementar o processo de desenvolvimento de produtos, somente a aplicação de práticas (metodologias) reconhecidas não é suficiente, mas é necessário todo um contexto de mudanças na filosofia da empresa.

Neste cenário competitivo e globalizado, onde cada vez mais o cliente é quem dita as regras do jogo (leia-se: quem não atender a necessidade do cliente corre o risco de ser excluído do círculo competitivo), é necessário que qualquer novo produto ou mesmo produtos já em mercado, sejam criticamente analisados ou, idealmente, desde sua concepção inicial até início de produção, todas as precauções para que o produto cumpra seus requisitos básicos sejam tomadas, consagrando-o como produto de sucesso.

Durante o desenvolvimento de um novo produto, qualquer esforço realizado durante as fases iniciais de sua concepção ajudam no sucesso do produto, no entanto, quando os esforços tomados são baseados em metodologias reconhecidas, as chances de sucesso aumentam consideravelmente.

A partir do cenário traçado acima, pode-se sintetizar o exposto acima em *“O sucesso das empresas consiste na habilidade de identificar as necessidades dos clientes (Customers Needs) e na capacidade de produzir um produto que satisfaça estas necessidades rapidamente e com custo baixo.”*

1.2. Ferramentas de Desenvolvimento de Produto

A globalização e competitividade levam a empresa a adotar práticas para manter-se no mercado. No desenvolvimento de Produtos notam-se alguns pontos que merecem especial atenção e que podem levar a empresa a obter melhorias consideráveis de performance.

Redução no Ciclo de Desenvolvimento do Produto: Remete a metodologias destinadas a reduzir o lead time entre concepção e lançamento de novos produtos como: Tecnologias de Grupo, Produtos Básicos e famílias derivadas, *"Make or Buy decision"* PDM (*"Product Data Management"*), Suporte Computacional (CAD, CAE, Banco de Dados de Peças, Biblioteca de Padrões), Prototipagem Rápida (STL, SLS).

Aumento de Robustez e Estabilidade dos Produtos: São metodologias destinadas a reduzir custos de materiais e fabricação sem interferir na qualidade do produto, reduzindo falhas e problemas de campo: FMEA (*"Failure Modes and Effects Analyses"*), DFMA, Suporte Computacional (Elementos Finitos, Cálculos de deformações, Simulação), Protótipos Funcionais (Pré-séries funcionais através de prototipagem rápida)

Desenvolvimento Integrado de Produtos: Práticas utilizadas para garantir que as características do produto atendam as necessidades e requisitos do cliente (*Customer Oriented*): QFD (*"Quality Function Deployment"*), *Customer Needs Identification*, Clínica de produtos, *Benchmarking*

1.3. DFMA - *Design For Manufacturing And Assembling*

As necessidades do consumidor e as especificações de produto são muito úteis durante a fase de concepção de um novo produto, entretanto, para que um novo produto tenha sucesso tanto na fabricação (projeto, montagem, qualidade, custo e manutenção) como durante a comercialização, são necessários alguns métodos que garantam que o produto atenda as premissas básicas de projeto (requisitos de qualidade, custo e montagem facilitada).

Como metodologia mais comum para que um projeto atinja suas metas e tenha sucesso, o DFMA (*Design For Manufacturing and Assembling*) apresenta papel de destaque.

A metodologia DFMA visa, durante as fases iniciais de projeto (Figura 1), onde os custos de modificações de projeto são muito baixos, especificar características que visam reduzir custos de fabricação (materiais, reduções de custo, número de componentes, componentes padronizados) e custos de montagem (redução de tempos de montagem, de número de operações e facilidades para a montagem).

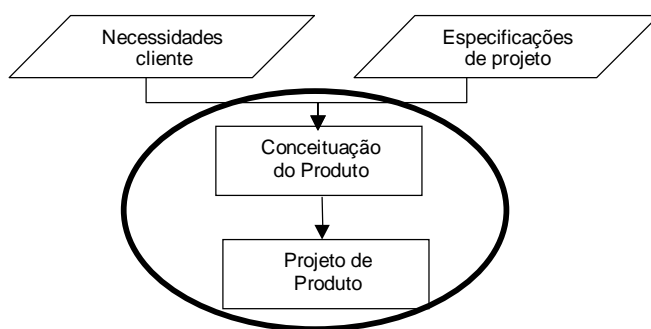


Figura 1 – Fase de Projeto onde o DFMA deve ser aplicado

Utilizando-se de: *Informações de Projeto* (traduzidas das necessidades do cliente para informações de projeto), *Informações Comerciais* (custos, lotes econômicos, vendas/mês), *Conhecimentos dos Processos de Fabricação* (tempos de fabricação, processos internos, inventário, chão de fábrica) e aliados a *Times Multifuncionais* (PDT), a metodologia DFMA visa principalmente: *Estimativa de Custos de Manufatura*, *Redução de Custos de Componentes*, *Redução de Custos de Manufatura* e *Redução de Custos de Suporte*.

Como uma definição da metodologia DFMA, temos: “*Metodologia que visa a redução de custos (Manufatura e Montagem) e aumento de qualidade do produto e produtividade de montagem através de simplificações e soluções de projeto durante as fases iniciais de desenvolvimento.*”

A Metodologia DFMA

A análise de DFMA leva em conta a estrutura do produto, custos de componentes, custos de montagem, custos over-head (contingências) e características das operações de montagem.

Utilizando-se desses dados e partindo-se de algumas premissas básicas, são apresentadas sugestões para re-projeto que, após análise de viabilidade, podem ser implementadas no projeto.

As premissas básicas de análise podem ser divididas na análise de Componentes e Montagem, pois são as que contribuem com a maior parcela do custo do produto (Figura 2)

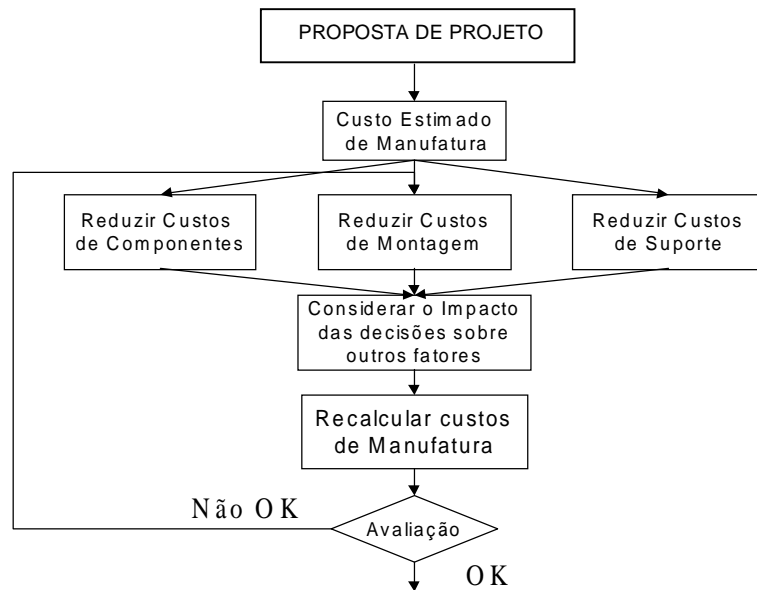


Figura 2 - Fluxograma da Metodologia DFMA (Ulrich e Eppinger)

1.4. Objetivos

Tendo como objetivo a análise do produto Secadora Centrífuga - produto em desenvolvimento na empresa Latina S.A., através da aplicação da metodologia DFMA, tendo como alvos principais: *Redução de custos de montagem, Redução do número de componentes, Melhorias nos processos de desenvolvimento ("time to market" / qualidade) e Padronização de componentes*

Este artigo busca explicitar uma aplicação prática da metodologia DFMA utilizando o software Design 4 da Boothroyd – Dewhurst como suporte, fornecendo subsídios reais ao re-projeto do produto e discutindo a eficácia da aplicação da metodologia DFMA e do software Design 4.

1.5. Aplicação Prática

A Latina S.A., fabricante de eletrodomésticos em São Carlos - SP, em parceria com a USP - Universidade de São Paulo procurou demonstrar a aplicabilidade prática da metodologia DFMA assistida pelo software Design 4, comprovando a eficiência do método aplicado e dos resultados obtidos.

2. PRODUTO

O produto analisado - Secadora Centrífuga -, eletrodoméstico usado no auxílio a secagem de roupa através do sistema de centrifugação apresentando como principais características básicas a serem atendidas durante o desenvolvimento do produto: menor custo, menor número de peças, montagem facilitada, aumento do número de componentes padrão ou padronizáveis e integração de componentes.

3. SOFTWARE

Para auxílio na aplicação da metodologia DFMA foi utilizado como suporte o software Design 4 da empresa Boothroyd–Dewhurst, Inc. que leva em conta as seguintes características dos componentes do produto: *Estrutura de produto* (“*Bill of Materials*” - *dividida em todos os subconjuntos*), *Custo de componentes e Custo de ferramental para fabricação*. Dentre as características de operações, o software utiliza: *Número de repetições das operações*, *Critério do número mínimo de peças*, *Dimensões*, *Inserção / montagem de componentes (dificuldades de manuseio e inserção)*, *Manipulação de ferramental / dificuldades*.

4. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

A aplicação da metodologia DFMA levou em conta o pré projeto da Secadora Centrífuga. Para o re-projeto do produto, a fim de que este atendesse as premissas de desenvolvimento, foi aplicada a metodologia DFMA de Boothroyd – Dewhurst no pré projeto existente.

No desenvolvimento deste tópico será analisado o pré projeto (chamado aqui de projeto inicial), os itens passíveis de modificação (modificações indicadas pela metodologia e pontos críticos identificados durante o processo) e o projeto resultante (projeto final).

4.1. Projeto inicial

Da lista de materiais estruturada nível a nível são retirados os elementos básicos para aplicação da metodologia. Dentre os vários itens do projeto inicial podem ser destacados como principais os descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Características dos principais itens do projeto inicial.

#	Parte	Material	Observação
01	Conjunto: Gabinete	Polipropileno injetado	Gabinete em peça única injetada
02	Conjunto: Cesto	Polipropileno injetado	Componente injetado composto de Anel de Reforço e Cesto
03	Conjunto: Base	Polipropileno injetado	Base em peça única injetada
04	Conjunto: Motor		Motor de indução com frenagem mecânica por sapata acionada por cabo
05	Conjunto: Amortecedores	-Borracha -Aço mola -Nylon	Sistema de amortecimento com coxins em borracha, mola interna e suporte superior / inferior da mola
06	Conjunto Freio	-Aço -Manta amianto -Cabo aço - Zamac	Sistema de frenagem composto por sapata com acionamento através da abertura da tampa, haste de acionamento e tambor de freio.
07	Fixação: Eixo do Cesto / Motor	Zamac injetado	Flange de união com função também tambor para o freio
08	Fixação: Elementos diversos	Aço (parafusos)	Utilização de parafusos para união entre todos os elementos do produto

4.2. Modificações sugeridas

Como resultado imediato da aplicação da metodologia DFMA, obteve-se as seguintes propostas de modificação:

- a) Reduzir / eliminar os elementos de fixação (parafusos) e/ou sua substituição por elementos tipo “snap-fit”.
- b) Melhorar as conexões e roteamento de cabos a fim de eliminar operações que não agregam valor significativo ao produto.
- c) Melhorar os sistemas de encaixe / posicionamento para evitar que o operador tenha necessidade de realizar “encaixes forçados”.
- d) Acrescentar chanfros/guias para facilitar o auto alinhamento de peças durante a montagem.
- e) Re-projetar os itens e/ou melhorar as operações que causam dificuldade de acesso e/ou restrição de visualização da operação.
- f) Modificar materiais que possam causar dificuldade de manuseio e/ou melhorar armazenagem facilitando o manuseio.
- g) Re-projetar peças que tenham dificuldade de inserção.
- h) Melhorar itens que possam causar dificuldades ergonômicas ao operador.
- i) Eliminar itens de conexões entre elementos mecânicos.
- j) Modificar projeto / operação de montagem para eliminar re-orientações de peças durante a montagem.
- k) Reduzir materiais quando for possível (substituir espessura por nervuramento em componentes plásticos por exemplo).
- l) Integração de componentes.
- m) "*Net shape*".

4.3. Projeto final (re-projeto)

Da análise das propostas apresentadas pela metodologia DFMA para os itens do projeto com possível ganho (seja o ganho em material ou processo), sofreram modificações (re-projeto / substituição / retirada):

- a) **Tampa Superior:** modificação de desenho e re-projeto do sistema de inserção das dobradiças. Ganhos: Reduções de peso, custo da peça, custo de ferramental e melhoria no processo de montagem.
- b) **Emblema:** retirado emblema e incorporada grafismo à tampa. Ganhos: redução de custo e redução de 1 operação e redução de item de inventário.
- c) **Topo:** modificação de desenho e re-projeto do sistema de fixação por parafusos para sistema “snap-fit”. Ganhos: Eliminação de 06 parafusos pela inclusão de encaixes tipo “snap-fit”, redução de custo da peça e do ferramental, melhoria no processo de montagem e eliminação de operação de re-orientação.
- d) **Suporte do Interruptor:** eliminação deste item através da fixação direta do interruptor no topo. Ganhos: Eliminação de 02 parafusos, redução de custo , eliminação de 1 operação, redução de item de inventário.
- e) **Conjunto Sanfona de Vedação / Bucha sanfona / Suporte sanfona:** eliminação dos itens através da modificação do sistema de suspensão do motor. Ganhos: redução de custos de produto, eliminação de 3 operações, redução de 3 itens de inventário.
- f) **Haste do Freio / Freio:** eliminação do sistema de freio mecânico pela substituição pelo sistema de freio elétrico (mais detalhes no item Motor). Ganhos: redução de custos do produto, eliminação de operações e melhoria na segurança do produto (sistema de

acionamento do freio por haste pode causar problemas de segurança ao usuário), redução de itens de inventário.

g) Cesto: re-projeto, visando modificação e integração do componente (“*net shape*”), buscando redução de peso e otimização de material, modificação no sistema de fixação pela eliminação da flange entre o motor e cesto e substituição por porca fixada diretamente no eixo do motor. Ganhos: redução de custo de ferramental, melhoria do processo de montagem, redução de custo por peça, redução de operações, redução de item de inventário e montagem facilitada.

h) Gabinete: re-projeto, modificação do material de plástico (PP) para chapa pré-pintada, modificação do encaixe para a tampa traseira, inclusão de encaixes tipo “*snap-fit*” para topo e base. Ganhos: redução de custo de ferramental, melhoria do processo de montagem, eliminação de elementos de fixação, melhoria na estabilidade e robustez do produto.

i) Tampa Traseira: re-projeto, modificação de material de polipropileno injetado para chapa laminada de poliestireno e modificação no sistema de encaixe para fixação por adesivo. Ganhos: eliminação de ferramental, melhoria do processo de montagem, eliminação de operações, eliminação de elementos de fixação, redução de item de inventário, facilidade de manutenção.

j) Rede Elétrica: modificação dos conectores e terminais de conectores para conectores duplos e triplôs. Ganhos: melhoria no processo de montagem.

k) Mangueira de Drenagem: modificação do tipo de conexão e modo de estocagem. Ganhos: melhoria processo de montagem e facilidade de manuseio da peça.

l) Tambor do Freio: eliminação do item devido a modificação do sistema de freio, optando-se por freio elétrico. Ganhos: redução de custo, melhoria no processo de montagem eliminação de operações e eliminação de elementos de fixação.

m) Motor: substituição do tipo de motor de indução para motor de escova (universal), possibilitando obter-se controle preciso de rotação (não ficando atrelado as rotações impostas pelos motores de indução) e possibilidade de frenagem elétrica pela inversão da passagem de corrente elétrica além da eliminação de capacitor, necessário para motores de indução. Ganhos: redução de custo, aumento de eficiência, diminuição de peso, eliminação do item capacitor e do sistema de frenagem mecânica, eliminação de operações, melhoria na segurança nas frenagens e redução de itens de inventário.

n) Suporte do Motor: re-projeto, adequação ao novo motor, redução da espessura de chapa e modificação do sistema de encaixe nos coxins. Ganhos: redução custo, redução de peso, melhoria no processo de montagem.

o) Coxins: re-projeto, eliminação dos suportes superior e inferior do coxim eliminação de molas e modificação do sistema de fixação, tornando o coxim uma peça única. Ganhos: redução de custo de produto e de ferramental, diminuição de peso, eliminação de 3 parafusos redução de itens de inventário, redução de vibração, eliminação de 02 operações e melhoria no processo de montagem.

p) Base: re-projeto, modificação de desenho, pés de borracha injetados pelo sistema de co-injeção (injeção de 2 materiais diferentes na mesma cavidade do molde), modificação do sistema de fixação para sistema “*snap-fit*”. Ganhos: Eliminação de 10 parafusos pela inclusão de encaixes tipo “*snap-fit*” e pela eliminação dos pés de borracha, redução de custo da peça, redução de itens de inventário, melhoria no processo de montagem ,eliminação de operação de re-orientação.

5. Resultados – Apresentação

Da análise DFMA feita para o produto em questão, com aplicação dos mesmos parâmetros para análise (Boothroyd - Dewhurst) em ambos os casos, projeto original e final, chegou-se aos índices comparativos de melhoria de projeto conforme Tabela 2 e Figura 3 e 4.

Tabela 2 – Análise do Produto Original x Projeto Modificado

Item	Projeto Original	Projeto Modificado	Diferença
Número de Parafusos / Porcas	28	6	-70%
Número de peças por produto	66,00	23,00	-61%
Tempo montagem total teórico(s)	385,56	123,95	-68%
Tempo de montagem de cabos elétricos teórico (s)	55,28	15,95	-71%
Índice DFA	17,21	44,84	161%

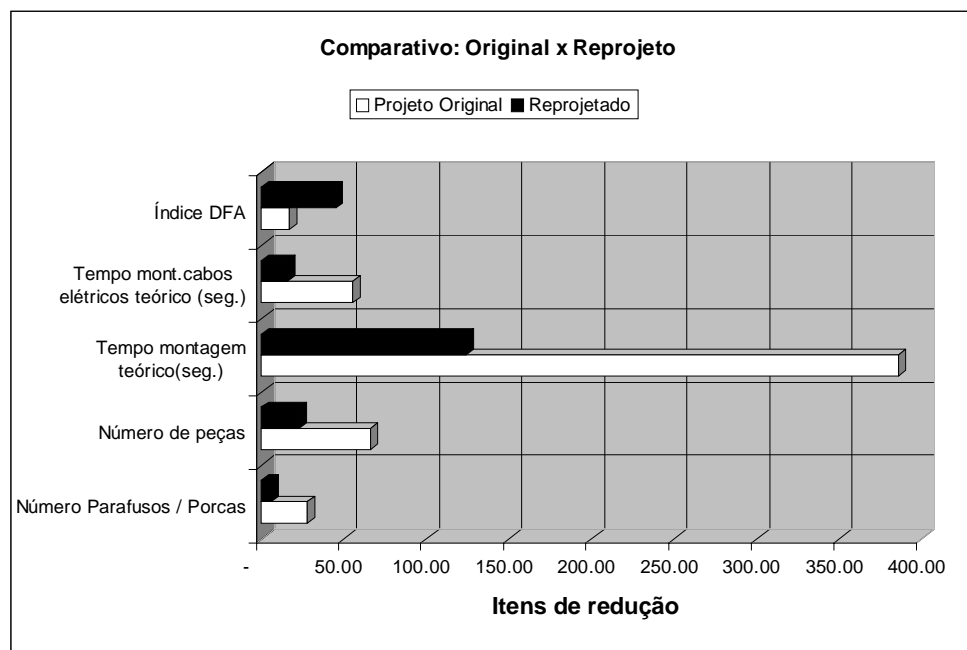


Figura 3 – Comparativo Projeto Original x Final

Visualmente, as modificações implementadas apresentam-se muito claras, conforme pode ser observado na Figura 4 e 5, onde pode ser observada a redução do número de itens a simplificação do projeto, facilitando a montagem, diminuindo itens de inventário e reduzindo custos.

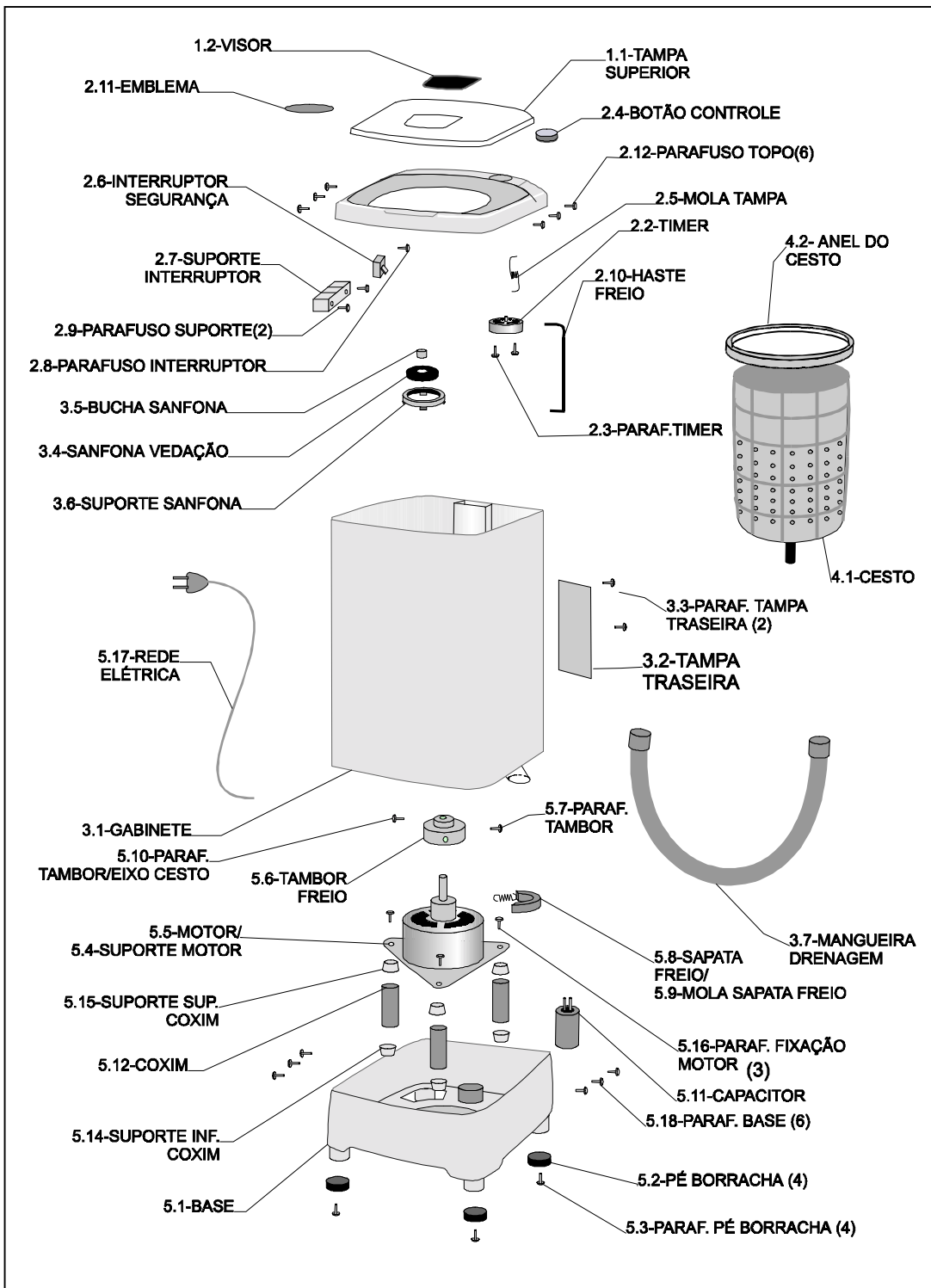


Figura 4 - Projeto Original

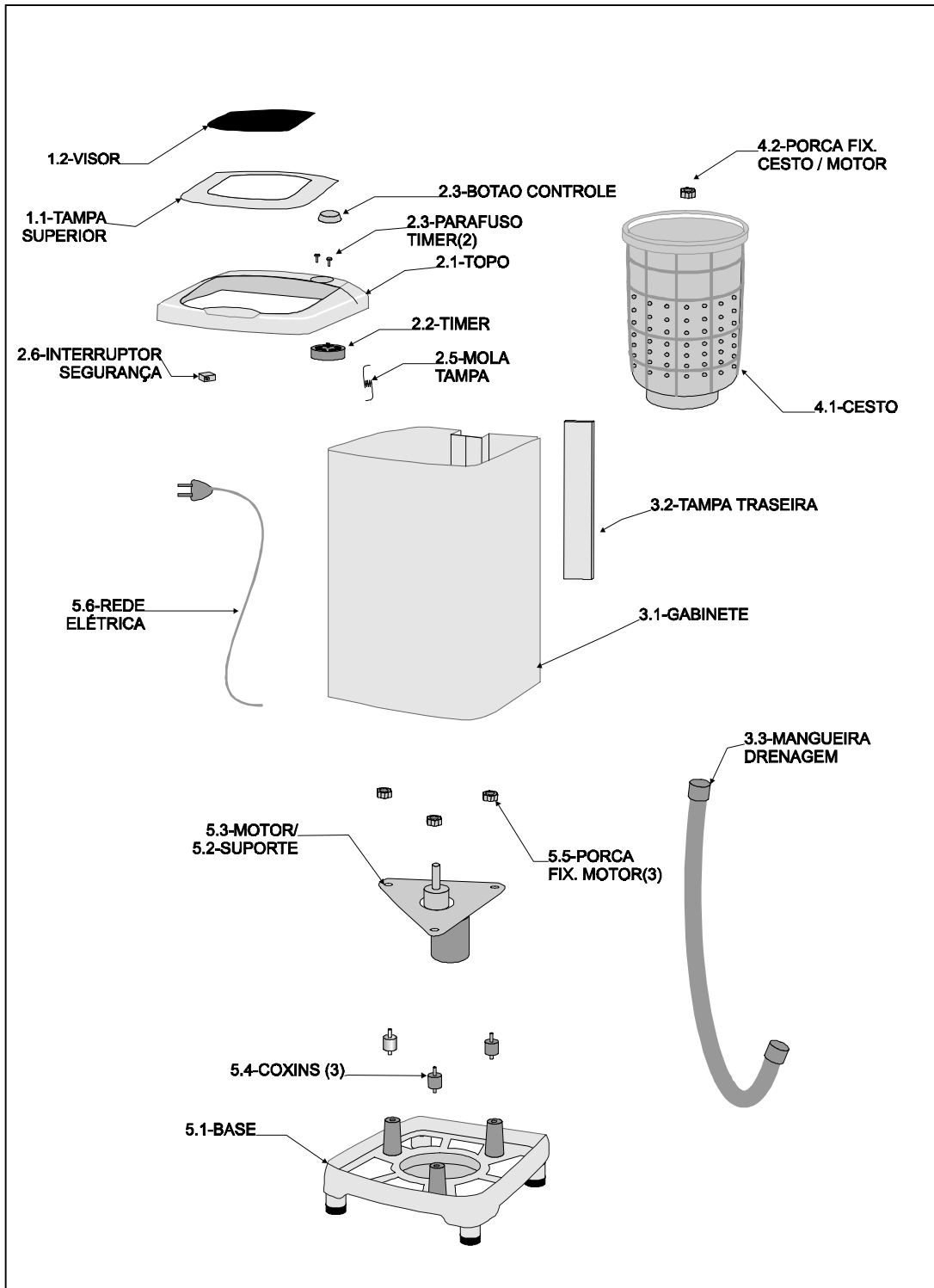


Figura 5 - Projeto Modificado através da aplicação de DFMA

Conforme pode ser constatado, a simplificação do projeto, reflete a eficiência das modificações implementadas, onde ficou claro que muitos dos itens do projeto original tornaram-se desnecessários conforme Figura 6.

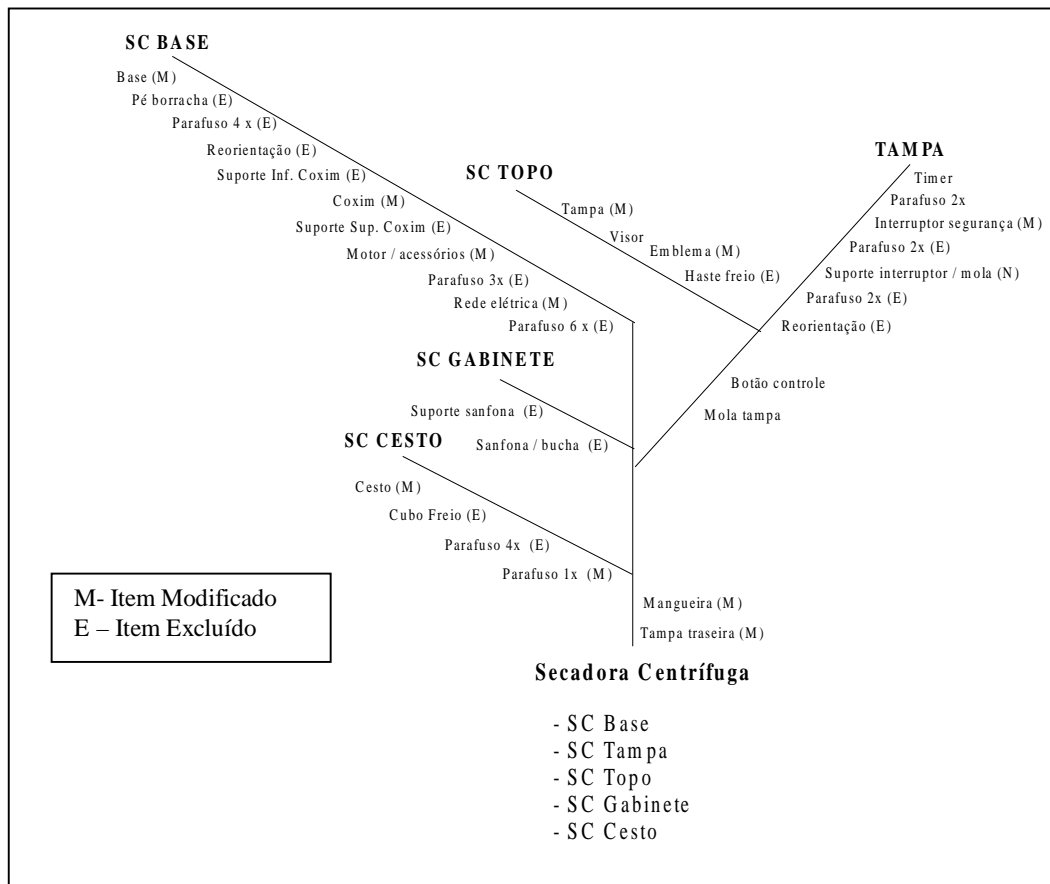


Figura 5 – Estrutura de montagem de produto demonstrando os itens excluídos e modificados

6. Conclusões

A utilização da metodologia DFMA em conjunto com o software Design 4 contribuiu para a estruturação da análise do projeto da Secadora Centrífuga ao apresentar uma sugestão para a sequência de passos a ser adotada no re-projeto do produto. Além disso disciplinou o aspecto quantitativo inerente a questão, fornecendo índices preestabelecidos para o auxílio na tomada de decisão. O software utilizado apresenta eficiente interface gráfica tornando a sua utilização amigável assim como uma ampla base de dados (com possibilidade de acréscimo de bibliotecas pelo usuário) acelerando a tomada de decisões e facilitando o entendimento dos conceitos envolvidos na análise das características do produto e seus respectivos processos de montagem.

É importante salientar que somente a aplicação pura e simples da metodologia DFMA pode levar a resultados muitas vezes errôneos provenientes do não conhecimento da realidade dos processo de fabricação e do patamar tecnológico no qual a empresa se encontra. Para evitar erros de tomadas de decisão, a utilização de experiências anteriores da empresa devidamente registradas e comprovadas em outros projetos é necessária, além da bagagem

técnica dos responsáveis pelo projeto, que devem ter conhecimentos dos conceitos básicos da metodologia DFMA e de todos os processos internos e tecnológicos da empresa.

Agradecimentos

Agradecemos a FAPESP (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo apoio financeiro, a Latina S.A. por fomentar a pesquisa e fornecer subsídios para a realização do trabalho, ao Núcleo de Manufatura Avançada – USP por possibilitar a implantação do Software Design 4 e ao FINEP por possibilitar a compra do Software para o Departamento de Engenharia Mecânica da USP - Campus São Carlos.

REFERÊNCIAS:

Ullman, David G., 1992, The Mechanical Design Process.

Ulrich, Karl T. e Eppinger, Steven D., 1995, Product Design and Development.

Scheidler, Herwig e outros, May/1998, Future Success in the Appliance Business – Appliance Magazine,

Hughes, C.E., 1996, Design products for maximum customer satisfaction – publicação Black and Decker / IEE

Boothroyd–Dewhurst Inc, Design 4, Manuais e Handbooks

DFMA IN ACTION: THE METHODOLOGY APPLIED IN A SPIN DRIER DEVELOPMENT

Abstract. *For a market and engineering success product, it is necessary, in manufacturing (concept, design, assembling, costs, maintenance, etc.) and in sales process, some methodologies (practices) during the product development process that guarantee the product basics specifications will be kept (quality, costs, assembling, etc.). Among those practices used for assist the product development, the DFMA (Design for Manufacturing and Assembling) presents a highlight position, making the development process reach the stablished goals easy. The DFMA methodology consist in, during the concept development phase, (when the product's specifications is being determined and the modification costs are not so higher), establish some characteristics that will help to reach the manufacturing and assembling cost reduction, the easy assembling process, reduce number of components, use more standard components as possible and reduce the complexit of product. When is possible to use a specific software to help the product development process, the choices of success are higher increased. In DFMA, the Boothroyd and Dewhurst methodology (used in this paper) is very facilitated by using the Deign 4 software to determine the estimating manufacturing costs, reducing components and in product optimization. This papers describe the application of DFMA methodology as well the using of Design 4 software, in a real product valuation (Spin Drier), in development by Latina S.A. company (headquarter in São Carlos - SP) presenting real results and discussing the efficiency of DFMA methodology and the Design 4 software.*

Key words: *DFMA, Cost Reduction, Product development.*