

ESTUDO DA MODULARIZAÇÃO DA BASE DO COMPRESSOR PARA REFRIGERADORES ELETRODOMÉSTICOS

Carlos Ramos

Sociedade Educacional de Santa Catarina
Instituto Superior TUPY
R. Albano Schmidt , 3333 – CEP: 89227-700 Joinville
carlos.ramos@multibras.com.br

Marcio Schulze

Sociedade Educacional de Santa Catarina
Instituto Superior TUPY
R. Albano Schmidt , 3333 – CEP: 89227-700 Joinville
marcio.schulze@multibras.com.br

Carlos Maurício Sacchelli

Sociedade Educacional de Santa Catarina
Instituto Superior TUPY
R. Albano Schmidt , 3333 - CEP: 89227-700 Joinville
sacchelli@sociesc.com.br

Marzely Gorges Farias

Sociedade Educacional de Santa Catarina
Instituto Superior TUPY
R. Albano Schmidt , 3333 – CEP: 89227-700 Joinville
marzely@sociesc.com.br

Resumo. *O presente trabalho tem como objetivo analisar a modularização da base do compressor (BC) para refrigeradores eletrodomésticos. O processo de padronização e escolha dos componentes seguiu uma técnica baseada na organização das idéias encontradas nas ferramentas da qualidade, na qual é evidenciada na matriz de relação para a tomada de decisão, onde se fez o cruzamento das alternativas com os critérios adotados. Esta forma de decisão possibilitou melhor a fundamentação e a visualização do agrupamento funcional e, conseqüentemente, na escolha do melhor componente para ser usado na BC modular. Objetivou-se reduzir a quantidade atual de 6 BCs pela padronização de componentes tais como: recortes, repuxos, rasgos e formas geométricas com funções. Ao final, concluiu-se, que é possível modularizar e chegar a 3 bases compressores - BCs, padronizando os componentes internos a ela e direcionando a confecção das BCs em uma nova ferramenta de estampo progressiva, também modular.*

Palavras-Chaves: *Modularização, base do compressor, ferramentas da qualidade.*

1.INTRODUÇÃO

A crescente preocupação pela preservação ambiental transformou-se em um grande desafio para as empresas de manufatura, em especial para a cadeia do setor eletrodoméstico (linha branca), ao passo que elas estão se defrontando com novas exigências sociais e legais de seus consumidores e

dos organismos internacionais, preocupados com a qualidade ambiental do produto ou serviço consumido.

Para responder a essa nova realidade, as empresas precisam incorporar ao seu sistema produtivo a filosofia da produção mais limpa, que busca melhorar continuamente a interação ao meio ambiente à engenharia de produtos e de processos - condizente com os princípios do desenvolvimento sustentável, que não se opõe ao desenvolvimento econômico, pois este também é necessário para o atendimento das necessidades das futuras gerações, mas exige estratégias para maximizar o valor agregado, reduzindo o consumo de recursos e de energia (Provost)⁽¹⁾.

Produção mais limpa é um passo importante para o desenvolvimento sustentável. O conceito de Produção mais Limpa foi criado pela UNEP (*United Nations Environmental Program*)⁽²⁾ em 1989. Segundo a UNEP, a Produção mais Limpa é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva e integrada, aplicada a produtos, processos e serviços. Incorpora o uso mais eficiente dos recursos naturais e, conseqüentemente, minimiza a geração de resíduos e poluição, bem como os riscos à saúde humana. Para **produtos**, a P+L inclui a redução dos efeitos negativos do produto ao longo de seu ciclo de vida, desde a extração das matérias-primas até a disposição final do produto, que se realiza com os avanços da ciência e da tecnologia nos projetos dos produtos postos no mercado. Isto exige que a equipe técnica envolvida formada por designers, engenheiros, técnicos, fabricantes e seus fornecedores avancem profundamente em seus conhecimentos, aliando ao processo criativo a processos sistemáticos e metodológicos sob os aspectos técnicos, legais e políticos, bem como as exigências de organizações governamentais e não governamentais. Isto visa solucionar problemas com níveis de complexidade mais elevados, buscando agilidade, flexibilidade e menores custos de produção. A utilização de técnicas de projeto destinada a criar uma variedade de produtos a partir da combinação de grupos de componentes intercambiáveis e funcionalmente independentes entre si tem obtido grandes êxitos sob todos aspectos vitais para a sustentabilidade do negócio da empresa e do meio ambiente.

Buscando contribuir e atingir os objetivos propostos do desenvolvimento sustentável, utilizar-se-á o estudo de sistemas modulares, suas origens e os aspectos gerais sobre o projeto de produtos modulares como, por exemplo, o fluxo do processo de projeto para produtos modulares, as fases de um projeto de produto, a metodologia de projeto de sistemas modulares; e as ferramentas de decisão. Como ilustração será apresentado um estudo de caso realizado em empresa do setor eletrodoméstico, onde constatar-se-á a viabilidade técnica da modularização das bases do compressor, onde foram empregadas soluções simples e práticas, visando a padronização das particularidades dos componentes, mantendo as melhores características para atender as necessidades de fabricação, de montagem e de desmontagem.

1.1 Origem

As empresas vêm percebendo que para sua efetiva permanência no mercado é preciso conhecer as necessidades dos seus clientes, buscar a satisfação e os desejos dos consumidores. Para tanto, muitas empresas passaram a utilizar técnicas de projetos destinadas a criar uma variedade de produtos a partir da combinação de um grupo de componentes intercambiáveis com funções independentes conhecida por projeto de sistemas modulares.

Ressalta-se que no início do século XX, acadêmicos de gerenciamento de produção estavam pesquisando como funcionaria a combinação da entrada de vários elementos diferentes num sistema de transformação e, ao mesmo tempo, como produzir um fluxo de unidades de saída, a partir dessa entrada, que fossem suficientemente similares, para serem intercambiáveis. A partir desse momento, começou-se a cunhar o que mais tarde ficaria conhecido por produção em massa (*learn manufacturing*).⁽³⁾

A utilização de sistemas modulares, não é recente, pesquisadores como Shaker & Greenwald in Maribondo⁽³⁾ relatam que, durante a Segunda Guerra Mundial, objetivando transportar tropas e máquinas de guerra sobre rios e córregos, foi construída a Ponte Bailey, baseada num projeto modular de fácil e rápida montagem e de baixo custo, se comparado à construção de pontes convencionais de concreto. Ainda durante a segunda grande guerra surge os conceitos de

intercambiabilidade e fixação modular.

A origem e o desenvolvimento dos sistemas modulares de acordo com Romano in Maribondo⁽³⁾ se dá nas indústrias de móveis e de automóveis americana. Ressaltando que durante as décadas de 50 e 60 o projeto de sistemas modulares foi a "mola propulsora" para estimular as vendas de automóveis nos Estados Unidos da América. Para as indústrias automobilísticas, o surgimento desse sistema tornou possível oferecer aos clientes uma grande variedade de modelos, dando-lhes a oportunidade de criar seu próprio automóvel.

As motivações no uso deste conceito são ligadas às necessidades de melhorar o desempenho, quanto a modificação da configuração do produto, levando em conta a possibilidade que o consumidor tem de personalizar seu produto. Além disso, existem outros aspectos importantes no desenvolvimento de produtos modulares, que é a comercialização. As exigências do mercado globalizado promovem o debate sobre o uso de tecnologias integradas desde o desenvolvimento do produto até o descarte, processos de fabricação adequados ambientalmente a partir de produtos projetados para o meio ambiente (Ecodesign)

Com relação ao processo produtivo, pode-se dizer que a utilização de produtos modulares é caracterizada por: facilidade de produzir uma variedade de bens a baixo custo e em menos tempo; produzir produtos com elevada qualidade ambiental, e ter a flexibilidade do processo de produção, atendendo de forma rápida as alterações do produto e do processo.

1.2. Modularidade

Segundo Bitencourt, Ogliari e Forcellini⁽⁴⁾ o termo modularidade “no contexto da manufatura (...) refere-se ao uso de *unidades intercambiáveis*, para criar uma variedade de produtos. Independentemente do contexto, a independência de componentes é a propriedade de um projeto que leva a *padronização e a intercambiabilidade* (variedade)”.

Vislumbra-se a modularidade como a qualidade de um sistema em seccionar partes independentes ou módulos, que podem ser tratadas como unidades lógicas. A modularidade está interligada como a maneira pela qual o produto é fisicamente separado em componentes. Portanto, é uma propriedade ou atributo relativo, ou seja, os produtos não podem ser classificados como modulares ou não, mas se exibem com mais ou menos modularidade no projeto.

Segundo Ulrich in Forcellini⁽⁵⁾, “o aproveitamento da padronização de componentes para a obtenção da variedade de produtos, permite a classificação de cinco tipos de modularidade, que podem ser encontradas no ambiente industrial”. Sendo elas as modularidade em: **i) permutar componentes, ii) compartilhar componentes, iii) adaptar para a variedade, iv) através de barramento e v) seccional.**

Maribondo⁽³⁾, prescreve um modelo de projeto destinado a auxiliar os projetistas a desenvolver sistemas modulares e a orientar tal equipe a sair do campo das idéias (campo abstrato) para direcionar ao campo físico (campo concreto), através de um processo de coleta e transformação de informações, que culminará em prescrições de engenharia e, conseqüentemente, em informações úteis para o desenvolvimento desse tema de projeto (sistemas modulares). Este modelo é composto das fases: informacional, conceitual, preliminar e detalhado.

Na fase conceitual, que segundo Maribondo⁽³⁾, é necessário estabelecer as estruturas funcionais do sistema modular, estabelecer as concepções que melhor atendam as necessidades do projeto. Moura⁽⁶⁾ e Dellaretti⁽⁷⁾ utilizam as seguintes ferramentas: a) Diagrama de relações; b) Diagrama de afinidades; c) Diagrama em árvore; d) Matriz de priorização; e) Matriz de relações; f) Diagrama PDPC; e, g) Diagrama de atividades.

2. ESTUDO DE CASO

A BC, objeto de estudo, é uma peça que é montada em refrigeradores domésticos, com a função primária de suportar o compressor; e, função secundária, estruturar o produto e em alguns casos suportar rodízios, suportar o produto entre outros. Esta peça é montada na parte inferior traseira do refrigerador.

O foco do estudo será a verificar a viabilidade técnica de modularização da BC dos seis modelos de refrigeradores, que hoje possuem uma BC para cada modelo, como também a padronização dos componentes já existente.

3.1. Situação atual

O estudo considera seis modelos de refrigeradores denominados de: Op, Fr, Sp, Sg, Mp e Mg de acordo com a Figura 01. Devido a isto e a particularidades de cada modelo, existem várias BCs para atendê-los. A multiplicidade de BCs geram as perdas de tempo na troca de ferramentas de estampo, o custo de estoque necessário para manter as peças disponíveis como estoque de segurança e o de administração.

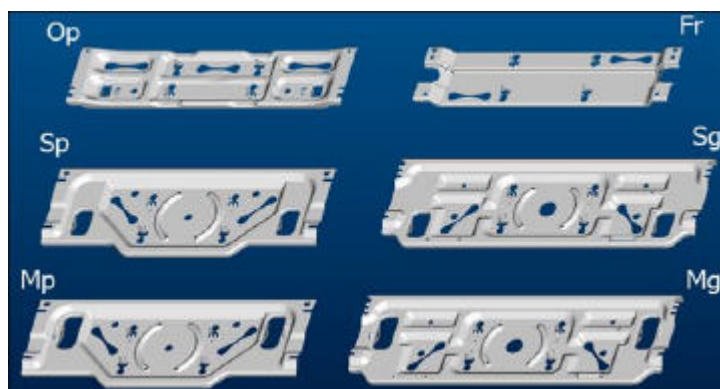


Figura 01- Modelos de BCs de refrigeradores.

A Tabela 01 demonstra que os modelos possuem suas BCs específicas (A, B C, D, E e F), porém as ferramentas de estampo do modelo Sp com o Mp (ferramenta 3) e Sg com o Mg (ferramenta 4) são as mesmas, o que ocorre devido a possibilidade que a ferramenta de estampo oferece de executar ou não determinado componente ou de executá-lo em posição diferente. Conclui-se que há quatro ferramentas de estampo para produzir seis BCs.

Tabela 01- Comparação do modelo do refrigerador versus largura, BC e ferramenta de estampo.

Modelo do Refrigerador	Op	Fr	Sp	Sg	Mp	Mg
Largura (mm)	611	550	611	691	592	691
Base do Compressor	A	B	C	D	E	F
Ferramenta de Estampo	1	2	3	4	3	4

O estudo a ser realizado se concentrará na fase informacional, da metodologia de desenvolvimento de projeto, sendo salientado que na concepção da BC é imprescindível os itens: a) não propagação de ruído; b) estar estruturada para resistir esforços pertinentes; c) estar estruturada para suportar todos os modelos de compressores de refrigeradores eletrodomésticos; d) não presença de arestas cortantes; e) de fácil montagem; f) ter ergonomia no posto de montagem; e, g) custo inferior a BC mais barata.

Na fase seguinte, se faz necessário conhecer os componentes de cada BC, e posterior agrupamento para a definição dos mesmos, que irão formar a BC modular. Para esta definição usar-se-á uma das ferramentas de tomada de decisão.

2.2. Conhecendo os componentes

Para melhor entender cada componente de uma BC, apresenta-se, na Figura 02, escolhido de forma aleatória, a BC do refrigerador Sp. Cada componente da BC possui uma numeração e sua função está descrita na Tabela 02.

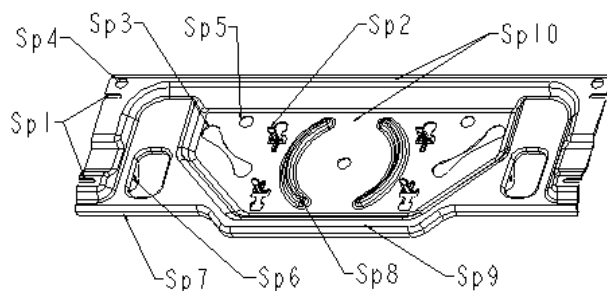


Figura 02- Base do compressor modelo Sp

Tabela 02- Função dos componentes que fazem parte das BCs.

Componentes	Descrição Funcional
1	Fixa a BC ao gabinete, ao pé metálico através de 4 parafusos.
2	Lingüeta que guia e posiciona o compressor.
3	Tira retirada para a fixação do compressor.
4	Alívio para impedir interferência com uma saliência existente no pé metálico.
5	Furo de processo que serve de indexador para o passo seguinte.
6	Local onde é montado o rodízio e o eixo do rodízio.
7	Flange longitudinal que serve para estruturação e acabamento.
8	Reforços que visam estruturar a BC.
9	Utilizado para ganhar largura evitando o rebaixo do flange longitudinal.
10	Diferença entre os dois planos indicados, necessários para haver espaço para o compressor.
11	Haste que serve como limitador do eixo do rodízio após sua montagem.
12	Furos para fixação do módulo compressor.
13	Alívio para montagem do pé nivelador ao pé metálico.

A Tabela 03 relaciona cada componente e a sua existência ou não em cada modelo de produto, como por exemplo, o modelo Fr, não possui os componentes 5 e 6.

Tabelas 3- Relação entre as estruturas funcionais dos produtos

Componente	Modelo					
	Op	Fr	Sp	Sg	Mp	Mg
1	Op1	Fr1	Sp1	Sg1	Mp1	Mg1
2	Op2	Fr2	Sp2	Sg2	Mp2	Mg2
3	Op3	Fr3	Sp3	Sg3	Mp3	Mg3
4	Op4	Fr4	Sp4	Sg4	Mp4	Mg4
5	Op5	-	Sp5	Sg5	Mp5	Mg5
6	Op6	-	Sp6	Sg6	Mp6	Mg6
7	Op7	Fr7	Sp7	Sg7	Mp7	Mg7
8	Op8	Fr8	Sp8	Sg8	Mp8	Mg8
9	-	-	Sp9	Sg9	Mp9	Mg9
10	Op10	Fr10	Sp10	Sg10	Mp10	Mg10
11	Op11	-	-	-	Mp11	Mg11
12	-	-	-	Sg12	-	Mg12
13	-	Fr13	-	-	-	-

2.3. Aplicação da ferramenta de decisão

A ferramenta de decisão que será utilizada para escolha do melhor componente é a matriz de relação, por se mostrar mais adequada e simples.

Foram então realizadas uma série de tabelas a fim de auxiliar na decisão de qual alternativa cujos componentes são comuns e que melhor cumprirá a função na BC modular. Os componentes 2, 3, 4, 5, 7, 9 e 13, não necessitam de análise, pois já estão padronizadas ou a sua função pode ser agregada a BC modular.

Um exemplo de uma tabela realizada, pode ser visualizada na Tabela 4, que apresenta os critérios exigidos com o cruzamento das alternativas existentes segundo a pontuação alcançada, o componente que melhor atende ao projeto da BC modular é o componente 1 das BCs Sp, Sg, Mp e Mg. As demais tabelas e análises podem ser encontradas em Schulze e Ramos.⁽⁸⁾

Tabela 4- Matriz de relação do componente 1.

Critérios	Peso (%)	Alternativas					
		Rasgo (Sp1, Sg1, Mp1, Mg1)		Furo (Fr1)		Furo e rasgo (Op1)	
		Valor	Peso X Valor	Valor	Valor X Peso	Valor	Valor X Peso
Absorver variação de largura	10	10	100	5	50	5	50
Permitir fixação no pé metálico	15	10	150	10	150	10	150
Padronização	25	10	250	5	125	5	125
Facilitar montagem	10	10	100	5	50	5	50
Facilitar manufatura	15	10	150	10	150	10	150
Estruturar BC	15	2	30	2	30	2	30
Ergonômico	10	7	70	2	20	2	20
SOMATÓRIO	100%		850		575		575

Tabulando os resultados dos componentes já padronizados e os extraídos das matrizes de relação, chega-se aos dados apresentados na Tabela 5 e Figura 3, onde se podem visualizar os que irão compor o projeto modular final.

Tabela 05- Escolha da função

Componente	Componente escolhido					
	Modelo					
	Op	Fr	Sp	Sg	Mp	Mg
1			Sp1			
2				Op2		
3				Op3		
4				Op4		
5				Op5		
6	Op6					Sp6
7				Desenvolver flange rebordeado		
8				Op8 e Sp8		
9				Sem necessidade de existir		
10				Op10 (20mm)		
11	Mp11					Mp11
12				Sg12		
13						Fr13

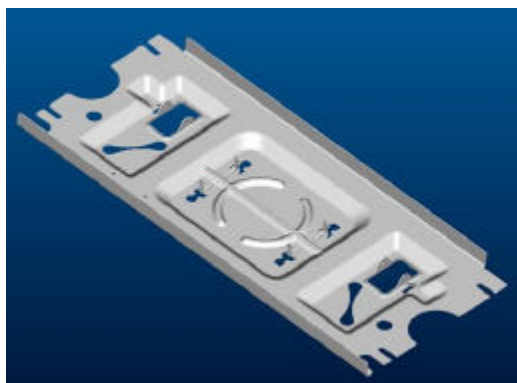


Figura 03- Base compressor modular conceitual final

3. CONCLUSÃO

Conclui-se ao fim deste trabalho que o projeto modular para as BCs é tecnicamente viável, obtendo-se uma única ferramenta modular, três BC para atender os seis modelos de refrigeradores.

A modularização é uma prática que traz ganhos econômicos e ecoeficientes para clientes e fornecedores, pois com uma ferramenta de estampagem modular, há redução nos recursos energéticos de materiais necessários a fabricação de determinada peça, pois a ferramenta pode ser utilizada para a confecção de vários tipos de peças, para produtos diferentes.

Do ponto de vista do planejamento da produção há também ganhos, pois uma mesma ferramenta atende vários tipos de modelos, não necessitando tempos de paradas de máquina para o ajuste de uma nova ferramenta.

A utilização da padronização das BCs do ponto de vista de redução de itens de estoque, também é significativa, pois não é necessário possuir seis itens diferentes no estoque.

Como os produtos que foram analisados neste trabalho, já se encontram em fase final do seu ciclo de vida, a fabricação da ferramenta modular não apresenta o retorno desejável, para o investimento necessário. Contudo, com este trabalho, a equipe de desenvolvimento incorporou no seu trabalho, a necessidade de se realizar a modularidade para os novos projetos como parte de sua estratégia para a ecoeficiência.

4. REFERÊNCIAS

1. PROVOST, M. **Le développement durable: concept, réactions et positions de l'entreprise**. Palestra na "École de design industriel – Université de Montreal", fev. 1998.
2. UNEP: United Nations Environmental Program – Disponível em: < <http://www.unep.org>>. Acesso em: 17 de agosto de 2004.
3. MARIBONDO, J. F. **Desenvolvimento de uma metodologia de projeto de sistemas modulares aplicada unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares**. Florianópolis - SC, agosto 2000. Bibliografia: pp. 277. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Unidade Federal de Santa Catarina.
4. BITENCOURT A. C. P, OGLIARI A., FORCELLINI F. A. **Sistematização do projeto conceitual de produtos para o meio ambiente**. in: III CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO. Florianópolis - SC, 27 set. 2001.
5. FORCELLINI F. A. **Projeto para manufatura**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Notas de aula, pp. 150.
6. MOURA, E.C. **As sete ferramentas da qualidade – implementando a melhoria contínua com maior eficácia**. São Paulo: Makron Books, 1994.

7. DELLARETTI O. F. **As sete ferramentas do planejamento qualidade**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1996.
8. SHULZE, M.; RAMOS, C. **Sistemas Modulares: Viabilidade técnica da modularização da base do compressor para refrigeradores eletrodomésticos**. Joinville - SC, dezembro 2003. Bibliografia: pp. 62. Trabalho de conclusão de curso. Curso de Tecnologia em Mecânica, Instituto Superior Tupy.

STUDY OF THE MODULAR REFRIGERATOR COMPRESSOR BASE

***Abstract:** The aim of this work is to analyze refrigerators compressor base-CB and the transformation of these bases into a modular system. The process of standardization and choice of the components followed a technique based on the organization of the ideas found in the tools of the quality, in which is evidenced in the matrix of relation for the decision making. CB for the standardization of components was objectified to reduce the current amount of 6 such as: clippings, drawing and geometric forms with functions. To the end, we concluded that it is possible to modularize and to arrive at the 3 compressing bases, standardizing the internal components and directing the confection of the CB in a new tool of gradual print, also modulated*

***Keywords:** Modular, compressor base, tools of the quality.*