

RAFAEL MONTEIRO DE BARROS FERRAZ DO AMARAL

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE DESIGN DE PRODUTOS NA OTIMIZAÇÃO DE
SUPRIMENTOS EM UMA INDÚSTRIA DE PANELAS DE PRESSÃO

São Paulo
2017

RAFAEL MONTEIRO DE BARROS FERRAZ DO AMARAL

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE DESIGN DE PRODUTOS NA OTIMIZAÇÃO DE
SUPRIMENTOS EM UMA INDÚSTRIA DE PANELAS DE PRESSÃO**

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do diploma
de Engenheiro de Produção

São Paulo
2017

RAFAEL MONTEIRO DE BARROS FERRAZ DO AMARAL

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE DESIGN DE PRODUTOS NA OTIMIZAÇÃO DE
SUPRIMENTOS EM UMA INDÚSTRIA DE PANELAS DE PRESSÃO**

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do diploma
de Engenheiro de Produção

Orientador: Prof. Doutor Eduardo de Senzi
Zancul

São Paulo
2017

Catalogação-na-publicação

Amaral, Rafael Monteiro de Barros Ferraz do
Análise da influência de design de produtos na otimização de
suprimentos em uma indústria de panela de pressão / R. M. B. F. Amaral --
São Paulo, 2017.
126 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1.Suprimentos 2.Design de produtos 3.DFMA 4.panelas de pressão
I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de
Engenharia de Produção II.t.

Dedico esse trabalho aos meus pais que sempre
me apoiaram ao longo da minha vida estudantil

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Eduardo de Senzi Zancul pela orientação e apoio transmitidos ao longo deste trabalho e também por servir de inspiração para jovens que admiram seu trabalho em prol do curso de Engenharia de Produção.

Aos meus pais, irmão e amigos por estarem presentes e me apoiarem ao longo de toda a minha graduação.

Às equipes da firma de consultoria em que trabalhei, que ajudaram muito tanto no meu desenvolvimento profissional quanto pessoal. Em especial, à Natália Wagner, Filipe Freire e ao Rafael Palacio, com quem tive o prazer de trabalhar em um projeto de *Procurement*, que serviu como inspiração para o tema deste trabalho de formatura.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo central aplicar conhecimentos e técnicas de design de produtos de forma a otimizar os gastos de Suprimentos em uma empresa de manufatura de panelas de pressão. Apesar da literatura reconhecer a importância e os impactos de ferramentas de engenharia de produção na gestão industrial, ainda hoje muitas empresas enfrentam dificuldades em sua implementação. Tal desafio é ainda mais latente em empresas pouco estruturadas, que historicamente se baseiam mais nas intuições de seus gestores do que em técnicas práticas para a tomada de decisões. A Alumínio Fulgor, empresa estudada neste projeto, enfrentava uma queda de competitividade no mercado nos últimos anos, em grande parte devido à sua estrutura de custos. Ademais, a crise econômica recente que atingiu o país fez com que a empresa, como várias outras empresas de menor porte, tivesse as suas vendas e, consequentemente, os seus resultados comprometidos. Esse contexto reforça a necessidade de se utilizar abordagens e soluções de engenharia de produção que otimizem sua estrutura de custos sem impactar a qualidade dos produtos fabricados.

Para auxiliar a empresa em questão, este trabalho partiu da análise da estrutura de custos com compra de materiais diretos a fim de identificar as principais categorias de itens adquiridos e as principais oportunidades de redução de custos. Com base em tal análise, foi estudado como o design do produto pode ser uma ferramenta importante para otimizar o custo de produção. Por meio da metodologia do *Design for Manufacturing and Assembly* (DFMA), uma nova arquitetura otimizada do produto foi proposta. Por fim, estimou-se a economia que tal alteração no projeto do produto representaria para o custo de produção unitário assim como para o orçamento anual de suprimentos da empresa.

É esperado que o trabalho possa gerar ganhos significativos à Alumínio Fulgor uma vez que o resultado deste estudo indica que é possível atingir uma economia de até 10,7% no custo de manufatura do produto por meio da ferramenta de design de produto.

Palavras-chave: Suprimentos, Design de produtos, DFMA, panela de pressão.

ABSTRACT

This work aims to apply product design techniques in order to optimize the Procurement expenses of a pressure cooker's manufacturing company. Even though the literature recognizes the importance and the impact that engineering tools have in the industrial management, there are a plenty of companies that face difficulties implementing them. This challenge is even harder for the less structured companies, which historically have leaned on their manager's intuition, rather than scientific techniques, to make strategical choices. Alumínio Fulgor, the company studied in this case, has been losing its competitiveness in the market for the last past years, specially due to its cost structure. Besides that, economic recession, which recently affected the country, compromised the company's revenues and consequently its net income. This context reinforces the need of engineering approaches and solutions to optimize the company's cost structure while not impacting the product's quality.

To help the company, this work initially analyzes its procurement cost structure in order to identify buying categories and their main cost reduction levers. Then, it was analyzed how product design can be an important lever to optimize the production cost. Through Design for Manufacturing and Assembly methodology (DFMA), a new optimized product architecture was proposed. Finally, it was estimated the savings, both in the unitary production cost and in the total procurement budget, that can be reached by the new product design.

It is estimated that this work might create substantial gains for Alumínio Fulgor, once its results indicate that it is possible to reach a potential savings up to 10,7% of the product's manufacture cost through the product design tool.

Key-words: Procurement, product design, DFMA, pressure cooker.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1-1 Máquina de estampagem.....	19
Figura 1-2 Torno mecânico.....	19
Figura 1-3 Acoplamento manual de asas	19
Figura 1-4 Depósito de produtos acabados	20
Figura 1-5 Rampa de expedição de produtos acabados	20
Figura 1-6 Diagrama de pareto do volume de panelas produzidas.....	21
Figura 1-7 Layout da planta.....	22
Figura 1-8 Mapa-fluxograma da linha doméstica	23
Figura 1-9 Gráfico do fluxo do processo da linha doméstica	23
Figura 1-10 Mapa-fluxograma da linha industrial	24
Figura 1-11 Gráfico do fluxo do processo da linha industrial	24
Figura 2-1 Abordagens da gestão da cadeia de suprimento por meio da troca de informação	30
Figura 2-2 Cadeia de valor de compras	32
Figura 2-3 Classificação de técnicas utilizadas no desenvolvimento de produtos	42
Figura 2-4 Modelo de design for procurement	43
Figura 2-5 Indicadores da indústria do alumínio	50
Figura 2-6 Processo de obtenção de alumina.....	51
Figura 2-7 Consumo de alumínio por setor em 2015	52
Figura 2-8 Produção de alumínio primário no brasil em 2015	53
Figura 2-9 Produção de produtos transformados de alumínio em milhares toneladas	53
Figura 3-1 Metodologia de modelagem de gastos de compras.....	56
Figura 3-2 Elementos de custos rastreados por fornecedor	57
Figura 3-3 Exemplos de elementos e indutores de custos na indústria de eletrônicos	58
Figura 3-4 Modelo de análise da função compras	60
Figura 3-5 Fase do projeto do produto na qual o dfma é aplicado	63
Figura 3-6 Processo de aplicação da metodologia dfma.....	66
Figura 4-1 Custo de aquisição anual por categoria de itens.....	68
Figura 4-2 Componentes de custos de aquisição para chapas e lingotes de alumínio	69
Figura 4-3 Estimativa custo de manufatura do produto pela abordagem “de cima para baixo”	80
Figura 4-4 Custos variáveis e fixos por linha de fabricação.....	81
Figura 4-5 Comparaçao entre abordagens de estimativa de custo de manufatura	82

Figura 4-6 Esquema descritivo do produto	82
Figura 4-7 Lista de materiais (<i>bill of materials</i>) genérica da panela de 4,5L	83
Figura 4-8 Distribuição do custo de manufatura por componentes	85
Figura 4-9 Suporte do cabo no corpo da panela	86
Figura 4-10 Visão longitudinal do cabo.....	87
Figura 4-11 Visão frontal do cabo	87
Figura 4-12 Conceito de encaixe natural entre peças simétricas	88
Figura 4-13 Esquema de funcionamento do mecanismo proposto	88
Figura 4-14 Sistema de fixação da haste.....	90
Figura 4-15 Visão explodida dos componentes da tampa	90
Figura 4-16 Asa fixada ao corpo da panela	91
Figura 4-17 Visão explodida dos componentes da asa	91
Figura 4-18 Conceito do mecanismo de fixação "encaixe click"	92
Figura 4-19 Portal de certificados de segurança de produtos do inmetro.....	94
Figura 4-20 Redução do custo de matéria prima do produto após aplicação DFMA.....	99
Figura 4-21 Redução do custo de processos de transformação do produto após aplicação DFMA	99
Figura 4-22 Comparação das estimativas de custo de manufatura entre os projetos.....	100
Figura 5-1 Análise da economia anual esperada e seu impacto sobre o orçamento de compras	102
Figura 5-2 Distribuição do potencial de economia por natureza das principais alavancas de custos.....	103
Figura 5-3 Plano de implementação para a empresa	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 2-1 Princípios do DFMA.....	49
Tabela 3-1 Framework de indutores/alavancas de custos.....	59
Tabela 3-2 Tabela de custos: exemplo de item de alumínio injetado à alta pressão	60
Tabela 4-1 Exemplos de alavancas de custo.....	70
Tabela 4-2 Alavancas de custos por fornecedor	72
Tabela 4-3 Avaliação da situação atual da função compras da empresa	77
Tabela 4-4 Análise das principais ferramentas da função compras	78
Tabela 4-5 Lista de componentes do projeto do produto atual	84
Tabela 4-6 Resumo das propostas de alteração do projeto do produto.....	93
Tabela 4-7 Comparação número de peças entre os projetos do produto	96
Tabela 4-8 Comparação tempo de processamento entre os projetos do produto.....	98
Tabela 4-9 Cálculo do índice DFAi	100
Tabela 5-1 Quadro resumo das otimizações no produto obtidas pela aplicação do DFMA..	101

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Descrição da empresa.....	17
1.1.1	Visão geral do processo produtivo	18
1.1.2	Portfólio de produtos	21
1.1.3	Layout e Fluxo de Materiais.....	21
1.1.4	Estrutura de suprimentos	25
1.2	Motivações.....	26
1.3	Objetivos.....	27
1.4	Estrutura do texto	27
2	REVISÃO DA LITERAURA	29
2.1	Gestão de Cadeia de Suprimento e Compras	29
2.1.1	Visão geral de Gestão de Cadeia de Suprimento.....	29
2.1.2	A importância estratégica de Compras para as organizações.....	31
2.1.3	Processo de compras no contexto de Lean Production	34
2.2	Design de produtos e Procurement.....	38
2.2.1	Custo de componentes e Compras.....	38
2.2.2	Desenvolvimento de produtos e Design for Procurement.....	40
2.2.3	Modelo de Design for Procurement	43
2.2.4	Design For Manufacturing and Assembly (DFMA)	46
2.3	Visão geral do setor	50
2.3.1	Perfil da indústria do alumínio no Brasil.....	50
2.3.2	Cadeia primária e processos de produção do alumínio	51
2.3.3	Aplicações e produção do alumínio.....	52
3	METODOLOGIA.....	55
3.1	Metodologias de análise de gastos com compras	55
3.1.1	Modelagem de gastos com compras.....	56
3.1.2	Análise da função Compras.....	60
3.2	Design for Manufacturing and Assembly (DFMA).....	63
4	ANÁLISES	67
4.1	Análise da estrutura de custos na empresa	67
4.2	Análise da função Compras da empresa	73
4.3	Aplicação do DFMA no projeto do produto	79

4.3.1 Estimativa do custo de manufatura do produto	79
4.3.2 Relação de componentes do produto	82
4.3.3 Propostas de redução de custos de componentes, montagem e suporte	85
4.3.4 Considerações sobre impactos devido à alteração do projeto do produto	93
4.3.5 Recálculo do custo de manufatura do produto e análise de viabilidade	96
5 RESULTADOS	101
5.1 Resultado da aplicação da alavanca de design de produto.....	101
5.2 Estipulação do resultado para outras alavancas de redução de custo.....	102
5.3 Implementação de mudanças na área de Compras da empresa	103
6 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS.....	107
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109
8 APÊNDICE A – Portfólio de produtos	113
9 APÊNDICE B – Lista de fornecedores	115
10 APÊNDICE C – Produção total por mês.....	119
11 APÊNDICE D – Questionário da Avaliação da função Compras.....	121

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo será apresentada a empresa em que foi realizado este trabalho de formatura, bem como as motivações e o objetivo central deste trabalho. Por fim, será apresentada a estrutura do restante do texto, de forma a auxiliar na organização da leitura.

1.1 Descrição da empresa

A empresa escolhida para a realização deste trabalho de formatura é uma fabricante de panelas de pressão, chamada Alumínio Fulgor. A empresa foi fundada em 1923 e se localiza no bairro da Mooca em São Paulo, na rua Olímpio Portugal, nº 235. A Alumínio Fulgor faz parte do Grupo Industrial Trofa e conta com 55 funcionários, além de possuir em seu portfólio doze modelos de panelas, divididos entre a linha doméstica (panelas de capacidade entre 3L e 10L) e a industrial (panelas de capacidade entre 12L e 35L).

A Alumínio Fulgor possui uma capacidade produtiva anual de aproximadamente 100 mil panelas e faturamento anual na faixa de R\$5 – R\$10 milhões. Com relação aos seus principais clientes, destacam-se grandes grupos varejistas, tais como Grupo Pão de Açucar, Lojas Americanas e Carrefour. Por fim, os seus principais concorrentes no segmento de panelas de pressão são as empresas Tramontina, Panex e Nigro.

O contato do autor deste trabalho com a empresa em questão se deu por um relacionamento pessoal com a família Trofa, proprietária da Alumínio Fulgor. Devido à tal contato, o autor realizou durante a graduação alguns trabalhos acadêmicos na empresa, como nas disciplinas de Projeto de Fábrica (PRO2420) e Ergonomia, Saúde e Segurança no Trabalho (PRO2313). Dado esse contexto, foi acordado que o objeto de estudo deste trabalho de formatura seria a empresa Alumínio Fulgor, o que possibilitou a realização de um trabalho de cunho mais técnico de Engenharia de Produção. Vale mencionar que a empresa cedeu abertura de informações e recursos para a realização do mesmo. Em contrapartida, o autor se comprometeu a apresentar os resultados do trabalho à direção da empresa e a ajudá-los em uma eventual implementação da solução proposta.

Por questões de confidencialidade, certos dados da companhia serão modificados por meio da aplicação de multiplicador ao longo deste texto. Esses dados não poderão ser divulgados a fim

de evitar que sejam explicitadas as porporções de margens, custos e outros elementos financeiros da empresa. Ademais, também por razão da confidencialidade, nomes de funcionários da empresa também não serão divulgados.

1.1.1 Visão geral do processo produtivo

Esta subseção se dedica a descrever uma visão geral do processo produtivo da Alumínio Fulgor, a fim de se compreender melhor a principal atividade da empresa foco deste trabalho de formatura.

Inicialmente a matéria prima, que basicamente consiste em lingotes de alumínio (liga 9011), é descarregada e depositada em algumas áreas, chamadas de áreas depósito de matéria prima (DMP).

Em seguida, os lingotes são transportados, com auxílio de carrinhos de carga manuais, para o início da linha de produção, que se inicia com a etapa de fundição. Na fundição, tais lingotes são fundidos, à uma temperatura em torno de 700°C, em fornos e depois despejados em coquilhas de aço, a fim de formar placas de alumínio após seu resfriamento. Em seguida, tais placas, que pesam cerca de 11kg cada, passam pelo processo de laminação, que serve para ajustar a espessura das placas que serão utilizadas na fabricação das panelas. Há dois tipos de laminação:

- a) Laminação de Desbaste: realizada por uma máquina;
- b) Laminação de Acabamento: realizada por três máquinas, cada uma para um determinado tipo de espessura final.

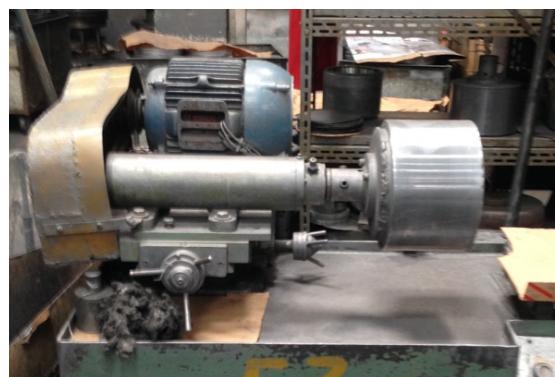
Depois da laminação, há a etapa de corte dos discos, realizada pelas prensas. Tais discos, dependendo do diâmetro, servem tanto para moldar o corpo quanto a tampa da panela de pressão. Após o corte, os discos são levados para a área de estampagem (Figura 1-1), que consiste na conformação do disco no formato desejado. Após tal etapa, as panelas da linha doméstica seguem, por meio de uma esteira automática, para a região dos tornos, onde é realizada a usinagem da borda da panela (Figura 1-2). Em seguida, as panelas seguem, ainda por meio de esteiras, para a região de polimento das mesmas.

Figura 1-1 Máquina de estampagem



Fonte: Elaboração própria

Figura 1-2 Torno mecânico



Fonte: Elaboração própria

Por fim, as panelas são finalizadas manualmente, por meio do acoplamento dos suportes e das asas (Figura 1-3). Além disso, também são feitos testes de qualidade para verificar a existência de vazamentos.

Figura 1-3 Acoplamento manual de asas



Fonte: Elaboração própria

Vale ressaltar que as etapas de produção são exatamente as mesmas tanto para a linha industrial quanto para a doméstica. Porém, para a linha industrial, as atividades a partir da estampagem até o controle de qualidade ocorrem em uma região separada da linha doméstica (que segue a esteira automática). Vale mencionar que a diferenciação do percurso entre as linhas doméstica e industrial no layout da fábrica será melhor explorada na subseção 1.1.3.

Assim, após o controle de qualidade, o qual envolve testar a vedação de todas as panelas utilizando uma bomba de pressão, as duas linhas de produtos (panelas industriais e domésticas) voltam a se unir para a etapa de embalagem. Após embalados, todos os produtos acabados são movimentados, também por meio de uma esteira automática, até o estoque final (Figura 1-4), que se localiza em um piso superior. Os produtos finais seguem, então, para a expedição (Figura 1-5), e os caminhões de transporte são abastecidos por meio de rampas nas quais os produtos deslizam, usando apenas seu próprio peso.

Figura 1-4 Depósito de produtos acabados



Fonte: Elaboração própria

Figura 1-5 - Rampa de expedição de produtos acabados



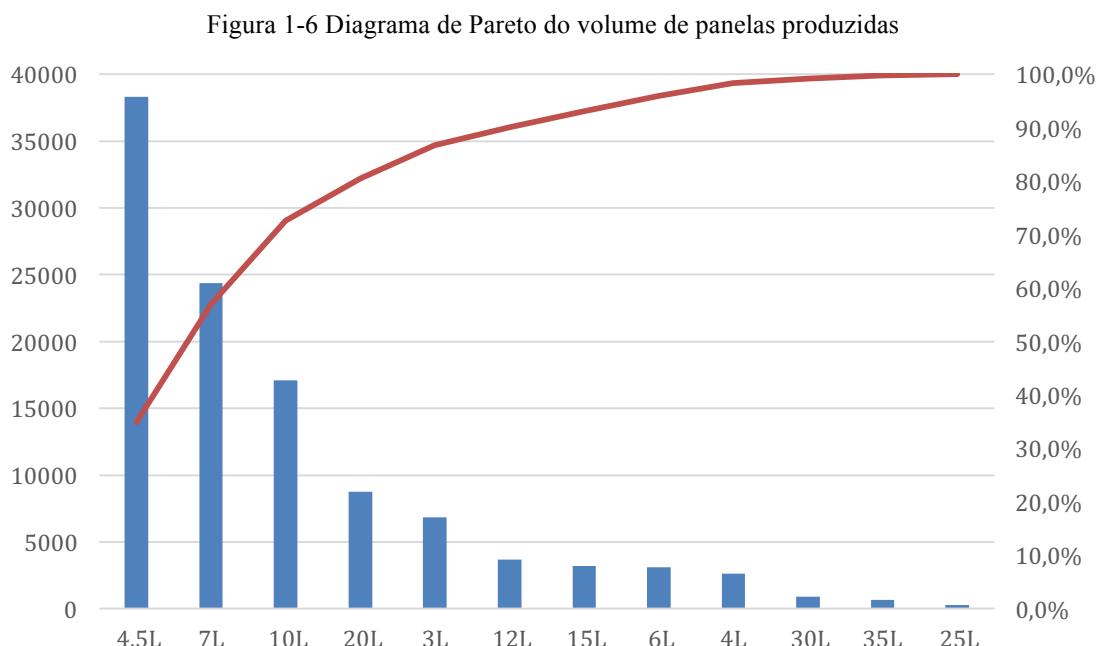
Fonte: Elaboração própria

1.1.2 Portfólio de produtos

Uma vez entendido o processo produtivo da empresa, vale detalhar o portfólio de produtos atual da Fulgor, que conta com duas linhas de panelas de pressão:

- a) Linha doméstica: panelas de com 3L; 4L; 4,5L; 6L; 7L e 10L de volume;
- b) Linha industrial: panelas de 12L; 15L; 20L; 25L; 30L e 35L de volume.

De acordo com os dados da produção de 2015, a linha doméstica representa, aproximadamente, 84% das vendas em unidades, enquanto a linha industrial corresponde a 16% das vendas em unidades. Fazendo uma análise mais granular, é possível identificar a representatividade de vendas de cada modelo de panela, como pode-se observar no diagrama de Pareto a seguir.

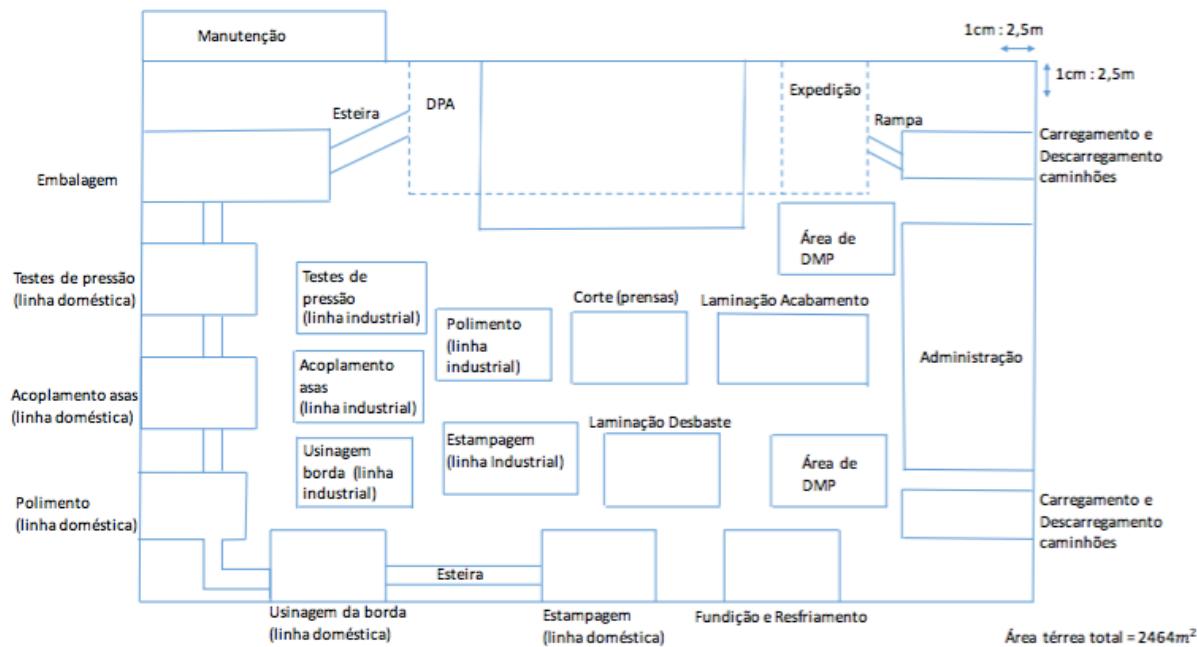


Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da empresa

1.1.3 Layout e Fluxo de Materiais

Uma vez compreendido o processo produtivo e o portfólio de produtos, vale apresentar como tal processo se desenvolve, para cada uma das linhas de produtos, no layout de fábrica atual da empresa. A Figura 1-7 apresenta um desenho esquematisado da planta da fábrica da Alumínio Fulgor.

Figura 1-7 Layout da planta

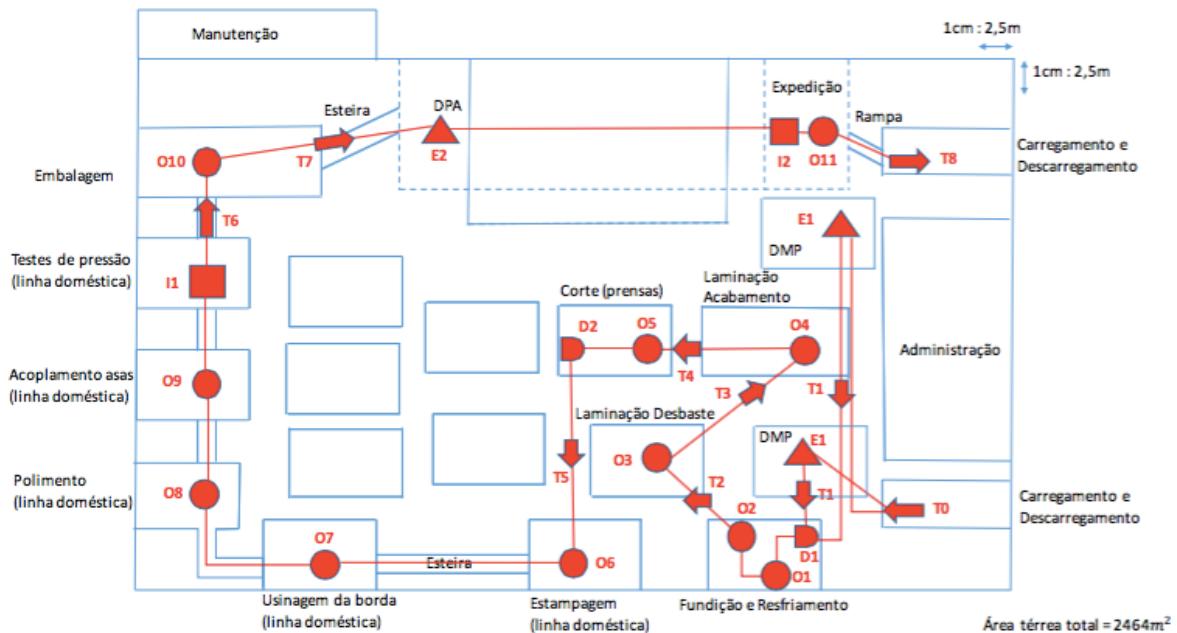


Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da empresa

Pela Figura 1-7, é possível perceber que algumas regiões da planta são dedicadas especificamente para a linha doméstica e outras para a linha industrial. Para ilustrar melhor o fluxo de materiais de cada uma das linhas de produtos ao longo da planta, foram elaborados Mapa-fluxogramas e Gráficos do Fluxo de Processo (GFP) a seguir.

O Gráfico do Fluxo de Processo (GFP) consiste em uma representação de um determinado processo produtivo por meio do sequenciamento de símbolos pré-estabelecidos. Tais símbolos são: a seta indica “Transporte” de materiais; o triângulo representa “Espera” (devido à falta de materiais ou à liberação da próxima etapa do processo, por exemplo); o círculo indica “Operação” (atividade de transformação dos materiais); o quadrado indica atividade de “Inspeção” e a meia elipse representa “Estoque” ou “Depósito” de materiais. O mapa-fluxograma, por sua vez, é a representação do GFP sobre o layout da planta.

Figura 1-8 Mapa-fluxograma da linha doméstica



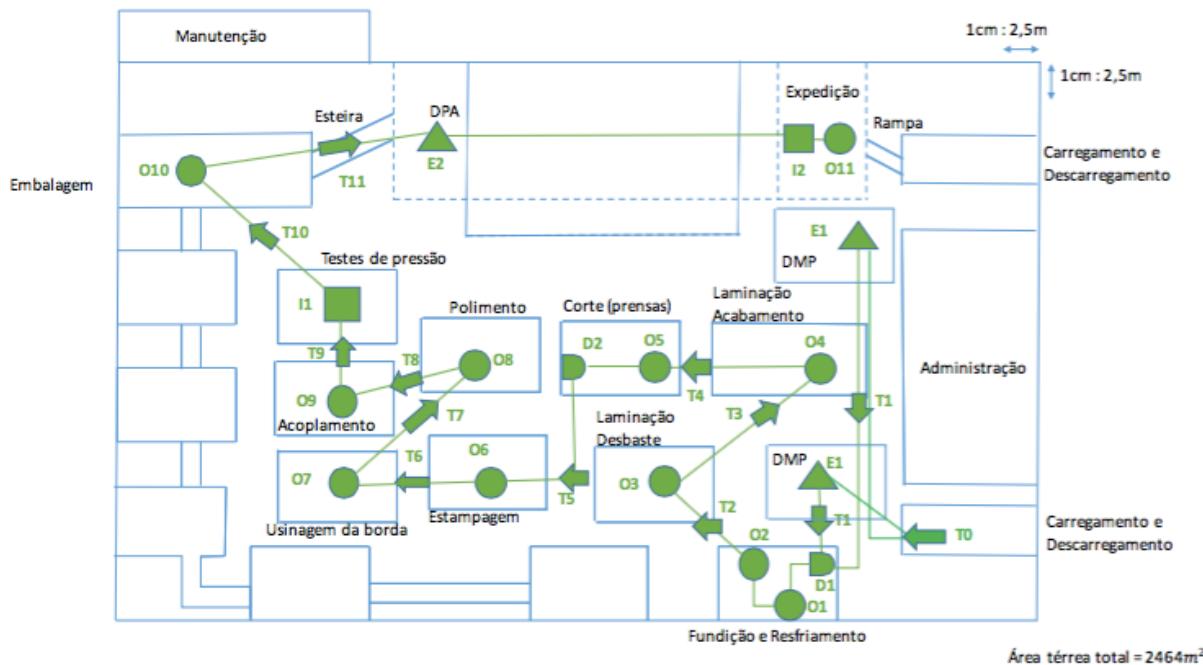
Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da empresa

Figura 1-9 Gráfico do Fluxo do Processo da linha doméstica



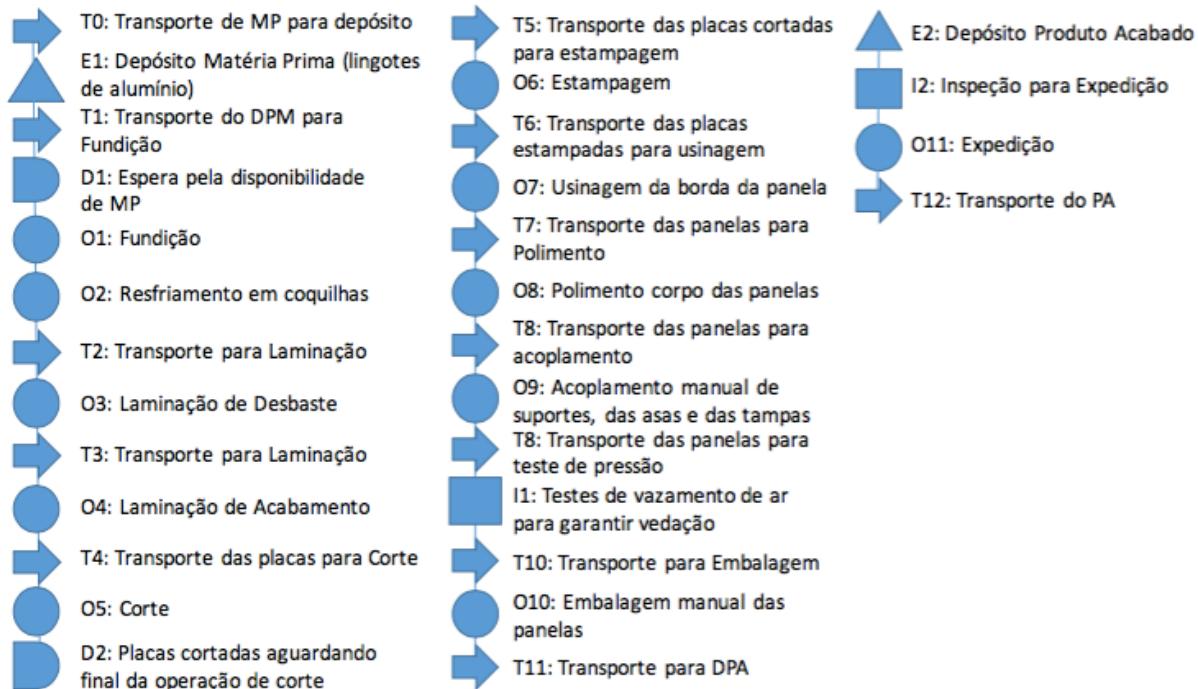
Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da empresa

Figura 1-10 Mapa-fluxograma da linha industrial



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da empresa

Figura 1-11 Gráfico do Fluxo do Processo da linha industrial



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da empresa

Assim, como pôde-se observar pelas ferramentas de mapa-fluxograma e GFP apresentadas, há uma divisão no fluxo de produção entre as linhas doméstica e industrial na etapa de “estampagem”, retornando a se encontrarem na etapa de “embalagem”. Vale mencionar

também que a movimentação do produto da linha doméstica entre a etapa “estampagem” até a “embalagem” ocorre principalmente por meio de uma esteira automática, enquanto as panelas da linha industrial, por causa de seus volumes maiores, são transportadas manualmente com auxílio de carrinhos de movimentação.

1.1.4 Estrutura de suprimentos

Uma vez compreendido o processo produtivo, o portfólio de produtos da empresa e o fluxo de materiais, vale detalhar o funcionamento da sua gestão de compras de itens diretos. Inicialmente, pode-se classificar em cinco grandes categorias os itens diretos comprados:

- a. Chapas e lingotes de alumínio;
- b. Cabos e alças de baquelite;
- c. Embalagens;
- d. Componentes mecânicos (ex: válvulas de segurança, anéis de vedação e etc.);
- e. Outros (ex: parafusos, porcas, arruelas, rótulos, etiquetas adesivas, lubrificantes, rodas de polimento, querosene e etc.).

Com relação à função de compras na organização, há três funcionários responsáveis, dentre outros tópicos, pelas compras dessas categorias de itens diretos, de acordo com a seguinte divisão:

1. Diretor Geral: responsável pela compra das categorias “Cabos e alças de baquelite”, “Embalagens” e “Componentes mecânicos”;
2. Diretor Financeiro: responsável pela compra da categoria “Chapas e lingotes de alumínio”;
3. Assistente Financeira: responsável pela compra da categoria “Outros”.

Vale destacar que ser responsável pela compra de uma dada categoria engloba as atividades de: selecionar fornecedores, repassar informações (ex: requisitos técnicos e volumes) aos fornecedores, negociar preços e tipos de contratos com fornecedores, verificar cumprimento de SLAs (*Service Level Agreements*), gerenciar os gastos da empresa na compra dos itens, dentre outras atividades relacionadas com a operacionalização de compras. No entanto, apesar de desempenharem tais funções, é preciso mencionar que tais funcionários não são dedicados exclusivamente à função Compras na empresa.

Com relação ao gerenciamento dos fornecedores, a empresa possui uma base fragmentada de fornecedores para as categorias de itens comprados, ou seja, possui vários fornecedores responsáveis por volumes relativamente pequenos (na seção “Apêndice B” segue a lista completa de fornecedores por itens comprados).

Além disso, segundo o gerente de produção da empresa, a base atual de fornecedores não sofre uma modificação significativa há cerca de 5 anos, uma vez que os contratos firmados no passado são renovados “automaticamente”, sem se realizar uma análise profunda sobre o desempenho dos mesmos nem considerar parcerias com outros potenciais fornecedores.

Por fim, vale mencionar que no capítulo 3 deste trabalho de formatura é apresentada uma análise dos valores gastos com compras diretas da empresa, agrupados por categoria de itens.

1.2 Motivações

O autor participou, durante o seu período de estágio em uma consultoria estratégica, de um projeto sobre análise e otimização da estrutura da área de Compras de um grande fabricante de eletrodomésticos. Motivado pelos resultados do projeto, o autor teve interesse em aplicar aprendizados adquiridos, tanto durante o curso de graduação quanto durante o estágio, em um contexto real. Porém, para isso, era necessário ter como objeto de estudo uma empresa manufatureira, disponível em colaborar com o desenvolvimento do trabalho e com oportunidades de melhoria em sua área de Suprimentos. Dessa forma, a escolha da Alumínio Fulgor como empresa analisada neste trabalho de formatura proporcionou um contexto muito adequado para o desenvolvimento do tema deste trabalho de formatura.

Empresas tradicionais e familiares de menor porte geralmente não possuem os recursos para aplicar muitas técnicas de engenharia de produção visando a melhora contínua de suas atividades nem o racionamento de seus desperdícios. Nesse contexto, este trabalho tem como um de seus objetivos mostrar que é possível aplicar técnicas de engenharia de uma forma prática e focada nos retornos financeiros para a Alumínio Fulgor.

Ademais, nos últimos anos, devido à crise econômica que atinge o país, a Aluminio Fulgor, como várias outras empresas de menor porte, teve suas vendas e, consequentemente, seus

resultados comprometidos. Tal situação só reforça a necessidade de se utilizar abordagens que otimizem suas estruturas de custos sem comprometer a qualidade dos produtos fabricados. Do ponto de vista mais acadêmico-científico, esse projeto teve como motivação a busca pela conexão entre técnicas e conhecimentos adquiridos em diferentes disciplinas ao longo do curso de graduação em Engenharia de Produção, o que está em linha com a abordagem cada vez mais holística e interdisciplinar do engenheiro moderno. Essencialmente, este trabalho de formatura relacionará conhecimentos de diferentes subáreas da Engenharia de Produção, como Design de Produtos, Gestão da Qualidade, Gestão da Cadeia de Suprimentos, dentre outras.

1.3 Objetivos

O objetivo central desse trabalho é aplicar conhecimentos e técnicas de design de produtos de forma a otimizar os gastos de Suprimentos na empresa Alumínio Fulgor. Dessa forma, o trabalho visa provar que soluções de engenharia de produção podem ser aplicadas com potencial de ganhos econômicos relevante para a empresa estudada.

1.4 Estrutura do texto

O trabalho de formatura aqui apresentado possui seis capítulos, sendo o primeiro a introdução, já apresentada.

A seguir, o capítulo 2 do trabalho apresenta uma revisão da literatura, estruturada em temas que serão úteis para o desenvolvimento da metodologia. Inicialmente, é feita uma breve descrição do contexto de surgimento do “Lean Production”, com base no projeto IMVP (*International Motor Vehicle Program*), focando especialmente na sua abordagem à gestão de suprimentos. A seguir, são apresentadas reflexões sobre a relação de design de produtos e suprimentos, evidenciando a importância de um maior envolvimento entre OEMs (*Original Equipment Manufacturer*) e fornecedores a fim de desenvolverem produtos a menores custos e sem comprometer seu desempenho. Por fim, é traçado um panorama da indústria de alumínio no Brasil, de forma a contextualizar um setor estreitamente relacionado à empresa foco deste trabalho.

Com o conhecimento adquirido a partir da revisão bibliográfica, o capítulo 3 apresenta metodologias de análise sobre as possíveis oportunidades de otimização da estrutura de compras da Alumínio Fulgor, com maior enfoque à ferramenta de design de produtos. Em seguida, tais metodologias são desenvolvidas, a fim de encontrar alternativas de projetos que diminuam seus custos, que será apresentada no capítulo 4.

Por fim, são fornecidos os resultados de aplicação dessa metodologia no capítulo 5, acompanhados de uma discussão crítica dos mesmos no capítulo 6, com conclusões e considerações finais às empresas de manufatura que buscam otimizar seus gastos com compras diretas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo é destinado à revisão da literatura relevante para o desenvolvimento deste trabalho de formatura, de forma a garantir o objetivo descrito no item 1.3. Serão abordados tanto temas relativos à gestão de suprimentos no contexto do modelo “Lean Production”, quanto questões de design de produtos e sua relação com suprimentos, além de uma visão geral do setor de itens de alumínio no país.

2.1 Gestão de Cadeia de Suprimento e Compras

2.1.1 *Visão geral de Gestão de Cadeia de Suprimento*

De acordo com Clark (2002), uma cadeia de suprimento consiste em uma ligação, ou gretamente, uma rede que une fornecedores internos e externos com consumidores internos ou externos. A gestão da cadeia de suprimento (GCS) envolve a administração da rede e do fluxo de informações, materiais e clientes. O mecanismo de troca essencial em uma cadeia de suprimentos é a informação. A informação mais acurada sobre a demanda esperada que é transferida no formato apropriado aos fornecedores permite-lhes gerenciar sua produção a custo mínimo. Dessa forma, na teoria, os benefícios da maior competitividade devem ser compartilhados de forma igual entre os parceiros da cadeia de suprimentos. No entanto, na prática, tal compartilhamento de benefícios nem sempre ocorre devido à assimetria de poder entre as organizações que compõe a cadeia.

Segundo Clark (2002), o valor da gestão de cadeia de suprimento está nos benefícios de integração vertical sem os custos indiretos a longo prazo e sem a inflexibilidade inerente decorrente da tentativa de só uma organização gerenciar todas as atividades (da matéria-prima à entrega final). Assim, o gerenciamento adequado da cadeia de suprimento permite que cada organização continue trabalhando “no que sabe fazer bem” e que se forme relacionamentos de suprimento que tenham duração suficiente para melhorar ainda mais o que sabem fazer. Entretanto, à medida que a demanda do mercado se altera, alguns desses relacionamentos deixam de ser eficazes e precisam ser reprojetados.

Partindo do conceito de que a base da gestão de cadeia de suprimento está no desenvolvimento de parcerias entre compradores e fornecedores, é possível criar categorias para as abordagens de GCS (HELPER, 1991), como esquematizadas na Figura 2-1.

- Voz: Modelo característico de relações de parceria. Os parceiros compartilham informações, como previsões de atividades a longo prazo, e em alguns casos, colaboram até mesmo em P&D. Essa categoria é caracterizada pela expectativa de contratos de longo prazo, frequentemente vinculados à emissão de pedidos em um nível agregado, alguns meses com antecedência, e confirmados com maior detalhe à medida que a data da entrega se aproxima;
- Saída: Também denominado de compra “tradicional” ou compra mediante concorrência. Nessa categoria, os contratos são geralmente pequenos, limitado a um lote de tamanho padronizado e não há previsões compartilhadas sobre a demanda a longo prazo ou assistência ao desenvolvimento do produto. Contratos são baseados quase exclusivamente em preço e os compradores fazem tomadas de preços (cotações) para manterem seus fornecedores alinhados;
- Improvável: Categoria na qual não há troca de informações entre compradores e fornecedores. Por isso, é improvável que os fornecedores percebam que o comprador esteja comprometido em estabelecer negócios de longo prazo com os mesmos;
- Estagnado: Nesse cenário, há um forte senso de comprometimento, mas não é transformado em um relacionamento que possibilite seu potencial pleno.

Figura 2-1 Abordagens da gestão da cadeia de suprimento por meio da troca de informação



Fonte: Adaptado de HELPER (1991)

Portanto, segundo Clark (2002), os elementos-chave que compõe a gestão da cadeia de suprimento incluem:

- Gestão completa da cadeia, usando medidas que avaliem o desempenho de toda a cadeia;
- Desenvolvimento de parcerias entre comprador e fornecedor, com a expectativa de compartilhar os benefícios da maior cooperação no decorrer do tempo;
- Redução do número de fornecedores da cadeia, com aumento do número de fornecedores exclusivos que permitem que os recursos sejam focados em assuntos estratégicos;
- Aumento da troca de informações, possivelmente incluindo previsões de demanda de longo prazo, custos financeiros, melhorias do processo e P&D;
- Possibilidade de redirecionar as atividades para a posição mais eficaz na cadeia de suprimento

2.1.2 A importância estratégica de Compras para as organizações

Compras possui um papel crescente de importância em ajudar as organizações a alcançarem seus objetivos de economia e de lucratividade. As compras corporativas vêm crescendo em importância, tamanho e complexidade, e portanto, o modo das empresas comprarem se alterou. Empresas líderes em compras estão explorando diversas oportunidades para alavancar suas compras organizacionais, otimizar base de fornecedores, minimizar custos ao longo da cadeia de suprimento e maximizar o valor de seus produtos e serviços aos clientes. Com ênfase na criação de valor aos acionistas, líderes de diversos setores estão se movendo para novos modelos de negócios projetados para capturar e manter crescimento lucrativo. Nesse sentido, a abordagem estratégica de compras pode ser levada a novos níveis e aplicada em modelos de negócios que irão moldar tanto a realização de receitas quanto o posicionamento competitivo de custo das empresas. Por meio da construção de um processo de compras de excelência e do alinhamento as habilidades organizacionais com as exigências de compras corporativas, compras pode desempenhar um papel chave no desafio de crescimento de valor das empresas (ANDERSON e KATZ, 1998).

Com o intuito de se alcançar um processo de compras de excelência, Anderson e Katz (1998) propõem um modelo de “cadeia de valor de compras” (*sourcing value chain*), que consiste em um conjunto de processos pelos quais decisões estratégicas de compras são tomadas e valor é gerado para a organização, como pode-se observar na Figura 2-2. Tal processo se aplica a

todas as compras, embora abordagens e estratégias específicas devam variar e refletir as prioridades e oportunidades de cada caso. Segundo Anderson e Katz (1998), empresas líderes apresentam algumas práticas comuns ao longo dessa cadeia de valor, que são: elaboração de um plano anual; desenvolvimento de requisitos; desenvolvimento da estratégia; avaliação e seleção de fornecedores; compra de materiais/serviços; e gestão de relacionamento com os fornecedores.

Figura 2-2 Cadeia de Valor de Compras



Fonte: Adaptado de ANDERSON e KATZ (1998)

De acordo com Anderson e Katz (1998), a etapa de elaboração de um plano anual consiste na definição de objetivos e foca no planejamento do próximo ano por cada categoria de itens comprados. Dentro de tal plano, objetivos são traçados e devem refletir, por exemplo, a meta de redução de custos, o comprometimento para aquisição de novas tecnologias, etc. Tais metas são essenciais para levantar recursos, tanto internos quanto externos, necessários para alcançá-las. Além disso, uma boa prática desse planejamento anual é atrelar as metas com os incentivos de performance dos fornecedores e também envolver fornecedores-chave nessa atividade de definição de metas.

Segundo Anderson e Katz (1998), a especificação de produtos é um elemento importante para a cadeia de valor de compras e a “análise de valor” é uma importante abordagem para garantir que especificações técnicas atendam exatamente as necessidades de negócio. O envolvimento de fornecedores nas atividades de “análise de valor” se mostra uma abordagem altamente complementar e que já está consolidado em algumas indústrias (ex: automobilística e de computadores). Além de estabelecer e manter especificações baseadas no valor, essa etapa da cadeia também engloba a comunicação de requisitos de volume aos fornecedores. A acurácia e o horizonte temporal para tais previsões variam por categoria de produtos comprados, tipicamente refletindo o valor que essa visão antecipada tem na dinâmica econômica do fornecedor. Em situações nas quais o nível de informação possui maior incerteza e que podem afetar negativamente os fornecedores, empresas devem dedicar esforços para estabilizar padrões de demandas.

O terceiro passo na cadeia de valor de Anderson e Katz (1998) consiste em responder à questão fundamental de como uma organização deve comprar. Essa questão envolve diversas variáveis, como: deve-se optar por um processo competitivo amplo ou convidar apenas alguns potenciais fornecedores; deve-se comprar de um distribuidor ou direto do fabricante; deve-se contratar a capacidade produtiva do fornecedor ou produtos especificados, etc. No entanto, uma questão que deve ser respondida inicialmente é o que comprar, que pode ser desde um componente físico ou uma quantidade de serviços (por exemplo, contratar serviços de programação), até mesmo envolver a aquisição de soluções de alto valor agregado e ter acesso às habilidades técnicas e ao conhecimento específico de fornecedores. Vale ressaltar que esse trabalho de formatura irá focar na análise de componentes físicos adquiridos e não em serviços. No entanto, é interessante perceber a amplitude que o conceito de compras estratégicas pode assumir para as organizações.

Além de contemplar todas as variáveis discutidas, para se desenvolver uma estratégia de compras é necessário adquirir um grande conhecimento sobre a base de fornecedores. Por exemplo, mercados de fornecimento com capacidade limitada podem exigir abordagens diferentes de mercados com excesso de capacidade. Assim, conhecer a indústria de fornecimento e as tendências tecnológicas proporciona uma base para examinar a dinâmica econômica de fornecedores e para desenvolver análises de “*should cost*” (quanto deveria custar um determinado produto a partir da estrutura de custos do seu fornecedor).

Avançando no modelo de cadeia de valor proposto, a etapa de compra de materiais visa também reduzir os custos de transação para compras repetitivas e/ou de itens de baixo valor agregado. Aplicações de internet e *e-commerce* são opções atrativas nesses casos. Ademais, programas de gestão de estoques com fornecedores e estratégias de auto-reabastecimento também trazem eficiência e oportunidades de integração na cadeia de suprimento. Já, para compras mais complexas e de itens de alto valor agregado, o processo de compras também inclui o compartilhamento de profissionais e o uso de times colaborativos de desenvolvimento (ANDERSON e KATZ, 1998).

Por fim, o processo de compras estratégicas se encerra com o gerenciamento de relacionamento com fornecedores. Para atingir vantagem competitiva por meio de um acordo de suprimento, a relação entre fornecedor e comprador deve ir além das fronteiras tradicionais. Um relacionamento que não se baseia em um acordo customizado (como

parceria, aliança, *joint venture*) é menos provável de resultar em vantagem competitiva, uma vez que competidores também podem estabelecer e se beneficiar de relações do mesmo tipo. Diferencial competitivo só pode ser alcançado quando o fornecedor está integrado aos processos essenciais e à cadeia de suprimento da organização, sendo administrado como um gerador de valor para a empresa compradora. Para atingir esse nível de relacionamento e gerenciar fornecedores como ativos, é necessário considerável esforço e investimento de recursos. Nesse contexto, empresas estão cada vez mais atentas sobre como fornecedores gerenciam suas empresas e como compradores e fornecedores estão buscando em conjunto formas de otimizar suas cadeias de suprimento, tanto individuais quanto combinadas (ANDERSON e KATZ, 1998).

2.1.3 Processo de compras no contexto de Lean Production

No início de 1985, a universidade MIT iniciou um programa denominado IMVP (The International Motor Vehicle Program) que tinha como objetivo ir além de pesquisas convencionais para explorar mecanismos criativos para a interação indústria-governo-universidade no contexto internacional, com o intuito de compreender as forças fundamentais das mudanças industriais e melhorar as políticas relacionadas à essas mudanças (ROSS, JONES e WOMACK, 1990). Dado esse contexto, este trabalho de formatura dará maior foco às análises e conclusões, embasadas nas pesquisas de Toshihiro Fujimoto e Richard Lamming do projeto IMVP, relacionadas à coordenação da cadeia de suprimentos com ênfase no processo de compras.

Segundo Ross, Jones e Womack (1990), várias empresas dos EUA na década de 1980 adotavam um sistema de suprimento de produção em massa (*mass-production supply system*). Dentre outros aspectos, tal sistema era caracterizado pela participação tardia dos fornecedores no projeto de produtos, o que limitava suas possibilidades de trazer melhorias de design. Além disso, nesse sistema, fornecedores estão constantemente sob intensa pressão por redução de custos por parte de compradores que não entendem suas realidades e suas necessidades específicas. Dessa forma, propostas (*bids*) implausíveis de fornecedores acabam por vencer contratos, mas são geralmente seguidas por ajustes de preços, o que torna, no final, o seu custo por componente maior do que outras propostas não vencedoras, porém mais realistas. Ademais, o fato de fornecedores competirem uns com os outros por meio de propostas os tornam relutantes a compartilharem ideias de melhores técnicas de produção.

Ou seja, fornecedores não têm incentivo algum em unirem suas curvas de aprendizado no sistema de produção em massa.

O típico sistema de suprimento de produção em massa enxerga êxito quando consegue manter baixos os lucros dos fornecedores. Dentro da lógica desse sistema, departamentos de compras de empresas provavelmente citam esse fato como evidência primária de seu sucesso. No entanto; segundo Ross, Jones e Womack (1990); os custos dos componentes adquiridos continuam elevados e a qualidade dos mesmos se mostra insatisfatória e resistente à melhoria, tendo todos esses problemas a sua causa-raíz na ausência de comunicação efetiva entre fornecedores e compradores.

Com o objetivo de encontrar um sistema de compras mais eficiente do que o tradicional sistema americano, a equipe do IMVP estudou o modelo japonês de produção, especialmente na indústria automobilística. Inicialmente, os fabricantes japoneses utilizavam menos do que 300 fornecedores em cada projeto, enquanto os fabricantes em massa americanos possuíam de 1.000 a 2.500 fornecedores. No sistema japonês, tais fornecedores tipicamente forneciam os mesmos componentes para outros modelos de produto do fabricante e eram membros de longa data do grupo de fornecedores da empresa compradora. Dessa forma, os fornecedores não eram escolhidos por meio de propostas comerciais, mas sim com base em relacionamentos duradouros e registro passado de performance (ROSS, JONES e WOMACK, 1990).

As empresas japonesas empregavam de um terço a um oitavo da quantidade de fornecedores do que as americanas, uma vez que os fabricantes *lean* atribuíam a produção de um componente por inteiro (por exemplo, o assento no caso da indústria automobilística) a fornecedores classificados como primeiro escalão (“*first tier*”), reduzindo assim a necessidade de se ter um determinado fornecedor para cada um dos itens que compõe o *BOM* (“*Bill of Materials*”) do produto final. Fornecedores “*first tier*” possuíam um time de fornecedores “*second tier*”, que eram empresas de manufatura especialistas e independentes. Essas empresas, por sua vez, podiam possuir mais um ou dois níveis de fornecedores abaixo na pirâmide de suprimentos (“*third* e *fourth tiers*”). No contexto japonês de produção, engenheiros de fornecedores “*first tier*” eram alocados no time de desenvolvimento do fabricante logo após o início do processo de planejamento do projeto, justamente para contribuírem para o projeto. Esse grupo de fornecedores “*first tier*” possuí plena

responsabilidade em projetar e produzir sistemas de componentes que performassem de acordo com as especificações acordadas no produto final. No entanto, o fabricante *lean* não delega a esses fornecedores o projeto detalhado de certas partes consideradas vitais para o sucesso do produto final, seja devido ao uso de tecnologia própria ou à percepção do cliente com relação ao produto.

Caso algum fornecedor falhe em qualidade ou confiabilidade, o fabricante não o descontrata. Ao invés, o fabricante, como forma de punição, migra uma fração do negócio desse fornecedor para uma outra fonte de suprimento por um determinado período. Como os custos e margens de lucro são cuidadosamente calculados, a migração de parte do volume de suprimento de um fornecedor pode ter profundos efeitos na lucratividade desse fornecedor que não cumpriu os requisitos estabelecidos.

Com relação à gestão de performance, os fornecedores no sistema *lean* recebem notas baseadas em métricas como: número de defeitos identificados na linha de montagem; porcentagem de entregáveis dentro dos prazos e dos requisitos de quantidade e qualidade; redução de custos, etc. Fornecedores regularmente comparam suas notas com os seus competidores, discutem e identificam áreas de melhoria. Tal sistema de avaliação depende significativamente da atitude dos fornecedores e de seu interesse em melhorar. Apenas se não houver nenhum sinal de melhoria por parte do fornecedor diante de sua avaliação é que o fabricante o descontrata.

Diferente do modelo de produção em massa, o sistema de suprimentos japonês (*lean supply*) possui uma forma distinta de estabelecimento de preços e de análise de custos. Em primeiro lugar, o fabricante estabelece um preço alvo (*target price*) para o produto final em questão e, em seguida, junto com os fornecedores, trabalha de trás para frente, projetando como o produto final pode ser feito pelo preço alvo e ao mesmo tempo permitir uma margem de lucro sensata tanto para os fornecedores quanto para o próprio fabricante. Em outras palavras, consiste em um sistema de “preço de mercado descontado” (*market price minus*) ao invés de um sistema “custo do fornecedor acrescido” (*supplier cost plus*). Para atingir esse preço alvo, usa-se técnicas de engenharia de valor (*value engineering*) para desmembrar os custos de cada etapa de produção e identificar os fatores que podem diminuir os custos em cada componente. Uma vez que os componentes estão em produção, uma técnica denominada análise de valor (*value analysis*) é empregada para se alcançar reduções de custos adicionais. Assim como no caso da

engenharia de valor, essa técnica consiste na análise detalhada de custos de cada etapa da fabricação, de forma que as partes mais críticas em termos de custos possam ser identificadas e otimizadas. Tal otimização pode ser alcançada por meio de melhorias incrementais (*kaizen*), utilização de novas ferramentas ou redesign de algum componente (ROSS, JONES e WOMACK, 1990).

Vale ressaltar que técnicas de análise que buscam redução de custos, assim como a “engenharia de valor” e a “análise de valor”, serão analisadas e aplicadas nos capítulos 3 e 4 deste trabalho de formatura.

Como pode-se perceber com base na descrição do modelo de suprimento *lean* até o momento, é necessário que os fornecedores compartilhem uma parte substancial de suas informações sobre custos e técnicas de produção. O fabricante e o fornecedor analisam todos os aspectos do processo produtivo do fornecedor, procurando formas de reduzir custos e melhorar qualidade. Em contra-partida, os fabricantes avisam com antecedência os fornecedores sobre mudanças em volumes de produção. Se tais mudanças persistirem, os fabricantes auxiliam os fornecedores a procurarem novas oportunidades de negócios. Ou seja, diferente do modelo de produção em massa americano, fabricantes não irão internalizar atividades, até então terceirizadas, apenas para manter seus funcionários trabalhando em momentos de redução de demanda. Do ponto de vista dos fabricantes, os fornecedores são considerados “custos fixos” assim como seus próprios funcionários (ROSS, JONES e WOMACK, 1990).

Além disso, no sistema *lean production*, o fabricante deve respeitar a necessidade do fornecedor de realizar uma margem de lucro sensata. Acordos entre fabricantes e fornecedores com relação à divisão de lucros dá aos fornecedores o incentivo de melhorar o seu processo de fabricação, uma vez que lhes garante todo o lucro proveniente de inovações próprias que gerem redução de custos e de atividades próprias de *kaizen*. Esse é o principal mecanismo da abordagem de suprimento *lean* para encorajar fornecedores a se engajarem em melhorias rápidas e contínuas no seu processo de produção.

Portanto; segundo Ross, Jones e Womack (1990); ao concordar em compartilhar os lucros oriundos de atividades conjuntas e ao permitir os fornecedores manterem os lucros provenientes de atividades adicionais próprias de redução de custos, o fabricante renuncia o direito de monopolizar as ideias dos fornecedores. Por outro lado, o fabricante no sistema de *lean production* ganha da vontade crescente de seus fornecedores elaborarem sugestões de

redução de custo e trabalharem colaborativamente. Basicamente, tal sistema substitui o ciclo vicioso de desconfiança, característico do modelo de produção em massa, por um ciclo virtuoso de cooperação.

2.2 Design de produtos e Procurement

2.2.1 *Custo de componentes e Compras*

Novos sistemas de gerenciamento de fornecedores e de componentes estão permitindo engenheiros e especialistas em suprimentos trabalharem juntos com o objetivo de reduzir os custos de componentes, diminuir preços de produtos finais, aumentar a qualidade de produtos e encolher o *time-to-market*. Em diversos mercados, pressões competitivas estão levando à uma redução de preços mais acelerada do que a de custos de componentes comprados, o que resulta em uma crescente erosão de margens de produtos. Dessa forma, cada vez mais fabricantes (*OEMs*) estão buscando oportunidades de melhorar sua competitividade por meio de uma maior eficiência no seu processo de compras (PALMER, 1996).

Segundo Palmer (1996), um dos aspectos chave para se conseguir tal melhoria de eficiência em suprimentos é compreender os custos, tanto “visíveis” quanto “escondidos”, associados à compra de componentes. Por exemplo, no caso de produtos de hardware e sistemas, o custo de componentes representa tipicamente 70% do custo total do produto. No entanto, tal custo de componentes não consiste apenas no preço de materiais adquiridos, englobando também significativos custos indiretos causados por diversos fatores, como:

- Setup redundante de componentes;
- Alongamento dos ciclos de design, devido ao ineficiente acesso à informações de fornecedores;
- Produtos com elevada taxa de falha, devido à seleção inadequada de componentes e fornecedores.

Um dado que reforça a necessidade de fabricantes buscarem uma maior eficiência de compras é que, segundo a Advanced Manufacturing Research (AMR), cerca de 80% dos custos de produtos correspondem à compra de materiais. Ademais, é possível associar os custos de componentes à etapa do ciclo de desenvolvimento do produto. Por exemplo, de acordo com uma fabricante de aeronaves britânica, cerca de 70-80% do seu custo total do produto é

determinada durante os primeiros 10-20% do ciclo de desenvolvimento, justamente etapa na qual a seleção da maioria dos competentes é realizada.

Dessa forma, o gerenciamento inadequado de componentes e de informações dos fornecedores, somado à ausência de ferramentas adequadas de suporte de decisão, resulta em uma parcela significativa de custos indiretos às empresas fabricantes de produtos. As informações necessárias para que os engenheiros e especialistas em suprimentos possam escolher os melhores componentes e os melhores fornecedores estão geralmente espalhadas dentro das organizações. Para ilustrar tal ineficiência, estimativas foram realizadas com base em algumas organizações, como IBM e Kodak, e indicam que projetistas investem de 10 a 30% de seu tempo na localização e agrupamento de informações apropriadas sobre componentes e fornecedores, o que representa um desperdício de recursos e de tempo de desenvolvimento.

Além disso, custos indiretos adicionais são resultado de setup duplicado de componentes. Frequentemente, empresas realizam o setup de um mesmo componente em diversos pontos ao longo do processo de manufatura, ou realizam o setup de um componente proveniente de um novo fornecedor enquanto um item de mesma funcionalidade de um diferente fornecedor já fora configurado. Assim, fica evidente mais uma vez o acesso ineficiente à apropriadas informações de suporte a decisões.

Segundo Palmer (1996), na década de 1980, abordagens como *design for manufacturability*, *just-in-time* e *dock-to-stock* impulsionaram uma maior aproximação entre os engenheiros projetistas de produtos e os especialistas em suprimentos. Dessa forma, o papel de suprimentos no processo de desenvolvimento de produto passou de negociar apenas o melhor preço por componente (como ocorria no contexto industrial dos anos de 1970) para avaliar um conjunto muito mais amplo de aspectos de negócios, incluindo *lead-time*, solvência financeira de fornecedores e qualidade dos componentes adquiridos. Assim, o papel e conhecimento das pessoas de suprimentos na determinação de quais componentes e de quais fornecedores comprar se tornou de essencial importância, uma vez que contribui para a obtenção de eficiência de custos, qualidade e agilidade de entrega. Dessa forma, tal colaboração e decisão em conjunto entre o time de engenheiros e de suprimentos das empresas garantem a otimização da seleção de componentes e de fornecedores para o processo de design de produtos.

Dado esse contexto, novos sistemas de gerenciamento de componentes e de fornecedores (*CSM – component and supplier management system*) emergiram para oferecer a conexão necessária entre design e suprimentos. Tais sistemas gerenciam todas as informações, tanto internas quanto externas, acerca de componentes e de fornecedores nas empresas, além de localizar a disponibilidade de itens por meio de automação de design eletrônico e bibliotecas de CAD. Esse repositório unificado de todas as informações de componentes e de fornecedores permite um mecanismo de acesso único e consistente para design e suprimentos. Com tais sistemas CSM, engenheiros podem rapidamente encontrar componentes que atendem requisitos técnicos e comerciais, além de verificar quais componentes e fornecedores já estão aprovados pela organização e disponíveis. Os profissionais de suprimento, por sua vez, ganham acesso às informações técnicas que os auxiliam a achar fornecedores alternativos para componentes estratégicos por exemplo. Tais informações também constituem um suporte a decisões, que permite um melhor gerenciamento de toda a cadeia de suprimento e controle do número de fornecedores e itens comprados. Além disso, os sistemas CSM automatizam processos multifuncionais; como solicitações de novos componentes, funções de configuração e aprovação, revisão de itens e obsolescência; reduzindo assim o tempo de tais processos e, por consequência, diminuindo o ciclo de desenvolvimento de produtos (PALMER, 1996).

Portanto, a redução de custos diretos e indiretos de componentes pode resultar em economias significativas às organizações, melhorando assim as margens dos produtos e a lucratividade. A seleção adequada de componentes e de fornecedores também pode melhorar a qualidade dos produtos finais, enquanto acesso adequado às informações de itens e fornecedores pode encurtar o ciclo de desenvolvimento de produtos.

2.2.2 Desenvolvimento de produtos e Design for Procurement

Para a maioria das organizações, alcançar uma posição de competitividade sustentável exige um forte comprometimento com o processo de desenvolvimento de novos produtos e inovação (BREWER e ARNETTE, 2016). Basear-se em produtos atuais para a geração de receita futura pode gerar resultados quando se trata de produtos de baixo valor agregado (commodities), no entanto não é uma estratégia adequada para produtos de alto valor agregado. Para garantir vantagem competitiva sustentável, as organizações devem buscar o desenvolvimento e lançamento recorrente de novos produtos no mercado.

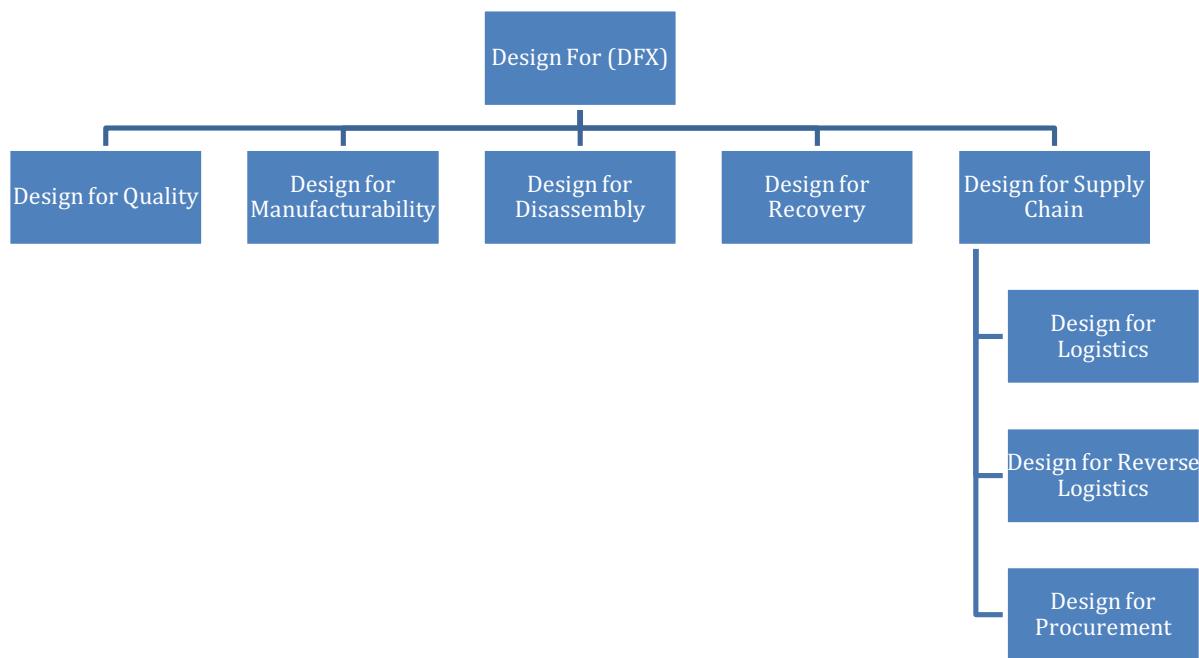
Os processos de desenvolvimento de produtos nas organizações variam significativamente em termos de métodos e envolvimento das áreas funcionais. Tais processos podem ser limitados aos engenheiros e cientistas de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), que integram tecnologias inovadoras nos novos produtos. Além disso, tais processos de desenvolvimento de produtos são moldados pelas preferências dos usuários, que são mais diversas e exigentes atualmente. Segundo Holmes (2016), é essencial entender o que os clientes querem. Dessa forma, produtos com formatos e funcionalidades excepcionais podem ser suficientes para competirem no mercado, mas provavelmente não suficientes para serem os “vencedores de pedidos” (*order winners*). Outros aspectos dos produtos, como serviços de suporte e impacto ambiental, se constituem em requisitos adicionais aos novos produtos. Assim, processos de desenvolvimento de produtos (PDP) devem ser capazes de projetar produtos levando em consideração esses diversos objetivos (BREWER e ARNETTE, 2016).

Para atender tal necessidade de design de produtos multi-objetivos, algumas organizações estabeleceram times multifuncionais de desenvolvimento. Tais times devem incluir especialistas técnicos capazes de integrar funções para construir diferentes funcionalidades nos produtos, mas também deve contar com membros que saibam como migrar o produto da etapa de projeto para a linha de produção; como planejar a sua distribuição, suporte e reciclagem; e que entendam como o design será recebido pelo mercado (SOBEK et al., 1999). Essa nova abordagem de desenvolvimento de produtos oferece a oportunidade de profissionais de cadeia de suprimentos se envolverem no processo em áreas como logística, manufatura e suprimentos (*procurement*). Focando no aspecto de suprimentos dentro do processo de desenvolvimento de produtos (PDP), é necessário destacar o conceito de “*design for procurement*” (DFP), que consiste na aplicação de atividades de suprimentos para novos produtos que irão melhorar a performance do PDP no curto prazo e o desempenho sustentável de produtos a longo prazo, incluindo aspectos econômicos e ambientais (BREWER e ARNETTE, 2016).

Segundo Brewer e Arnette (2016), *design for X* (DFX) são técnicas empregadas no PDP para garantir que o time de desenvolvimento de produtos influencie objetivos no PDP que facilite seus atingimentos ao longo do ciclo de vida do produto. Exemplos de áreas de DFX incluem: *design for manufacturability*, *design for disassembly*, *design for recovery*, *design for quality*, *design for recyclability* e *design for procurement*. Nesse contexto, o DFP se encaixa na categoria de *design for supply chain*, que inclui também o *design for logistics* e *design for*

reverse logistics (ARNETTE, 2014), como pode-se observar na Figura 2-3. Tal categoria se concentra no design de produtos enquanto considera também o seu impacto na performance e no sucesso da cadeia de suprimentos (SHARIFI, 2006) e o DFP especificamente foca no início da cadeia de suprimento (*upstream supply chain*). Por fim, o intuito da técnica de DFP é projetar produtos com base em informações oriundas da equipe de suprimentos que estabeleça uma base de suprimento adequada aos objetivos e métricas que apoiam o sucesso dos produtos (BREWER e ARNETTE, 2016).

Figura 2-3 Classificação de técnicas utilizadas no desenvolvimento de produtos

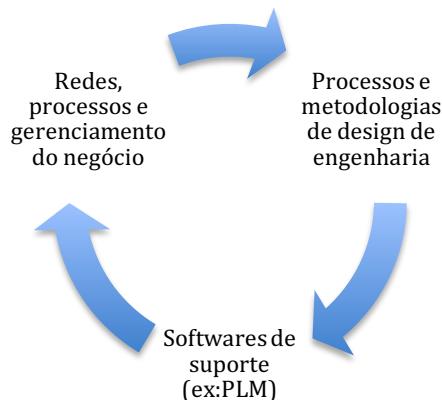


Fonte: Adapatado de BREWER e ARNETTE (2016)

2.2.3 *Modelo de Design for Procurement*

Uma vez já discutido a relação de custos de componentes com *procurement* e em seguida o conceito de DFP no processo de desenvolvimento de produtos, nesta seção será apresentada um possível modelo (*framework*) para a técnica de *Design for Procurement*.

Figura 2-4 Modelo de Design for Procurement



Fonte: Adaptado de PULKKINEN, MARTIKAINEN, KUUSELA (2012)

O modelo de Pulkkinen, Martikainen e Kuusela (2012) aborda, em primeiro lugar, a relação de compras com a estratégia e com o gerenciamento dos processos das organizações. Segundo o modelo, as atividades de compras são dependentes dos mecanismos de decisão e da estratégia de operação das empresas com relação ao seu processo de entrega de vendas. Dessa forma, tal alinhamento entre compras e a estratégia deve ser levado em consideração em qualquer esforço de melhoria da função compras das empresas. Além disso, nessa etapa de relacionamento com “redes, processos e gerenciamento do negócio”, é necessário estabelecer os objetos da função compras, que podem ser tanto estruturas de produtos quanto atividades relacionadas ao ciclo de vida do produto. Como exemplos de estruturas de produtos, pode-se destacar sistemas, módulos, componentes, materiais, etc. Já, com relação às atividades relacionadas ao ciclo de vida, tem-se engenharia, produção, manutenção, etc.

A segunda etapa do modelo de DFP envolve os processos e metodologias de design, que consiste, basicamente, no próprio processo de desenvolvimento de produtos. Nessa etapa, é importante que o time de desenvolvimento de produtos identifique os estágios relevantes do ciclo de desenvolvimento, que podem ser engenharia, produção, marketing, finanças ou fornecimento. Nesse contexto, o time de desenvolvimento deve considerar o melhor momento

para o envolvimento do fornecedor no processo. O conceito de envolvimento antecipado do fornecedor (*ESI – Early Supplier Involvement*) pode ser descrito como a prática que reúne um ou mais fornecedores selecionados com o time de design de produto no início do processo de desenvolvimento do produto (PULKKINEN, MARTIKAINEN E KUUSELA, 2012). Ao integrar fornecedores no processo de desenvolvimento de produtos (PDP), é possível alcançar um impacto direto nas decisões de design, processo de manufatura e de cadeia de suprimentos. A prática de ESI permite às empresas focarem na integração de sistemas e na funcionalidade geral de seus produtos, ao invés de despender tempo em projetos técnicos detalhados. Isso permite uma maior troca de informações e de conhecimento entre fabricantes e fornecedores, além de auxiliar no processo de determinação de especificações de produtos. Ademais, quando empresas fabricantes e fornecedoras trabalham em conjunto, elas compartilham riscos legais e financeiros do desenvolvimento (SWINK, 2011). Dessa forma, o envolvimento de fornecedores nas etapas iniciais do PDP impacta positivamente a produtividade, velocidade e qualidade dos produtos fabricados, assim como reduz os custos de desenvolvimento (PULKKINEN, MARTIKAINEN E KUUSELA, 2012). Além dos benefícios do ESI mencionados acima e também descritos no contexto do Lean Production (seção 2.1.3), também há riscos decorrentes da prática de ESI, tais como possível perda de controle sobre propriedade intelectual e dependência demasiada de parceiros, riscos esses que podem comprometer o processo de inovação das empresas.

Além do ESI, a segunda etapa do modelo de DFP de Pulkkinen, Martikainen e Kuusela (2012) destaca também como os requisitos de produtos são definidos. Segundo os autores, o processo de avaliação de requisitos pode ser dividido em duas etapas: processo de verificação e de validação (V&V). O processo de verificação tem o intuito de garantir que o produto corresponda à sua lista de requisitos. O processo de validação, por sua vez, visa garantir que o usuário final do produto esteja satisfeito com o mesmo, ou seja, que os requisitos reais dos clientes sejam atendidos.

De forma geral, o objetivo do processo de V&V é coletar dados do desenvolvimento de produto e transferí-los para os demais *stakeholders* da empresa. Tal fluxo de informação auxilia no processo de tomada de decisão sobre futuros projetos de produtos. (PERTTULA, 2007). Adicionalmente, tal processo de V&V é uma forma de redução de incertezas no PDP, auxiliando na eliminação de riscos de falhas do desenvolvimento de produtos (PERTTULA, 2007).

Tanto o ESI quanto os processos de validação e verificação auxiliam examinar produtos e suas estruturas sob a perspectiva de compras durante o PDP. Ao se fazer decisões racionais com relação à arquitetura de produtos (definição de complexidade de componentes, número de componentes, aspectos de famílias de produtos, etc.), empresas conseguem diminuir o nível de complexidade e aumentar o grau de similaridade dos mesmos. Dessa forma, a diminuição do nível de complexidade e a forma de interação entre os componentes do produto afetam o número de fornecedores necessários, a duração da vida útil de produtos e estratégias de customização, por exemplo (PULKKINEN, MARTIKAINEN E KUUSELA, 2012).

Vale destacar que a análise de estruturas e arquiteturas de produtos sob a perspectiva de compras será um dos pontos centrais deste trabalho de formatura e será desenvolvida de fato nos capítulos 3 e 4.

Por fim, o terceiro e último aspecto da estrutura de DFP proposta por Pulkkinen, Martikainen e Kuusela (2012) consiste na utilização de softwares de suporte para algumas atividades finais do processo de desenvolvimento como a gestão do ciclo de vida do produto (*PLM - Product lifecycle management*). A PLM consiste em uma abordagem integrada que abrange um conjunto de métodos, modelos e ferramentas de TI para o gerenciamento de informações de produtos, processos de engenharia e aplicações ao longo de diferentes fases do ciclo de vida do produto (PULKKINEN, MARTIKAINEN E KUUSELA, 2012).

2.2.4 Design For Manufacturing and Assembly (DFMA)

2.2.4.1 Introdução sobre DFMA

Segundo Boothroyd, Dewhurst e Knight (2002), *Design for Manufacture and Assembly* (DFMA) é a combinação entre *Design for Manufacture* (DFM) e *Design for Assembly* (DFA). Tanto o DFM como o DFA possuem o mesmo objetivo, que consiste em aumentar a eficiência dos processos de produção do produto com relação à manufatura e à montagem.

O DFM, também conhecido como “Projeto orientado à manufatura”, tem como objetivo garantir que as partes individuais dos produtos, que são agrupadas e montadas, sejam facilmente manufaturadas. O DFM, por sua vez, visa eliminar características indesejáveis e desnecessárias do produto que possam dificultar o seu processo de manufatura. Um exemplo disso é o desperdício de tempo e recursos na fabricação de produtos com acabamentos e tolerâncias dimensionais melhores que o necessário. O DFA, também conhecido como “Projeto voltado à montagem”, por sua vez visa garantir que a montagem do produto seja realizada de forma fácil e rápida.

A complexidade do produto pode tornar a produção do mesmo muito difícil tecnicamente. Assim, uma possível alternativa é reprojetar o produto, o que leva ao atraso no seu tempo de lançamento ao mercado, além de todos os custos associados ao retrabalho. No entanto, outra solução seria aumentar o nível de comunicação e de interação entre os projetistas e os engenheiros de fabricação durante a fase inicial de projeto. Esta interação tende a levar à formação de equipes de engenharia simultânea, que têm a atribuição principal estudar e analisar as propostas de projeto utilizando-se dos conhecimentos e conceitos básicos da metodologia DFMA. Com isso, pode-se afirmar também que a capacidade de estimar os custos de montagem e os de manufatura nas fases iniciais do projeto do produto é um dos princípios do DFMA.

Segundo Boothroyd, Dewhurst e Knight (2002), ao se trabalhar no processo de projeto utilizando a metodologia DFMA, a análise e aplicação do mesmo deve ocorrer posteriormente à definição do primeiro conceito do produto. Após à execução do DFA, simplificações da estrutura do produto são desenvolvidas, de forma que as características do produto são melhoradas em cada avaliação realizada. A seguir, deve-se fazer um estudo prévio sobre os possíveis materiais e processos que podem ser utilizados, assim como uma primeira estimativa de custo. Seguindo esses passos, atinge-se um conceito ideal de projeto. Em

seguida, deve-se realizar uma completa análise dos materiais e processos que podem ser utilizados no projeto, para então obter-se o desenho detalhado dos componentes do produto. No momento que o projetista tem o desenho detalhado das partes, o mesmo pode passar para a fase de construção do protótipo e, finalmente, com o protótipo aprovado, pode-se iniciar a produção do produto.

O DFMA também prevê um procedimento sistemático para analisar uma proposta de concepção do ponto de vista de montagem e fabricação. Este procedimento resulta em produtos mais simples e confiáveis, levando consequentemente à menores custos para fabricar e montar. Além disso, a eventual redução no número de peças produz um efeito exponencial sobre a redução dos custos, uma vez que implica em menos desenhos e especificações, menor estoque necessário, menos mão-de-obra, dentre outras economias.

Segundo Salustri e Chan (2005), o objetivo do DFA é simplificar o produto para que seu custo de montagem seja reduzido. Ademais, como consequência da aplicação do DFA, obtem-se melhor qualidade e confiabilidade, e uma redução do estoque na produção de peças e equipamentos. O DFA exige que se analise todas as partes do projeto para qualquer problema de montagem no início do processo de criação. Assim, Salustri e Chan (2005) definem DFA como sendo “um processo para aprimorar o projeto do produto, para obter uma montagem fácil e de baixo custo, focando-se na funcionalidade e na facilidade de montagem simultaneamente”.

Por fim, de acordo com Costa, Silva e Silva (2005), o DFA parte da premissa de que um produto ideal seria constituído por apenas uma peça. Assim, tem-se que o número de peças é o maior fator de influência quando se leva em consideração a eficiência da linha de montagem. De acordo com Boothroyd, Dewhurst e Knight (2002), uma ferramenta de projeto DFA deve ser eficaz para analisar a facilidade de montagem dos projetos de produtos e deve fornecer resultados rápidos, além de ser fácil de usar, eliminar avaliações subjetivas da montagem do projeto e também fácil comparação dos planos alternativos. Além disso, tal ferramenta deve assegurar que as soluções sejam avaliadas de forma lógica, identificando áreas problemáticas da montagem e sugerindo abordagens alternativas para simplificar a estrutura do produto, com o intuito de reduzir os custos de fabricação e montagem consequentemente. Ademais, os autores citam ainda que ao se aplicar a ferramenta DFA, verifica-se uma melhoria considerável na comunicação entre o setor de manufatura e o setor de projeto e, como resultado, as ideias geradas em conjunto fazem com que o número de erros

na tomada de decisões seja reduzido consideravelmente.

2.2.4.2 *Princípios e Regras do DFMA*

Como foi possível perceber, o *Design For Manufacturing and Assembly* leva em consideração a função, forma, o material e a montagem de cada peça de modo a desenvolver um produto funcional e simples, minimizando e/ou incorporando peças do sistema e reduzindo o custo do produto e de sua montagem.

Nesse contexto, foram criados vários princípios que auxiliam os projetistas a desenvolver um produto, atendendo aos requisitos básicos da metodologia DFMA (BARBOSA, 2007). Tais princípios são encontrados na literatura e as principais regras, que devem ser aplicadas pela metodologia DFMA, podem ser observadas na Tabela 2-1.

Tabela 2-1 Princípios do DFMA

Princípio	Efeitos sobre o produto
Minimização do número de peças	<ul style="list-style-type: none"> Um dos princípios mais evidentes e importantes, uma vez que, com a redução do número de peças, o custo de produto, da montagem e o tempo de montagem também podem ser reduzidos, simplificando o produto final.
Montagem Modular ou com componente-base	<ul style="list-style-type: none"> Técnica utilizada que visa o uso de apenas uma base para a produção de produtos diferentes; Incorporação de componentes de fixação e características de alinhamento, facilitando a montagem do produto; Diversificação produtos a partir da combinação de módulos intercambiáveis e funcionalmente independentes.
Padronização de componentes	<ul style="list-style-type: none"> Redução da variação de peças em uma linha de montagem, na padronização de ferramentas e aumento da qualidade e confiabilidade do produto.
Peças com características autofixadoras	<ul style="list-style-type: none"> Eliminação de componentes como parafusos, porcas e arruelas; Facilidade da montagem e desmontagem do produto.
Montagem empilhada ou unidirecional	<ul style="list-style-type: none"> A montagem unidirecional consiste na utilização da lei da gravidade (de cima para baixo); Redução do número de reorientações dos componentes durante a montagem, facilitando assim o processo de fabricação.
Peças com características de autolocalização	<ul style="list-style-type: none"> Características de autolocalização podem ser conseguidas no componente por meio de chanfros e rebaixos, por exemplo; Redução do tempo de montagem, aumento da qualidade do produto e possibilidade da montagem ser realizada automaticamente.
Facilidade de manipulação de peças	<ul style="list-style-type: none"> Componentes com peso reduzidos e de fácil manipulação agilizam a montagem do produto; Os principais fatores que afetam a facilidade de manipular os componentes são: geometria, rigidez, peso, simetria, dentre outros.
Minimização da necessidade de ajustes	<ul style="list-style-type: none"> A eliminação ou redução de ajustes durante a montagem ajuda a reduzir o tempo do processo, facilita a manufatura e aumenta a qualidade e confiabilidade do produto; As tolerâncias geométricas das peças devem ser definidas corretamente, de modo a possibilitar montagens fáceis e ágeis.

Fonte: Adapctado de BARBOSA (2007)

Assim, nessa subseção, foram apresentados o conceito da metodologia DFMA e algumas de seus princípios mais importantes. No entanto, o desenvolvimento e aplicação dessa metodologia no projeto do produto em estudo serão explorados no capítulo 3 deste trabalho.

2.3 Visão geral do setor

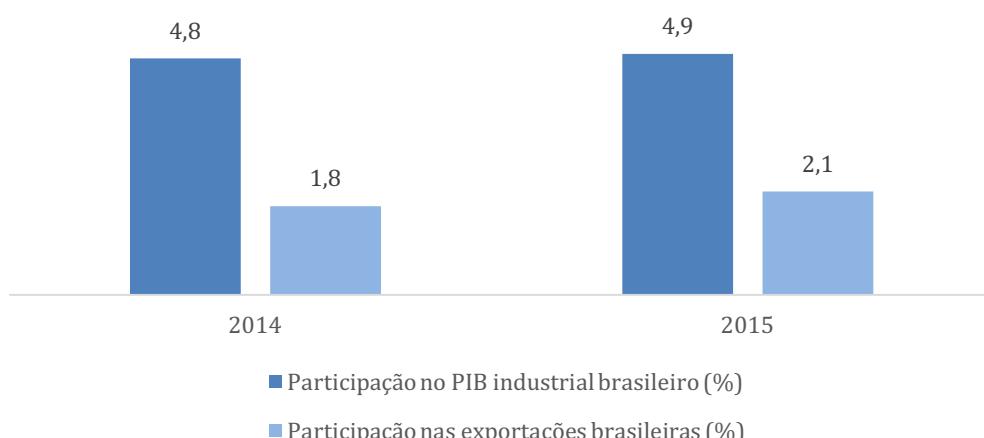
Para o completo entendimento do problema a ser abordado neste trabalho de formatura, é essencial compreender o funcionamento do setor de alumínio no Brasil, uma vez que se trata da principal matéria prima de panelas de pressão. Em seguida, serão apresentadas as aplicações do alumínio nos diversos setores e a relevância da indústria do alumínio para a economia nacional.

2.3.1 Perfil da indústria do alumínio no Brasil

Segundo a Associação Brasileira do Alumínio (ABAL), O Brasil é o décimo primeiro produtor de alumínio primário, precedido pela China, Rússia, Canadá, Emirados Árabes, Índia, Austrália, Estados Unidos, Noruega, Bahrein e Arábia Saudita. Além disso, o Brasil se posiciona como terceiro produtor de bauxita, atrás da Austrália e China; e terceiro maiorprodutor de alumina, atrás de China e Austrália.

Para retratar a importância da indústria do alumínio para a economia brasileira, vale destacar alguns indicadores, como, por exemplo, a sua participação tanto no PIB quanto nas exportações, conforme ilustrado a Figura 2-5.

Figura 2-5 Indicadores da indústria do alumínio



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da Associação Brasileira do Alumínio

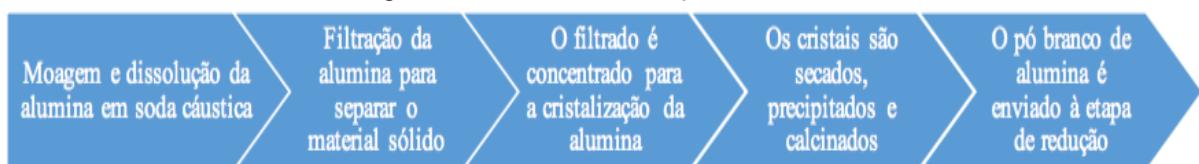
2.3.2 Cadeia primária e processos de produção do alumínio

Inicialmente, vale descrever brevemente a cadeia produtiva do alumínio, desde sua extração até a obtenção de lingotes, que consiste na principal matéria prima do processo produtivo em análise neste trabalho. Em seguida, serão descritos os principais processos de produção pelos quais o alumínio pode ser submetido e transformado.

O alumínio é obtido a partir da bauxita, que deve apresentar no mínimo 30% de óxido de alumínio (Al_2O_3) aproveitável para que a produção de alumínio seja economicamente viável. As reservas brasileiras de bauxita, além da ótima qualidade do minério também estão entre as maiores do mundo. A etapa da mineração pode ser dividida em três grandes atividades: remoção da cobertura vegetal e do solo orgânico; retirada das camadas superficiais do solo (argila e lateritas); e beneficiamento. A atividade do beneficiamento engloba: a britagem, que tem como objetivo a redução do tamanho do minério; a lavagem do minério com o intuito de reduzir a quantidade de sílica contida na parcela mais fina; e secagem.

Após a mineração, há a etapa da refinaria, na qual é gerada como subproduto a alumina. Além de ser insumo para a obtenção do alumínio primário, a alumina tem diversas aplicações como a fabricação de materiais refratários, tratamento de água, uso em produtos abrasivos e para polimento, como retardante de chamas, na fabricação de velas de ignição entre outros. O processo mais utilizado para obtenção de alumina é denominado Bayer e pode ser representado de acordo com a Figura 2-6.

Figura 2-6 Processo de obtenção de alumina



Fonte: Adaptado do site da Associação Brasileira do Alumínio

Por fim, a última etapa do processo produtivo é a redução do alumínio, que consiste na redução da alumina calcinada em cubas eletrolíticas, a altas temperaturas, em um processo conhecido como Hall-Héroult. Para se ter uma dimensão do rendimento desse processo de redução, são necessárias duas toneladas de alumina para produzir uma tonelada de metal primário.

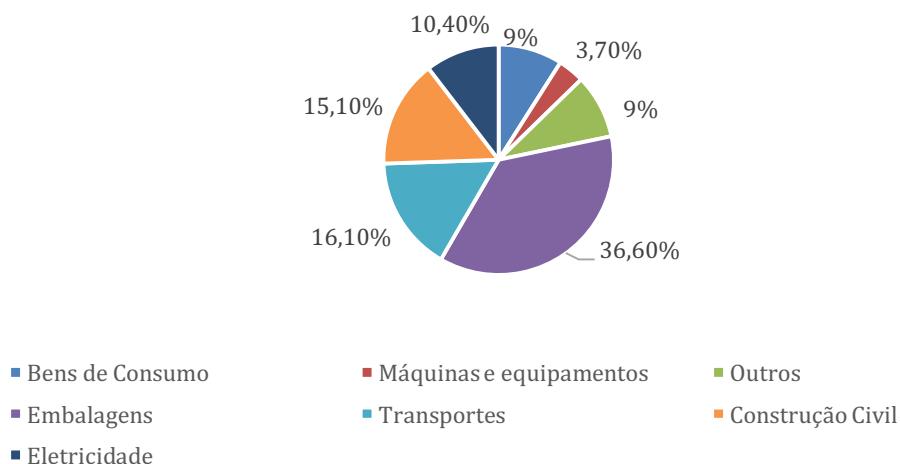
Uma vez compreendido a cadeia primária de obtenção de alumínio, vale destacar os processos produtivos do alumínio. Uma das vantagens mais importantes do alumínio é o fato de poder ser transformado com facilidade. O alumínio pode ser laminado em qualquer espessura e extrudado em diversos perfis de seção transversal constante e grande comprimento. O metal pode ser também, forjado ou impactado. Arames de alumínio trefilados a partir de vergalhões dão origem a fios de alumínio que, após serem encordoados, transformam-se em cabos condutores. A facilidade e a velocidade com o qual o alumínio pode ser usinado é outro importante fator que contribui para difundir o uso desse material e que também aceita, praticamente, todos os métodos de união, tais como rebitagem, soldagem, brasagem e colagem. Assim, dado o caráter versátil em termos de processos de transformação, pode-se destacar os seguintes processos de transformação do alumínio: laminação; extrusão; forjamento; fundição; estampagem; soldagem; usinagem; acabamento; reciclagem; etc.

No caso da Alumínio Fulgor, como descrito na seção 1.1.1 “Visão geral do processo produtivo”, os processos de transformação do alumínio empregados são: fundição, laminação, estampagem e acabamento.

2.3.3 Aplicações e produção do alumínio

O alumínio produzido e transformado tem aplicações em diversos setores da economia, como ilustrado na Figura 2-7.

Figura 2-7 Consumo de alumínio por setor em 2015



Fonte: Adapatado da Associação Brasileira do Alumínio

Panelas de alumínio, bem produzido pela Alumínio Fulgor, se enquadram na categoria de Bens de Consumo (junto com móveis, eletroeletrônicos, linha branca e artigos esportivos constituídos de alumínio), representando 16,10% do consumo de alumínio no Brasil. Uma vez compreendido o consumo de alumínio por setor da economia, é importante verificar a evolução da sua produção no Brasil, o que é representada na Figura 2-8.

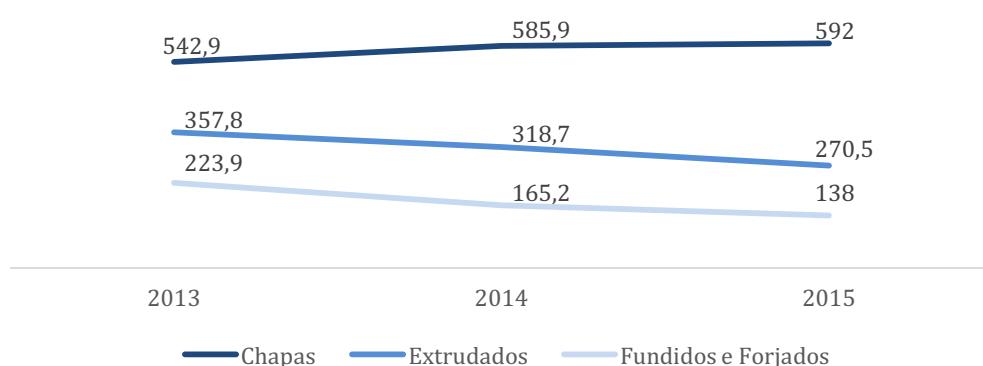
Figura 2-8 Produção de alumínio primário no Brasil em 2015



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da Associação Brasileira do Alumínio

Como pode-se perceber, a produção de alumínio primário no Brasil apresentou um crescimento de 2,6% entre o primeiro trimestre de 2016 e 2017. Se tal taxa de crescimento de produção se mantiver para os demais meses do ano, a produção anual de 2017 tende a alcançar o patamar de 813,3 milhares de toneladas. Além de alumínio primário, é interessante analisar a produção de produtos transformados de alumínio, como pode-se analisar na Figura 2-9, que representa a evolução de produção das três principais categorias de produtos transformados de alumínio no Brasil.

Figura 2-9 Produção de produtos transformados de alumínio em milhares toneladas



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da Associação Brasileira do Alumínio

Como pode-se observar, das três principais categorias de produtos transformados de alumínio, apenas a categoria “chapas” apresentou crescimento de produção nos últimos anos. Para a realidade da Alumínio Fulgor, isso representa um aumento da oferta de sua principal matéria prima, que são justamente chapas e lingotes de alumínios.

3 METODOLOGIA

Esse capítulo visa explicar as metodologias utilizadas para atingir os objetivos do trabalho de formatura, ou seja, a otimização dos gastos de Suprimentos na empresa Alumínio Fulgor por meio do design de produtos.

Esse capítulo será dividido em duas partes: a primeira consiste em metodologias aplicadas para analisar as áreas de Compras e as suas oportunidades de redução de custos em uma organização; enquanto a segunda foca em uma metodologia específica de otimização de design de produtos.

3.1 Metodologias de análise de gastos com compras

Nesta seção, duas metodologias serão apresentadas. A primeira, proposta por Laseter (1998), consiste em uma metodologia para modelagem de gastos com compras dentro de uma organização, partindo da segmentação dos mesmos até a identificação de todos os indutores de custos de um componente. A segunda metodologia, desenvolvida por Anderson, Fleisch, Gerstenhaber e Thakara (2012), apresenta uma forma sistematizada para se avaliar a função Compras dentro das organizações e as ferramentas de redução de custos utilizadas por elas.

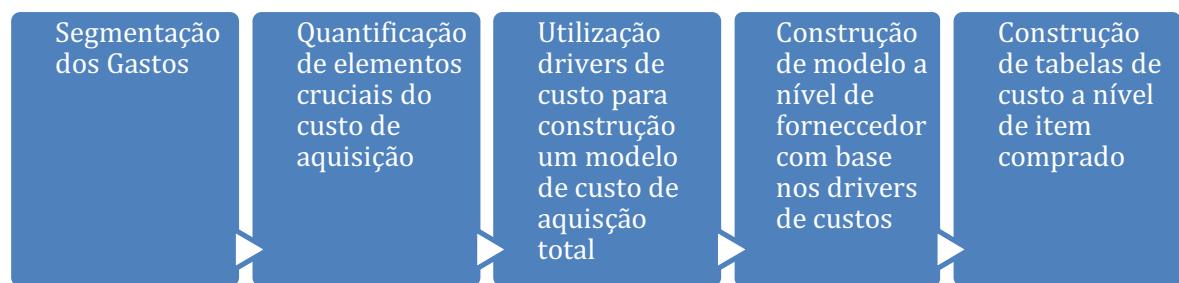
Vale destacar que tais metodologias são, de certa forma, complementares, uma vez que a primeira foca no passo-a-passo para a identificação de indutores de custos a nível do componente comprado, enquanto a segunda avalia a atuação da área de Compras, que deve se utilizar de ferramentas e de indutores de custos para buscar estratégias e negociar efetivamente reduções com fornecedores.

Por fim, por se tratar de metodologias desenvolvidas em épocas distintas, é possível identificar algumas diferenças interessantes entre elas. A primeira diferença diz respeito a como, tanto a compra de serviços (compras indiretas) quanto a compra de materiais diretos (compras diretas), são relaventes para a função de Compras moderna, enquanto a metodologia mais antiga de Laseter (1998) não aborda em nenhum momento os indutores de gastos em serviços. Em segundo lugar, é interessante notar que a metodologia de Anderson, Fleisch, Gerstenhaber e Thakara (2012) tem um enfoque muito maior para implementação das ferramentas e do projeto de melhoria da área de Compras, enquanto a proposta de Laseter (1998) possui uma abordagem mais teórica de modelagem de custos.

3.1.1 Modelagem de gastos com compras

O livro *Balanced Sourcing*, de Laseter (1998), apresenta uma abordagem sistêmica para modelar as compras realizadas por uma organização. As etapas macro da metodologia proposta por Laseter estão descritas na Figura 3-1.

Figura 3-1 Metodologia de modelagem de gastos de compras



Fonte: Adapatado de LASETER (1998)

3.1.1.1 Segmentação dos gastos

Ao parametrizar e segmentar os gastos de compras, empresas conseguem agrupar itens e serviços individualmente adquiridos em categorias lógicas ou famílias de produtos. Apesar de parametrização e segmentação de gastos parecer algo objetivo, poucas organizações possuem sistemas que auxiliam nessa tarefa e as que possuem geralmente apresentam inconsistências. Até mesmo em empresas com sistema de compras padronizado e difundido (*standardized company-wide purchasing systems*), um significativo número de compras, tais como propaganda e gastos com viagens, não é processado através desses sistemas (LASETER, 1998). Para ilustrar tal fenômeno, Laseter apresenta o resultado de uma pesquisa que mostra que menos de 75% das compras realizadas por uma organização são gerenciadas e controladas pela função de compras. Até mesmo empresas referência em tal quesito raramente ultrapassam a marca de 90%.

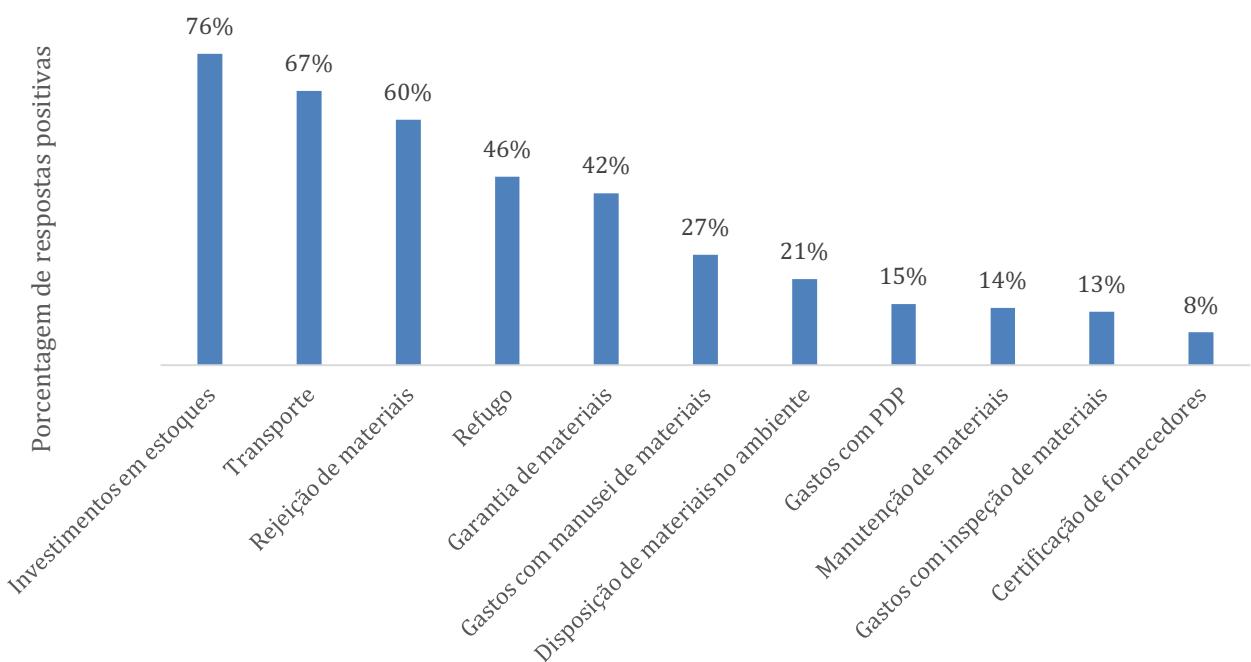
Uma vez que todos os gastos foram identificados e parametrizados, é necessário agrupá-los em grupos lógicos que facilitem a modelagem. Geralmente a melhor segmentação agrupa itens pelas “indústrias fornecedoras” (*supply industries*) e/ou pela “tecnologia empregada no

processo” (*process technology*), uma vez que o entendimento da dinâmica econômica do fornecedor dá os fundamentos para os modelos inciais de custos. Segundo o autor, a maneira menos efetiva de segmentação de itens consiste no agrupamento por meio da aplicação final do produto (*end-product application*).

3.1.1.2 Quantificação de elementos cruciais do custo de aquisição

Uma vez que todos os gastos estão registrados e segmentados, um modelo geral de custo total de aquisição deve ser desenvolvido. Alguns elementos de custo podem não ser óbvios, mas são significativos e geralmente difíceis de quantificar. Por exemplo, empresas geralmente identificam e quantificam os custos relativos à expedição, processamento de pedidos, qualificação de fornecedores, dentre outros. No entanto, gastos relacionados à paralização, garantia e nível de serviço são menos óbvios e muitas vezes não são identificados pelas organizações. Com o intuito de ressaltar os elementos de custos mais e menos facilmente identificados, a Figura 3-2 evidencia a frequência dos itens de custos rastreados a nível de fornecedor.

Figura 3-2 Elementos de custos rastreados por fornecedor

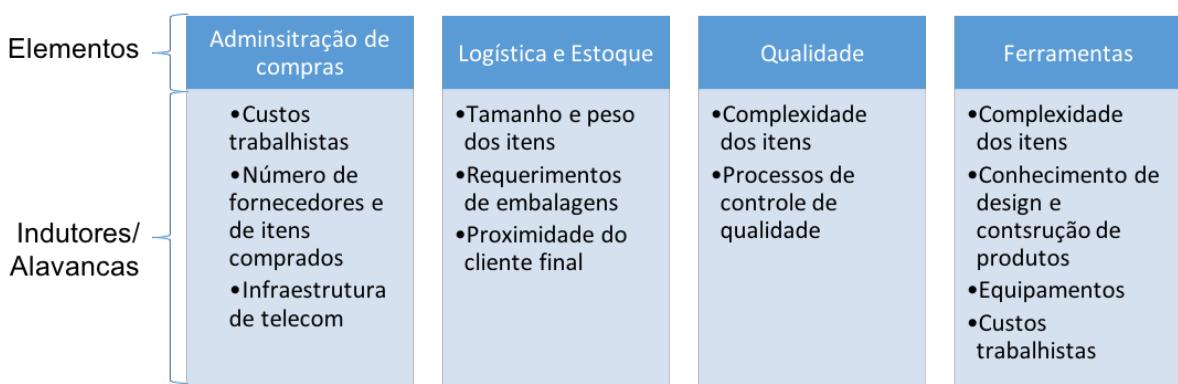


Fonte: Adaptado de LASETER (1998)

3.1.1.3 Utilização drivers de custo para construção um modelo de custo de aquisição total

Apesar da identificação dos valores de custos absolutos ser essencial, um modelo eficiente, segundo Laseter (1998), deve identificar alavancas/indutores (*drivers*) de custos, e não apenas elementos. Por exemplo, para o gasto de certificação de fornecedores, um indutor de custos é o número de fornecedores. Para os gastos de transporte, por sua vez, indutores importantes são peso dos itens transportados, distância percorrida e meio de transporte utilizado. Para demonstrar como os indutores de custos (*cost drivers*) e os elementos de custos se relacionam, a Figura 3-3 fornece como exemplo alguns elementos e indutores de custos de uma indústria de eletrônicos.

Figura 3-3 Exemplos de elementos e indutores de custos na indústria de eletrônicos



Fonte: Adaptado de LASETER (1998)

Com as alavancas de redução de custos identificadas, é possível atuar sobre elas a fim de se obter economia para as organizações.

3.1.1.4 Construção de modelo para fornecedor com base nos drivers de custos

Até o passo 3 da abordagem proposta por Laseter (1998), a modelagem dos custos de compras consiste, basicamente, em um compilado de custos de um conjunto de fornecedores. No entanto, cada fornecedor é distinto com relação à sua estrutura de custos. O custo de transporte corresponde a uma maior porcentagem na estrutura de custos de um fornecedor que se localiza mais distadamente, por exemplo. Dessa forma, é necessário desdobrar a estrutura de custos dos fornecedores em seus principais elementos/componentes: mão de obra direta,

materiais, gastos com vendas, lucro, etc. Com exceção à margem de lucro, a maioria dos fornecedores compartilham esse tipo de detalhes (LASETER, 1998). O próximo passo, como já visto anteriormente, é identificar os indutores de custos dos fornecedores. A Tabela 3-1 fornece mais informações com relação aos indutores de custos frequentes na análise de custos de fornecedores.

Tabela 3-1 Framework de indutores/alavancas de custos

Categoría	Descripción	Exemplos
Design	Custos relacionados aos tradeoffs de design de produtos	Especificação de materiais Complexidade do produto
Instalações	Custos relacionados ao tamanho das instalações, equipamentos e tecnologia do processo empregado	Grau de automatização Nível de integração vertical Escabilidade
Geografia	Custos associados à distância das instalações em relação ao cliente	Custos de transporte Custos salariais regionais
Operações	Custos que diferenciam operações bem e mal gerenciadas	Produtividade da mão de obra Taxa de rejetos Utilização da planta

Fonte: Adaptado de LASETER (1998)

3.1.1.5 Construção de tabelas de custo a nível de item comprado

Avançando ainda mais no nível de detalhe da abordagem de modelagem de custos, Laseter (1998) propõe como última etapa a obtenção de informações mais específicas a nível do item comprado, como, por exemplo, peso, tempo de ciclo para processamento, especificação do material, etc. Em posse de tais informações a nível de item, é possível criar tabelas de custos, que são criadas por meio do cálculo de diferentes cenários e da apresentação de seus resultados em tabela, como mostrado na Tabela 3-2. Com base em tais tabelas, compradores e especialistas em design de produtos conseguem rapidamente estimar o custo de itens usando apenas 2 ou 3 variáveis.

Tabela 3-2 Tabela de custos: exemplo de item de alumínio injetado à alta pressão

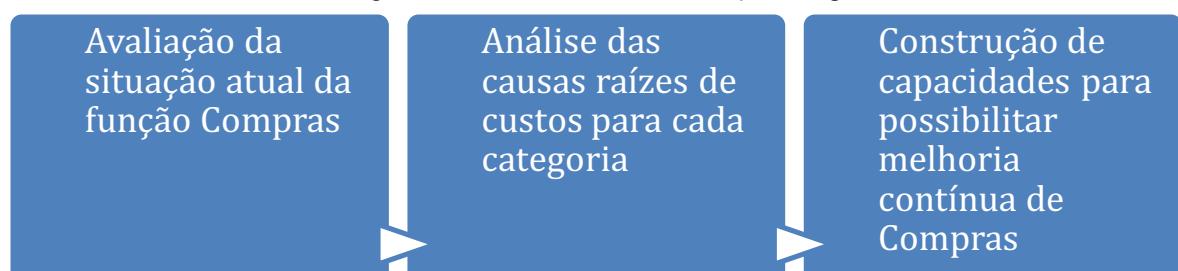
Tempo de ciclo (segundos) e peso dos itens (kg)	0.05kg	0.06kg	0.07kg	0.08kg
50s	\$0.45	\$0.49	\$0.53	\$0.57
52s	\$0.46	\$0.50	\$0.54	\$0.58
54s	\$0.47	\$0.51	\$0.55	\$0.59
58s	\$0.48	\$0.52	\$0.56	\$0.60

Fonte: Adaptado de LASETER (1998)

3.1.2 Análise da função Compras

Os autores Anderson, Fleisch, Gerstenhaber e Thakara escreveram um artigo em 2012 no qual sugerem um modelo de análise da função Compras dentro das organizações. Tal modelo pode ser esquematizado como mostra a Figura 3-4.

Figura 3-4 Modelo de análise da função Compras



Fonte: Adaptado de ANDERSON, FLEISCH, GERSTENHABER E THAKARA (2012)

3.1.2.1 Avaliação da situação atual da função Compras

O primeiro passo da metodologia é avaliar em que posição a função Compras de uma determinada organização se encontra no estado presente. As empresas que geralmente atingem maiores economias em suas estruturas de Suprimentos são aquelas que frequentemente se questionam a fim de compreender claramente como lidam com oportunidades de redução de custo e quais oportunidades ainda não são exploradas. Para facilitar essa etapa de diagnóstico, os autores desenvolveram um guia de perguntas a serem aplicadas às empresas, ajudando assim na reflexão das mesmas sobre suas funções de Compras. Tal questionamento auxilia as empresas quais capacidades elas devem desenvolver a fim de potencializar economias em suas funções de Suprimentos. No capítulo 4 deste

trabalho, tal questionário será aplicado no caso da Alumínio Fulgor, de forma a avaliar o desempenho atual da sua função de Compras.

3.1.2.2 Análise das causas raízes de custos para cada categoria de compra

Segundo Anderson, Fleisch, Gerstenhaber e Thakara (2012), muitas organizações falham ao aproveitar todas as ferramentas disponíveis que podem lhes ajudar na análise das categorias de compras. Dentre as ferramentas mais importantes, os autores destacam:

Analisar o mix de produtos adquiridos: quando as empresas examinam todos os itens comprados dentro de suas organizações, pode-se encontrar formas de se alterar o mix e gerar economias significativas. Por exemplo, os autores citam que uma empresa de serviços de saúde adotou essa ferramenta e descobriu seus funcionários compraram, no último ano, mais de 13,000 SKUs distintos de materiais de escritório. Com base nisso, a empresa limitou o conjunto de produtos permitidos de serem comprados e transferiu o abastecimento de itens de escritório para um único fornecedor;

Analisar os produtos/serviços adquiridos de forma interfuncional: analisar diversas funções dentro de organizações geralmente gera grande oportunidades de economia de custos. Como exemplo, os autores mencionam o caso de uma empresa na qual cerca de 50% dos seus itens comprados exigiam a contratação de algum tipo de serviço externo à empresa. No entanto, ao analisar mais a fundo e de uma forma interfuncional, descobriu-se várias ineficiências nos serviços de tais prestadores externos. Com base nisso, a companhia redesenhou processos, alterou algumas funções organizacionais de seus funcionários e criou novas métricas de incentivos alinhadas à redução do trabalho de terceiros. Assim, a empresa conseguiu se reestruturar internamente, com maior sintonia entre as diversas funções, diminuindo assim a necessidade da contratação de serviços externos;

Analisar categorias compradas de forma fragmentada: muitas organizações não conseguem economias em suas áreas de Suprimentos uma vez que realizam compras de forma fragmentada. Por exemplo, Anderson, Fleisch, Gerstenhaber e Thakara citam que uma empresa realizou tal análise e descobriu que possuía vinte agências de publicidade como fornecedores diretos. Isso ocorria pois cada unidade de negócios da empresa contratava serviços de suas agências favoritas. Ao unificar todos os serviços de publicidade contratados à

apenas três agências, a empresa conseguiu uma economia de 10% a 15%, que pôde ser realocada em esforços adicionais de marketing;

Analizar os preços praticados pelos fornecedores sob uma nova perspectiva: geralmente quando os preços das commodities aumentam, os fornecedores solicitam aos compradores reajuste dos preços negociados. No entanto, quando tais preços diminuem, compradores falham ao negociar a diminuição dos valores, não explorando assim uma grande oportunidade de redução de custos. Assim, empresas compradoras de itens commoditizados devem monitorar frequentemente os preços de mercado de tais itens, de forma a conseguirem negociar reduções e gerar economia para suas funções de Compras.

3.1.2.3 Construção de capacidades para possibilitar melhoria contínua de Compras

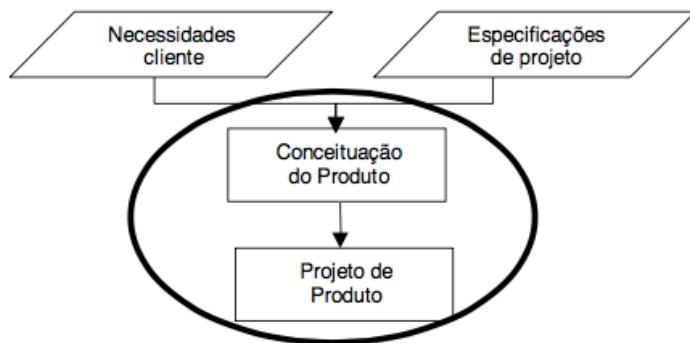
Segundo os autores, muitas empresas não conseguem manter as economias de custos que alcançaram por meio de esforços de suas funções de Compras por mais de um ano. Assim, mesmo aplicando os passos 1 e 2 do modelo proposta de forma correta, poucas empresas conseguem manter a longo prazo os ganhos provenientes da área de Compras. Isso ocorre devido à ausência de planos de implementação bem definidos e também à ausência de equipes de Compras qualificadas. De acordo com Anderson, Fleisch, Gerstenhaber e Thakara (2012), um plano de implementação consistente para um projeto de melhoria da área de Compras deve englobar quatro fatores principais: envolvimento da liderança; comunicação apropriada; criação de *dashboards* de acompanhamento para cada categoria de compra e revisão periódica entre Compras, Finanças e Estratégia das métricas estabelecidas.

3.2 Design for Manufacturing and Assembly (DFMA)

Na subseção 2.2.4 deste trabalho, foi apresentada uma introdução teórica da metodologia do DFMA, assim como alguns de seus princípios. Nesta seção, será dado maior enfoque no contexto e nas etapas de aplicação da metodologia no projeto do produto.

De acordo com Finotti, Perusso, Peixoto e Gonçalves Filho (1999), metodologia DFMA tem como objetivo, durante as fases iniciais de projeto de desenvolvimento de produtos ou de modificações de produtos (Figura 3-5), nas quais os custos de modificações de projeto são relativamente 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 3-5 Fase do projeto do produto na qual o DFMA é aplicado



Fonte: FINOTTI, PERUSSO, PEIXOTO e GONÇALVES FILHO (1999)

Dessa forma, Finotti, Perusso, Peixoto e Gonçalves Filho (1999) definem DFMA como a metodologia que visa a redução de custos, tanto de manufatura (DFM) quanto de montagem (DFA), além do aumento de qualidade do produto e da produtividade de montagem através de simplificações e soluções de projeto durante as fases iniciais de desenvolvimento. De acordo com Ashley (1995), o ponto chave que permite a redução de custo e o aumento da confiabilidade no DFA é a fabricação de produtos com menos peças. Além disso, o DFA foca no agrupamento de peças (*parts consolidation*) e na montagem auxiliada pela gravidade (*top-down gravity-assisted assembly*). Já o DFM, por sua vez, analisa a utilização de materiais selecionados e os processos de manufatura das peças de um projeto de produto, determinando

o impacto financeiro de tais materiais e processos com o intuito de encontrar a forma mais eficiente de produção.

Como objetivo de ilustrar os resultados obtidos pela aplicação das técnicas de DFMA, o instituto Boothroyd Dewhurst Inc. (BDI) conduziu uma pesquisa com empresas que implementam o DFMA. Tal pesquisa indicou alguns resultados típicos da utilização da ferramenta (ASHLEY, 1995), como: redução de 51% no número de peças/itens; queda de 37% no custo de peças; tempo de lançamento de produtos mais rápido em 50%; 68% de aumento na qualidade e confiabilidade dos produtos; queda de 62% no tempo de montagem e redução de 57% no tempo de ciclo.

Uma vez definida a metodologia e os impactos obtidos por meio do DFMA, vale destacar algumas de suas características, de acordo com Ribeiro (2004):

- A metodologia considera os desejos do cliente, uma vez que parte das necessidades do consumidor e das especificações funcionais do produto para chegar ao projeto e à fabricação. É possível acontecer de, partindo das necessidades do consumidor e das especificações, diversas alternativas de projetos serem geradas. A utilidade do DFM, neste caso, é ajudar na escolha da opção que apresente qualidade aliada aos menores custos de manufatura;
- A utilização do DFMA produz valores quantitativos que auxiliam na comparação de alternativas de projeto;
- O DFMA consiste em uma metodologia integrativa que envolve informações de diversos tipos. Devido a isto, sua utilização é mais eficiente se houver a formação de uma equipe multifuncional, envolvendo profissionais das áreas de produção, pesquisa e desenvolvimento, compras, custos e engenharia, dentre outras (ULRICH e EPPINGER, 1995);
- O DFMA é útil tanto no desenvolvimento de novos projetos quanto na melhoria de projetos já existentes.

Uma vez compreendido principais características da metodologia DFMA, vale destacar o processo de aplicação da mesma. O primeiro passo no estudo DFMA é estimar os custos de manufatura. Tais esforços devem ser feitos no sentido de reduzir custos de componentes, custos de montagem e custos de sistemas de apoio à produção. A equipe de projeto, então,

deve considerar os impactos das decisões tomadas com o objetivo de diminuir os custos de manufatura sobre fatores como: tempo de desenvolvimento, custo de desenvolvimento, qualidade do produto e fatores externos. Em posse de tais dados, os custos de manufatura são recalculados e é possível concluir se o projeto é bom o suficiente ou não, conforme ilustrado na Figura 3-6.

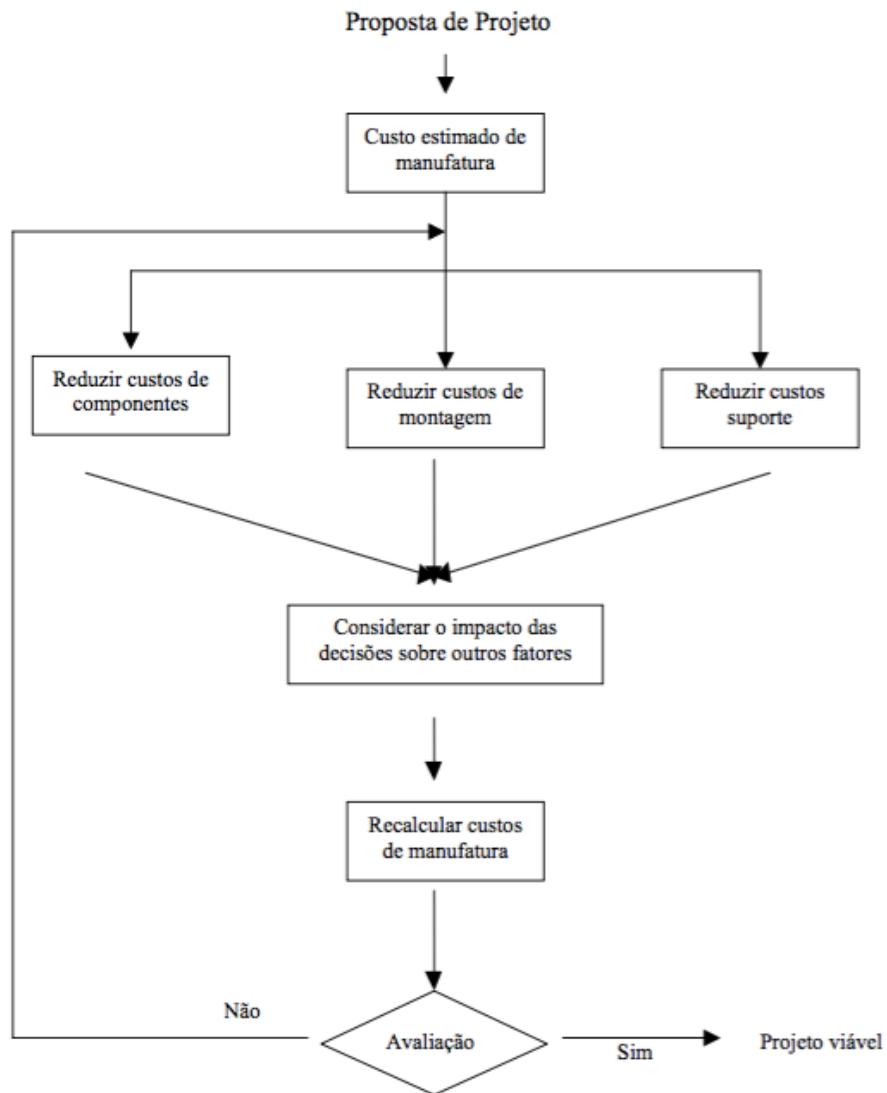
Como forma de auxiliar na etapa de avaliação de projetos, Boothroyd e Dewhurst (1989) propuseram o conceito de eficiência de montagem. Segundo eles, com a utilização de um índice padrão é possível calcular a facilidade de montagem de um produto, auxiliando assim na decisão entre as opções de projetos geradas pelo DFMA. O cálculo do índice padrão se dá da seguinte maneira:

$$DFAi = \frac{\text{número teórico mínimo de peças} \times 3 \text{ (seg)}}{\text{tempo total estimado de montagem}}$$

Com relação à fórmula do índice padrão DFA, deve-se considerar:

- a) Três segundos é o tempo teórico mínimo necessário para a realização de uma operação de montagem manual.
- b) A determinação do número teórico mínimo de peças considera os seguintes fatores:
 - I. Necessidade de existência de movimento relativo entre as partes;
 - II. Necessidade de especificação de diferentes materiais por razões físicas/químicas;
 - III. Necessidade do componente ser desmontável para facilitar sua manutenção

Figura 3-6 Processo de aplicação da metodologia DFMA



Fonte: RIBEIRO (2004)

Concluindo, atualmente pode-se observar empresas que entregam a terceiros serviços como transporte, limpeza, segurança e vendas, entre outros. Dentro deste contexto de proximidade, fabricantes e fornecedores vêm construindo relacionamentos de cooperação ao longo da rede de operações produtivas a que pertencem. Um dos pontos no qual as empresas podem atuar de forma integrada é na perseguição de reduções em custos, aspecto crucial para a manutenção das organizações no ambiente de negócios. O DFMA é uma metodologia que foi informatizada nos anos 90 e tem sido utilizada por organizações de diferentes setores industriais, apresentando resultados consistentes na redução dos gastos empresariais pela redução de custos, tempos, materiais e mão-de-obra envolvidos na fabricação e montagem de produtos manufaturados (RIBEIRO, 2004).

4 ANÁLISES

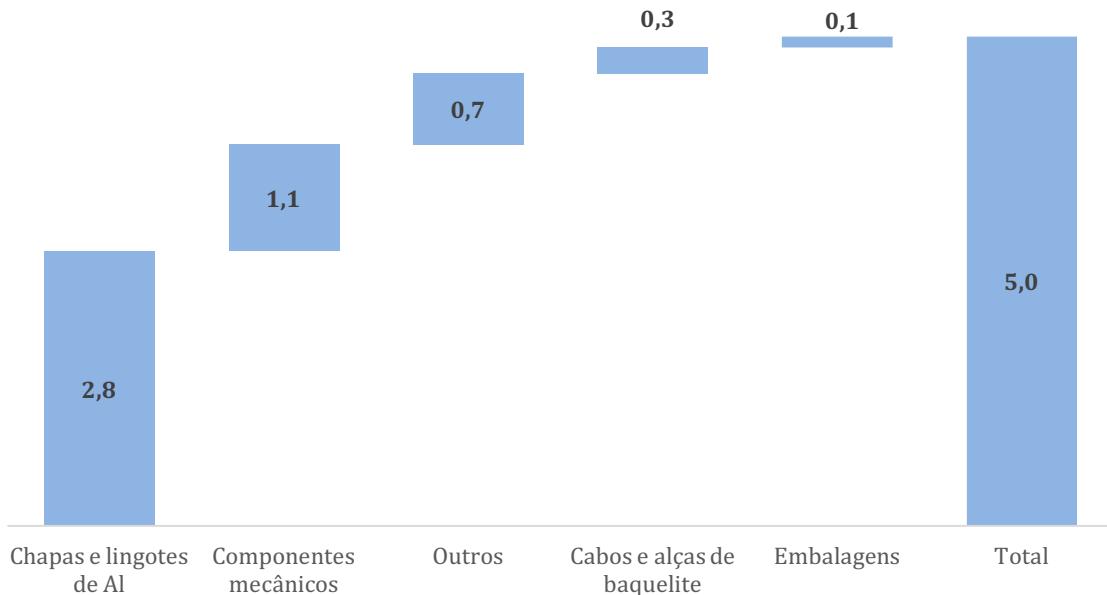
Inicialmente nesse capítulo, serão aplicadas as metodologias de análise de gastos de compras e da função Compras, discutidas na seção 3.1 deste trabalho de formatura, no contexto da Alumínio Fulgor. Em seguida, esse capítulo focará na aplicação do DFMA no projeto de panela de pressão, com o intuito de modificar o design do produto de forma a se reduzir os custos de aquisição de itens.

4.1 Análise da estrutura de custos na empresa

Segundo Laster (1998), o primeiro passo da metodologia para se modelar os custos de aquisição de itens consiste em parametrizar e segmentar os gastos de compras, agrupando itens e serviços individualmente adquiridos em categorias lógicas ou famílias de produtos. Como citado na seção 1.1.3, pode-se classificar os itens e componentes adquiridos como matérias primas da empresa em cinco grandes categorias:

- a. Chapas e lingotes de alumínio;
- b. Cabos e alças de baquelite;
- c. Embalagens;
- d. Componentes mecânicos (ex: válvulas de segurança, anéis de vedação e etc.);
- e. Outros (ex: parafusos, porcas, arruelas, rótulos, etiquetas adesivas, lubrificantes, rodas de polimento, querosene, etc.).

Em segundo lugar, deve-se quantificar os elementos cruciais do custo de aquisição. Na Figura 4-1, são explicitados os custos de aquisição de cada categoria de itens e em seguida os elementos que compõe tais custos de aquisição.

Figura 4-1 Custo de aquisição anual por categoria de itens¹

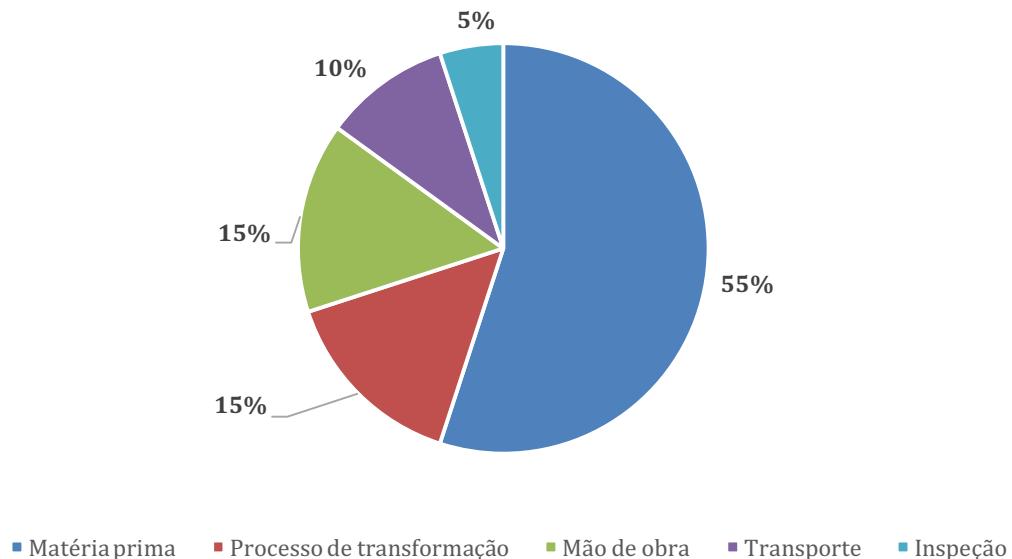
Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da empresa

Vale mencionar que o custo total anual de aquisição de itens (R\$5,0 milhões) corresponde a, aproximadamente, 51% do faturamento anual da empresa. Ademais, é possível perceber pela Figura 4-1 que a categoria mais relevante em termos de custo de aquisição é a de “Chapas e lingotes de alumínio”, que representa 56% do custo total. Por outro lado, a categoria de menor representatividade com relação ao custo total de aquisição é de “Embalagens”, que corresponde a 2% do custo total.

Uma vez compreendido o custo de aquisição por categoria, é necessário analisar mais a fundo quais componentes compõe tal custo. Para tal, será analisado a composição do custo de aquisição total, do ponto de vista do fornecedor de itens “chapas e lingotes de alumínio”, como indicado na Figura 4-2.

¹ Dados mascarados através de um multiplicador.

Figura 4-2 Componentes de custos de aquisição para chapas e lingotes de Alumínio²



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da empresa

Pode-se concluir, a partir da Figura 4-2, que os principais componentes/elementos que determinam o valor de aproximadamente R\$2,8 milhões gastos anualmente com a compra de chapas e lingotes de alumínio são: matéria-prima (55%), processo de transformação (15%), Mão de obra (15%), Transporte (10%) e Inspeção (5%).

Por meio de tal análise, o fabricante do produto final (no caso, a Alumínio Fulgor) consegue identificar tais componentes mais críticos na determinação do valor dos itens adquiridos e buscar soluções para reduzi-los junto com o fornecedor dos itens. Por exemplo, ainda tomando como base o caso de chapas e lingotes de alumínio, o fabricante deve buscar entender em quais condições o fornecedor adquire a matéria prima (condições técnicas, comerciais, contratuais, etc), uma vez que esse é o principal componente do custo da chapa, e auxiliar o fornecedor a reduzi-lo. Dessa forma, quanto menor a estrutura de custo do fornecedor, maior economia o fabricante consegue obter em seu orçamento de compras.

Como terceira etapa da metodologia proposta por Laster (1998), deve-se identificar alavancas/indutores (*drivers*) de custos para cada componente/elemento de cada categoria de itens comprados. Na Tabela 4-1, segue um resumo das oportunidades de redução de custos identificadas para cada categoria de itens da Alumínio Fulgor.

² Não considerando a margem de lucro do fornecedor de chapas de lingotes de alumínio.

Tabela 4-1 Exemplos de alavancas de custo (continua)

Categoria de itens adquiridos	Componentes / elementos de custos	Exemplos de indutores / alavancas de custos
Chapas e lingotes de Alumínio	Matéria prima	<ul style="list-style-type: none"> • Especificação técnica • Indexação de preço • Compra em volume • Compra de sucata (ex: leilão eletrônico) • Compra de fornecedores em países de baixo custo
	Processo de transformação	<ul style="list-style-type: none"> • Automatização • Racionalização do processo
	Mão de obra	<ul style="list-style-type: none"> • Terceirização • Capacitação para aumentar produtividade
	Transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Otimização de rotas • Modais de transporte
	Inspeção	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação de técnicas de Controle Estatístico da Produção (CEP)
Componentes mecânicos	Aquisição de sub-itens	<ul style="list-style-type: none"> • Especificação técnica • Compra de fornecedores em países de baixo custo
	Processo de montagem	<ul style="list-style-type: none"> • Automatização • Melhorias no projeto (design de produto)
	Mão de obra	<ul style="list-style-type: none"> • Terceirização • Capacitação para aumentar produtividade
	Transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Otimização de rotas • Utilização de embalagens específicas • Modais de transporte
	Inspeção	<ul style="list-style-type: none"> • Automatização • Aplicação de técnicas de Controle Estatístico da Produção (CEP)

Tabela 4-1 Exemplos de alavancas de custo (conclusão)

Categoria de itens adquiridos	Componentes / elementos de custos	Exemplos de indutores / alavancas de custos
Cabos e alças de baquelite	Matéria prima	<ul style="list-style-type: none"> • Especificação técnica • Compra em volume
	Processo de transformação	<ul style="list-style-type: none"> • Terceirização (<i>make vs buy</i>) • Automatização • Racionalização do processo
	Mão de obra	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitação para aumentar produtividade
	Transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Otimização de rotas • Utilização de embalagens específicas • Modais de transporte
	Inspeção	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação de técnicas de CEP
Embalagem	Material	<ul style="list-style-type: none"> • Especificações técnicas • Compra em volume • Compra de fornecedores em países de baixo custo
	Processo de transformação	<ul style="list-style-type: none"> • Automatização • Racionalização do processo
	Inspeção	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação de técnicas de Controle Estatístico da Produção (CEP)

Fonte: Elaboração própria, a partir de informações da empresa e de Laseter (1998)

Como pode-se perceber na Tabela 4-1, há uma lista extensa de possíveis alavancas de custos que podem ser exploradas a fim de se reduzir os custos de itens diretos. Algumas dessas alavancas são mais genéricas, podendo ser exploradas em diferentes empresas (por exemplo, compra de itens de fornecedores localizados em países de menores custos de produção), enquanto outras são mais específicas (ex: no caso da Alumínio Fulgor, parte dos itens de baquelite são fornecidos por uma empresa do próprio grupo Fulgor enquanto o restante é fornecido por terceiros). Por isso é necessário analisar qual cenário proporciona o menor custo de aquisição para a empresa – “*make vs buy analysis*”). Vale ressaltar também que este trabalho de formatura se propõe a explorar a ferramenta de “design de produtos” para atingir o seu objetivo explicitado na seção 1.3 e o fará na segunda parte deste capítulo.

O quarto passo da metodologia de modelagem de custos proposta por Laseter (1998) consiste em desdobrar a estrutura de custos por fornecedor. Na Tabela 4-2, foram selecionados quatro fornecedores da Alumínio Fulgor, de categorias de itens distintas, a fim de se realizar essa análise.

Tabela 4-2 Alavancas de custos por fornecedor

Categoria de itens	Cabos e alças de baquelite	Chapas e lingotes de alumínio	Embalagem	Componentes mecânicos
Fornecedor	Alumínio Marpal ³	Novelis do Brasil	Cartonagem Salinas	Guamantec
				
Design	• Melhorias no projeto do produto	n.a.	n.a.	• Arquitetura de sub-itens • Integração
Instalações		• Automatização • Nível de integração vertical • Escabilidade		
Geografia	Custos baixos de transporte (Planta integrada à planta do comprador)	Custos baixos de transporte (Planta localizada na região do ABC paulista)	Maiores custos de transporte (planta localizada na cidade de Pederneiras-SP)	Custos baixos de transporte (Planta localizada em São Paulo)
Operações			• Racionalização do processo • Produtividade da mão de obra • Taxa de rejetos • Utilização da planta	

Fonte: Elaboração própria, a partir de informações da empresa e de Laseter (1998)

Como quinto e último passo da metodologia, Laseter (1998) propõe a obtenção de informações mais específicas a nível do item comprado, como, por exemplo, peso, tempo de ciclo para processamento, especificação do material, etc. Em posse de tais informações a nível de item, é possível criar tabelas de custos que possibilitam estimar rapidamente o custo de itens utilizando apenas 2 ou 3 variáveis. No entanto, essa análise à nível de item não será realizada no contexto desse trabalho por dois motivos:

³ A Alumínio Marpal Ltda. faz parte do grupo industrial Trofa, holding que possui a Alumínio Fulgor.

- Tal tipo de análise a nível de item é válida somente para itens commoditizados e o foco deste trabalho é analisar e otimizar a arquitetura de itens mais complexos (ex: componentes mecânicos do produto);
- O intuito da seção 4.1 é modelar a estrutura de custos da empresa como um todo a fim de identificar oportunidades de se explorar a ferramenta de design de produtos para otimizá-la, e não se aprofundar nas variáveis técnicas que determinam o custo de itens commoditizados (ex: chapas e lingotes de alumínio).

4.2 Análise da função Compras da empresa

Adicionalmente à aplicação da metodologia proposta por Laseter (1998) na seção 4.1, será desenvolvida nesta presente seção a análise da função Compras da Alumínio Fulgor com base na metodologia elaborada por Anderson, Fleisch, Gerstenhaber e Thakara (2012).

O primeiro passo, de acordo com tal metodologia, é avaliar a maturidade atual da função de Compras da empresa. Para isso, os autores desenvolveram um guia de perguntas que permite a reflexão e avaliação da situação atual da área de Suprimentos (guia de perguntas completo no Apêndice D). A seguir, as respostas de tais perguntas, para o contexto da Alumínio Fulgor, são apresentadas. Vale destacar que tais respostas foram obtidas por meio de entrevistas com os diretores da empresa.

1. Como a companhia geralmente aborda oportunidades de redução de gastos?

Opção A: Cortes genéricos no orçamento, permitindo aos executivos decidirem aonde realizar tais cortes.

Opção B: A área de Compras foca na negociação de preços com fornecedores, enquanto o restante da organização é encorajado a reduzir o consumo.

Opção C: Análise profunda dos gastos por cada categoria de item comprado, com ênfase tanto nos níveis de consumo e mix de produtos, quanto nos preços.

No caso da empresa em estudo: Opção A, uma vez que não há uma área de Compras bem estruturada, sendo os diretores que determinam quanto e aonde ocorrem os cortes de orçamento.

2. No último projeto de Compras que foi realizado pela organização, como você descreveria os resultados?

Opção A: Análise interessante, mas não gerou muito impacto.

Opção B: Inicialmente houve impacto, mas não foi possível mantê-lo com o tempo.

Opção C: Resultados significativos que foram mantidos ao longo de vários anos.

No caso da empresa em estudo: Opção A. Segundo relato dos diretores da organização, o último esforço que pode ser considerado como projeto da área de Compras consistiu na renegociação de certos contratos e na revisão da base de fornecedores, que ocorreu há cerca de sete anos atrás. No entanto, tal renegociação não gerou economia significativa para a empresa, tampouco a base de fornecedores sofreu mudanças expressivas.

3. Qual é o papel da função Compras na especificação de componentes para os produtos (gastos diretos) e na definição de política de contratação de serviços externos (gastos indiretos)?

Opção A: A função Compras se restringe à negociação de preços, não atuando na especificação dos produtos e serviços comprados.

Opção B: A função Compras participa de forma consistente, mas não é uma força significativa caso outras áreas (ex: Engenharia) possuam opniões diferentes.

Opção C: A função Compras participa de forma igual às demais áreas, contribuindo consideravelmente para as especificações de compras.

No caso da empresa em estudo: Opção A. Como descrito na subseção 1.1.4, como principais atividades da função Compras na Alumínio Fulgor, pode-se citar: selecionar fornecedores, repassar informações (ex: requisitos técnicos e volumes) aos fornecedores, negociar preços e tipos de contratos com fornecedores, verificar cumprimento de SLAs (*Service Level Agreements*) e gerenciar os gastos da empresa na compra dos itens. Dessa forma, Compras não participa da especificação de componentes adquiridos, nem da definição de políticas de contratação de serviços externos.

4. Com qual frequência se utiliza o modelo de custo de aquisição total⁴ como parte do processo de negociação de preços com fornecedores?

Opção A: Raramente utilizado.

Opção B: Utilizado em algumas categorias, mas poderia ser utilizado de uma forma mais ampla e sistêmica.

Opção C: É utilizado em praticamente todas as categorias de itens adquiridos.

No caso da empresa em estudo: Opção A. De acordo com os diretores da empresa, muito raramente é realizada e aplicada no processo de negociação uma análise profunda sobre uma determinada categoria (com identificação de todos os elementos de custo e a exploração de suas oportunidades de redução).

5. Quando a função de Compras define práticas e políticas de suprimentos, como organização consegue cumprí-las?

Opção A: Geralmente os funcionários realizam compras da forma que acham que julgam melhor, contanto que respeitem os orçamentos.

Opção B: As práticas de compras para algumas categorias de itens adquiridos são controladas de uma forma mais próxima e rígida. No entanto, para as demais categorias, não há muito controle.

Opção C: Todas as categorias de compras são controladas frequentemente, evitando falta de cumprimento das políticas.

No caso da empresa em estudo: Opção B. De acordo com os diretores da empresa, apenas a categoria de “Chapas e lingotes de alumínio”, por representar maior parte dos gastos de compras da empresa, é fiscalizada e contralada de uma forma mais próxima.

6. Como a companhia gerencia e age com base nas informações de seus fornecedores?

Opção A: Informações relativas à performance de alguns fornecedores são coletadas, mas ficam restritas à função Compras.

Opção B: A função Compras utiliza informações de performance de fornecedores para auxiliar na seleção dos mesmos, mas tais dados ficam restritas à função Compras.

⁴ Corresponde ao modelo de custo de aquisição total, presente na metodologia apresentada por Laseter (1998) na seção 4.1, que consiste na identificação de todos os elementos, e seus respectivos indutores, que compõe o custo de um componente.

Opção C: As informações e dados dos fornecedores são coletadas, revisadas e utilizadas por todos os funcionários da organização que interagem com tais fornecedores. Assim, as informações são compartilhadas por toda a organização.

No caso da empresa em estudo: Opção A, uma vez que raramente dados dos fornecedores são coletados e utilizados pela função Compras.

7. O quão desenvolvidas são as capacidades organizacionais da companhia para previsão e alerta de potenciais riscos ao longo da sua cadeia de suprimentos?

Opção A: A companhia possui apacidade limitada para prevenção de riscos, sendo reativa à falta de materiais e à problemas de qualidade.

Opção B: A companhia possui métricas que auxiliam na identificação de potenciais riscos, mas mesmo assim não consegue cobrir eventuais riscos que ocorrem.

Opção C: A organização possui uma análise completa de riscos ao longo de sua cadeia de suprimento, contando com o estabelecimento de métricas preventivas e contingências de gerenciamento de riscos em áreas de difícil previsão.

No caso da empresa em estudo: Opção A, uma vez que, segundo executivos da empresa, não há um conjunto estabelecido de métricas que auxilie na análise de sua cadeia de suprimentos.

Assim, uma vez tendo respondido todos os questionamentos sobre a situação atual da função Compras dentro da organização, é possível avaliá-la adequadamente. A Tabela 4-3 resume as respostas da Alumínio Fulgor ao questionário proposto por Anderson, Fleisch, Gerstenhaber e Thakara (2012). Além disso, a tabela apresenta uma indicação do nível geral da estrutura de Compras da empresa, sendo que “A” indica uma organização que possui uma função Compras pouco estruturada e com muito espaço para realizar reduções de gastos; “B” significa que uma série de esforços já são realizados, mas mesmo assim há oportunidades adicionais ainda não exploradas; enquanto a categoria “C” indica uma performance robusta da estrutura de Compras que possibilita a geração de economias significativas para as empresas.

Tabela 4-3 Avaliação da situação atual da função Compras da empresa

Questionamentos relativos à função de Compras	Avaliação Atual
Como a companhia geralmente aborda oportunidades de redução de gastos?	Opção A
No último projeto de Compras que foi realizado pela organização, como você descreveria os resultados?	Opção A
Qual é o papel da função Compras na especificação de componentes para os produtos (gastos diretos) e na definição de política de contratação de serviços externos (gastos indiretos)?	Opção A
Com qual frequência se utiliza o modelo de custo de aquisição total como parte do processo de negociação de preços com fornecedores?	Opção A
Quando a função de Compras define práticas e políticas de suprimentos, como organização consegue cumprí-las?	Opção B
Como a companhia gerencia e age com base nas informações de seus fornecedores?	Opção A
O quanto desenvolvidas são as capacidades organizacionais da companhia para previsão e alerta de potenciais riscos ao longo da sua cadeia de suprimentos?	Opção A

Avaliação geral da função Compras**A**

Fonte: Elaboração própria, a partir de informações da empresa e de Anderson, Fleisch, Gerstenhaber e Thakara (2012)

Uma vez diagnosticada a situação presente da estrutura de Compras da empresa, o segundo passo da metodologia de Anderson, Fleisch, Gerstenhaber e Thakara (2012) é avaliar quais ferramentas são utilizadas e aplicadas para atingir reduções dos gastos com compras. Na Tabela 4-4, as quatro ferramentas destacadas pela metodologia serão avaliadas com relação à sua utilização pela Alumínio Fulgor.

Tabela 4-4 Análise das principais ferramentas da função Compras

Principais ferramentas a serem utilizadas pela função Compras	Avaliação da utilização das ferramentas pela empresa
Análise do mix de produtos adquiridos	<ul style="list-style-type: none"> • Ferramenta importante para identificar o número total de itens comprados e o número de fornecedores por item; • Oportunidade de unificação de fornecimento, levando a melhoria na qualidade e redução de gastos; • Ferramenta não utilizada pela empresa.
Análise dos produtos/serviços adquiridos de forma interfuncional	<ul style="list-style-type: none"> • A empresa não possui muitos setores que necessitam da aquisição de materiais ou serviços, havendo maior concentração de compras para abastecer a área de Produção; • Por isso, não seria uma ferramenta a ser priorizada; • Ferramenta não utilizada pela empresa.
Analisa categorias compradas de forma fragmentada	<ul style="list-style-type: none"> • A empresa não possui muitos setores que necessitam da aquisição de materiais ou serviços, havendo maior concentração de compras para abastecer a área de Produção; • Por isso, não seria uma ferramenta a ser priorizada; • Ferramenta não utilizada pela empresa.
Análise dos preços praticados pelos fornecedores sob uma nova perspectiva	<ul style="list-style-type: none"> • O principal componente comprado pela empresa (chapas e lingoes de alumínio) depende diretamente do preço da commodity alumínio (liga 9011); • Oportunidade de renegociação com fornecedores em momentos de queda do preço da commodity, resultando em economia de gastos; • Ferramenta não utilizada pela empresa.

Fonte: Elaboração própria, a partir de informações da empresa e de Anderson, Fleisch, Gerstenhaber e Thakara (2012)

O terceito e último passo da metodologia proposta por Anderson, Fleisch, Gerstenhaber e Thakara (2012) consiste na estruturação de uma transformação da função Compras dentro das

organizações. Esse tópico será melhor explorado no capítulo 5 deste trabalho, no qual será proposto um plano da implementação para a Alumínio Fulgor potencializar a sua função de Suorimentos.

Dessa forma, com base na metodologia de Anderson, Fleisch, Gerstenhaber e Thakara (2012), foi possível avaliar a função Compras da Alumínio Fulgor como deficiente tanto em termos de estrutura e de integração com demais áreas da empresa, quanto em termos de utilização de ferramentas. No entanto, na seção 4.3 deste trabalho, será apresentado como a empresa pode obter resultados significativos por meio de uma das oportunidades de redução de custos (no caso, alteração do design de produtos).

4.3 Aplicação do DFMA no projeto do produto

4.3.1 Estimativa do custo de manufatura do produto

O processo de aplicação da metodologia DFMA se inicia com o cálculo do custo estimado de manufatura do projeto atual de produto, como ilustrado na Figura 3-6 da seção 3.2 deste trabalho de formatura. No contexto da empresa estudada neste trabalho, será estimado o custo de manufatura de uma panela de pressão de 4,5 litros de capacidade. A escolha por esse modelo de panela em específico dentre o portfólio de produtos existente na empresa deve-se pelo fato desse modelo ser o mais relevante em termos de volume de vendas para a mesma, conforme indicado na Figura 1-6.

Adotando-se uma abordagem “de cima para baixo” (*top-down*) para se estimar o custo de manufatura do modelo de panela em questão, parte-se do preço de venda do produto até ser possível identificar os itens que compõe o custo do mesmo. Nessa estimativa, considerou-se os seguintes dados:

- a. Preço do produto praticado pelo varejista: R\$72,90⁵;
- b. O custo de manufatura do produto é constituído pela seguinte composição⁶: proporção de 60% para o componente de custo “matéria-prima”; 20% para o componente

⁵ Preço praticado pelo varejista Lojas Americanas, um dos principais clientes da Alumínio Fulgor, com participação de aproximadamente 33% das vendas.

⁶ Estimativa de composição de custos de manufatura fornecida pela empresa.

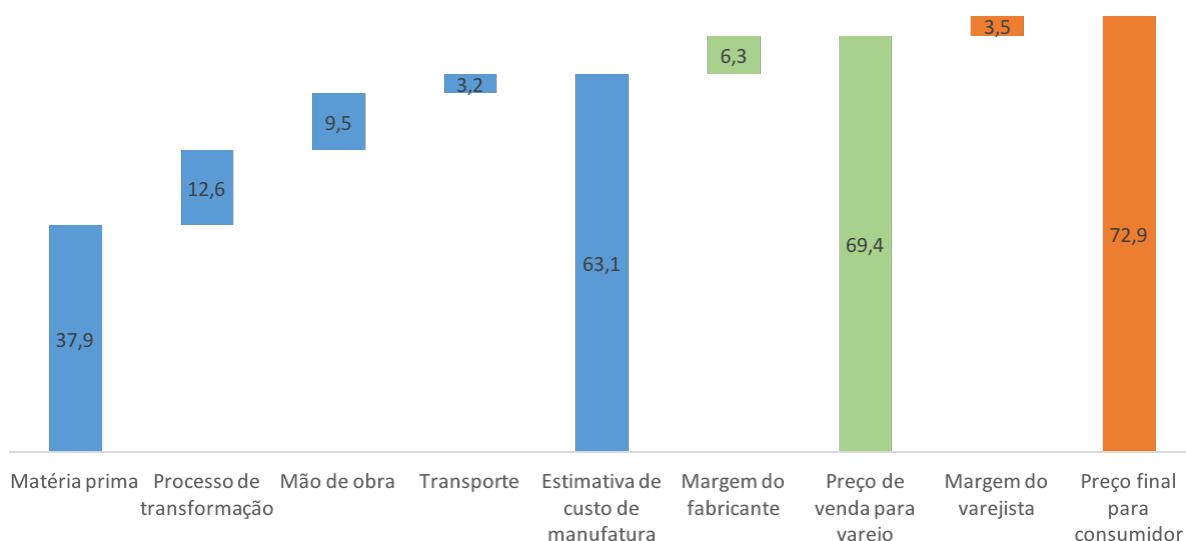
“processo transformação”; 15% para o componente de “mão-de-obra” e 5% para o componente “transporte”⁷.

Somado aos dados acima citados, foram postuladas algumas premissas para se concluir a estimativa de custo pela abordagem “de cima para baixo”:

- Margem de lucro para o fabricante de 10%;
- Margem de lucro para varejista de 5%.

Portanto, com base em tais dados e premissas, a estimativa do custo de manufatura de uma panela de 4,5L é de R\$63,10, como pode-se observar na Figura 4-3.

Figura 4-3 Estimativa custo de manufatura do produto pela abordagem “de cima para baixo”



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da empresa

Por outro lado, adotando-se uma abordagem “de baixo para cima” (*bottom-up*), parte-se dos custos totais do fabricante e do seu volume de produção para se estimar o custo unitário de manufatura. Nessa estimativa, considerou-se os seguintes dados:

- O custo variável total anual de R\$5 milhões⁸ (de acordo com Figura 4-1);
- Faturamento anual total de R\$9,8 milhões⁹;

⁷ Trata-se de custos com transporte de itens entre o fornecedor e a Alumínio Fulgor, nos casos nos quais o fornecedor não arca com tais custos.

⁸Dado mascarado através de um multiplicador

⁹Dado mascarado através de um multiplicador

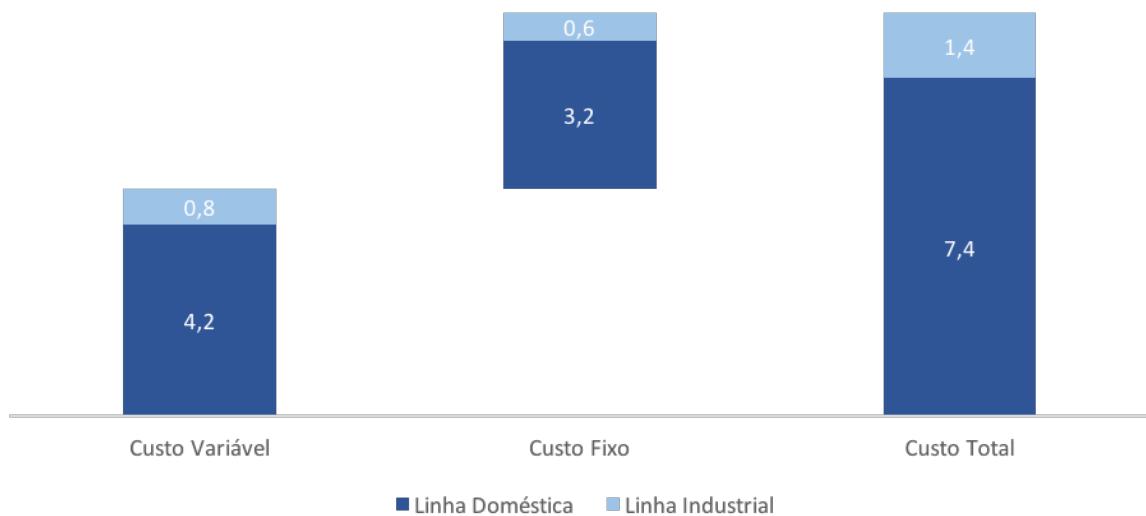
- c. Produção anual de 109,961 panelas em 2015 (de acordo com apêndice C);
- d. Proporção de 84%, em volume, para panelas da linha doméstica e 16% para a linha industrial (de acordo com Figura 1-6).

Somado aos dados acima citados, foram postuladas algumas premissas para se concluir a estimativa de custo pela abordagem “de baixo para cima”:

- a. O custo fixo anual corresponde a 40% do faturamento total;
- b. O custo unitário de modelos diferentes de panelas de mesma linha (doméstica ou industrial) é o mesmo;
- c. O custo fixo anual pode ser rateado entre as linhas de produção (doméstica e industrial) segundo a proporção de volume entre elas.

Portanto, com base em tais dados e premissas, é possível calcular que o custo anual total da empresa é de R\$8,8 milhões, segundo ilustrado na Figura 4-4.

Figura 4-4 Custos variáveis e fixos por linha de fabricação

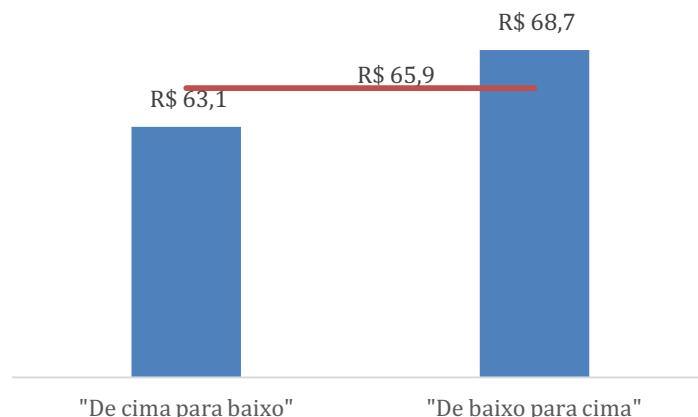


Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da empresa

Por fim, dividindo-se o valor do custo total atribuído à linha doméstica (R\$7,4 milhões) pela quantidade total de panelas da linha doméstica (aproximadamente 92 mil) ajustada pelo multiplicador, obtém-se um custo unitário de R\$68,7 para cada panela dessa linha.

Portanto, levando em consideração tanto a abordagem “de cima para baixo” quanto “de baixo para cima”, é possível obter um custo estimado de manufatura médio de R\$65,9, como indicado na Figura 4-5, a partir do qual a metodologia do DFMA será aplicada.

Figura 4-5 Comparação entre abordagens de estimativa de custo de manufatura

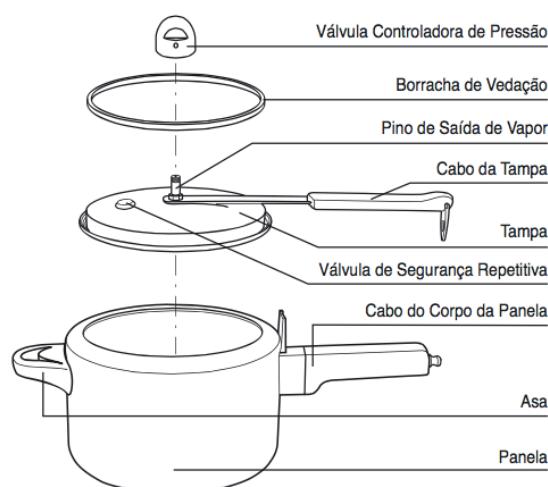


Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da empresa

4.3.2 Relação de componentes do produto

Uma vez estimado o custo de manufatura unitário de panela de pressão com volume de 4,5L, é necessário fazer uma análise mais granular de seus componentes e do custo de cada um deles. A partir dessa relação, as técnicas de DFMA serão aplicados sobre tais componentes de forma a otimizar o projeto final do produto, visando alcançar o objetivo deste trabalho explicitado no item 1.3. Na Figura 4-6, pode-se observar as principais estruturas que formam uma panela de pressão de 4,5L.

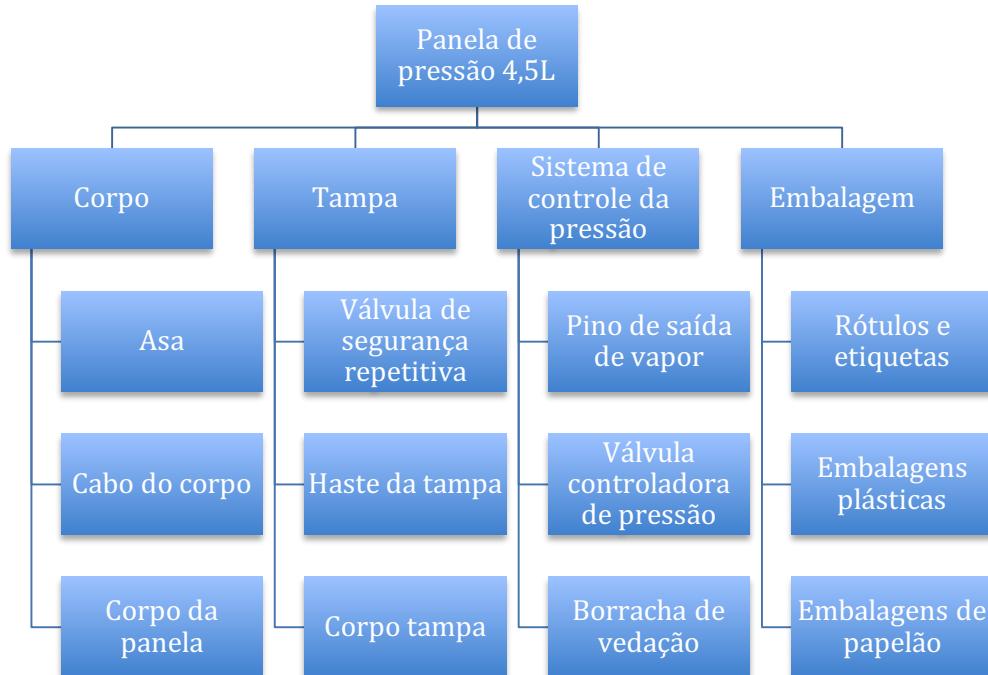
Figura 4-6 Esquema descritivo do produto



Fonte: Manual da panela de 4,5L

As estruturas acima indicadas também podem ser representadas por meio de uma estrutura hierárquica, segundo indica a lista de materiais genérica¹⁰ da Figura 4-7.

Figura 4-7 Lista de materiais (*Bill of Materials*) genérica da panela de 4,5L



Fonte: Elaboração própria, adaptado de HEGGE & WORTMANN (1991)

Uma vez compreendido a estrutura do produto, a Tabela 4-5 apresenta um maior nível de granularidade, listando todos os componentes que o constituem e seus números, bem como a sua classificação dentre as categorias de itens comprados.

¹⁰ A lista de materiais genérica consiste no arranjo da estrutura da lista de materiais para todas as variantes de uma família de produtos. Neste caso, a família é a linha de panelas doméstica, mas a estrutura do produto é altamente redundante (HEGGE & WORTMANN, 1991)

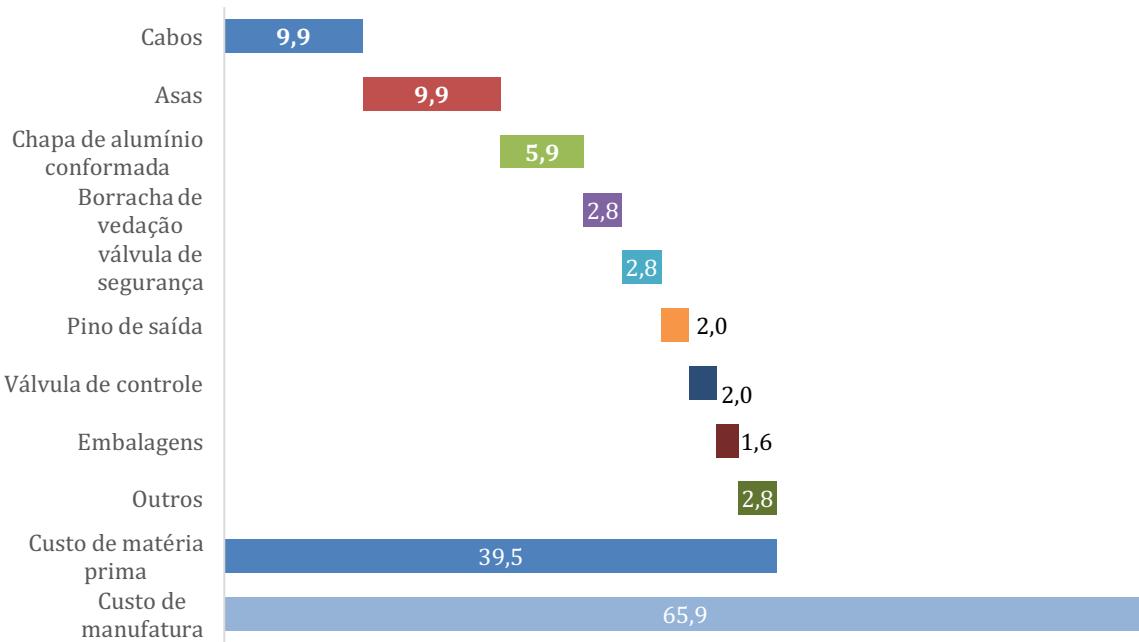
Tabela 4-5 Lista de componentes do projeto do produto atual

Estrutura	Componente	Número de peças	Categoria
Corpo	Asa	1	Cabos e alças de baquelite
	Cabo	1	Cabos e alças de baquelite
	Corpo da panela	1	Chapas e lingotes de alumínio
	Arruela de pressão	1	Componentes mecânicos
	Parafusos fização	2	Componentes mecânicos
	Suporte de cabos e asas	2	Cabos e alças de baquelite
	Camada anti-adherente	1	Outros
Tampa	Haste	1	Cabos e alças de baquelite
	Porca	1	Componentes mecânicos
	Fusível	1	Componentes mecânicos
	Válvula de segurança	1	Componentes mecânicos
Sistema de controle de pressão	Borracha de vedação	1	Componentes mecânicos
	Pino de saída de vapor	1	Componentes mecânicos
	Válvula de controle de pressão (peso)	1	Componentes mecânicos
Embalagem	Etiquetas adesivas	2	Outros
	Rótulos	1	Outros
	Embalagens plásticas	1	Embalagem
	Embalagem de papelão	1	Embalagem

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da empresa

Após compreender as estruturas e os componentes que compõe o produto estudado, é importante identificar a relevância de cada um de tais componentes no custo de manufatura do produto. Considerando a estimativa de custo de R\$65,90 e a participação de 60% das matérias primas nessa estimativa (conforme item 4.3.1), a Figura 4-8 ilustra tal custo de manufatura do produto analisada por itens.

Figura 4-8 Distribuição do custo de manufatura por componentes



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da empresa

Como pode-se perceber por meio do gráfico acima, os itens que possuem maior representatividade no custo de manufatura da panela de 4,5L são Cabos e Asas do produto, que juntos representam 50% do custo de manufatura. Portanto, a partir da seção 4.3.3, as técnicas de DFMA serão aplicadas principalmente sobre tais itens, visando assim que as alterações de arquitetura desses componentes maximizem a redução do custo de manufatura do produto final.

4.3.3 Propostas de redução de custos de componentes, montagem e suporte

De acordo com a metodologia proposta por Ribeiro (2004) explicitada na seção 3.2, os dois primeiros passos da aplicação da metodologia DFMA referentes à estimativa de custo e à proposta de projeto do produto foram contemplados nos itens 4.3.1 e 4.3.2 deste trabalho de formatura, respectivamente. Na sequência, deve-se realizar propostas de redução de custos de no projeto do produto e avaliar as estimativas de custos e impactos de tais propostas para enfim se alcançar um projeto de produto mais otimizado em termos de custo.

Nesta subseção 4.3.3, as propostas de redução de custos serão discutidas e detalhadas, focando principalmente nos itens “Cabos” e “Asas”, uma vez que são os componentes mais representativos no custo de matéria prima do produto.

4.3.3.1 Estudo da estrutura do cabo do corpo da panela

No projeto atual do produto, o cabo do corpo da panela é fixado na mesma por meio de um parafuso de fixação, uma arruela de pressão e um suporte. O suporte possui uma estrutura quadrangular vazada, com um orifício no meio para permitir a passagem do parafuso de fixação, como pode-se observar na Figura 4-9.

Figura 4-9 Suporte do cabo no corpo da panela



Fonte: Elaboração própria

Ademais, tal suporte possui dois pontos de contato com o corpo da panela de pressão, sendo fixado a ela por meio de rebites. O mesmo também possui, já fixado, a si a arruela de pressão, facilitando, assim, o aparafusamento do cabo.

O cabo em si é constituído por polímero de baquelite, que é um material termoplástico adequado à aplicação em panelas de pressão. Com relação à sua estrutura, o cabo possui sua cavidade inferior vazada, além de contar com um orifício específico para a passagem do parafuso de fixação, como ilustrada na Figura 4-10.

Figura 4-10 Visão longitudinal do cabo



Fonte: Elaboração própria

O cabo também apresenta sua superfície de contato com o corpo da panela vazada, apresentando hastes verticais que se encaixam com o suporte do cabo, como pode-se observar na Figura 4-11.

Figura 4-11 Visão frontal do cabo

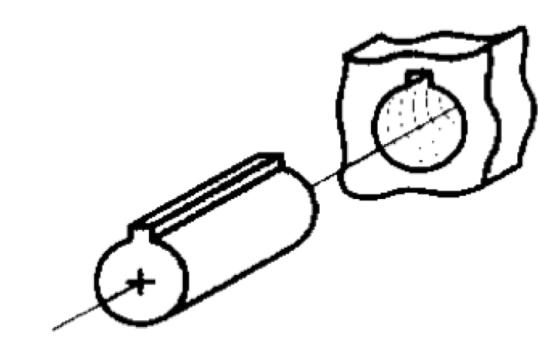


Fonte: Elaboração própria

Uma vez compreendido no detalhe o funcionamento e a composição do cabo, é necessário aplicar os conceitos do método DFMA a fim de se propor alterações no projeto que otimize sua estrutura de custos e não comprometa a sua funcionalidade.

Com relação ao sistema de encaixe do cabo ao corpo da panela, seria possível otimizá-lo, por exemplo, substituindo os elementos de fixação que atualmente são utilizados (parafuso, arruela de pressão e suporte) por um mecanismo de encaixe natural e travamento. Um possível mecanismo poderia consistir no conceito de encaixe natural entre as peças (no caso, cabo e suporte), como ilustra a Figura 4-12, seguido de travamento imediato por meio de rotação relativa entre elas.

Figura 4-12 Conceito de encaixe natural entre peças simétricas



Fonte: ROMEIRO (2006)

Dessa forma, caso tal mecanismo fosse implementado no projeto da panela de pressão, seria necessário apenas encaixar o cabo ao suporte e rotacioná-lo noventa graus no sentido anti-horário para garantir o travamento, como esquematizado ilustrativamente na Figura 4-13.

Figura 4-13 Esquema de funcionamento do mecanismo proposto



Fonte: Elaboração própria

Por tanto, ao se realizar tal alteração no projeto do produto, haveria uma redução do número de peças utilizadas, uma vez que os elementos de fixação não seriam mais necessários. Além

da minimização do número de peças e do encaixe natural entre peças, essa proposta de projeto engloba também outros conceitos da metodologia DFMA, tais como:

- **Evitar utilização de ferramentas:** uma vez que os elementos como o parafuso de fixação não fazem mais parte do projeto do produto, não há mais a necessidade de utilização da chave de venda, por exemplo;
- **Maximizar a facilidade de montagem:** com a implementação do mecanismo de encaixe e travamento proposto, o número e a duração das operações na etapa de acoplamento de cabos diminuiria significativamente, facilitando a montagem do produto final;
- **Considerar a possibilidade do cliente montar o produto:** uma alternativa viável também seria finalizar o produto com o cabo desacoplado do corpo da panela, de forma que o consumidor final realizasse o encaixe do cabo. Dessa forma, o mecanismo proposto possibilitaria a eliminação de uma etapa do processo produtivo, levando a uma redução do lead time do produto e otimização de recursos, além de ir de encontro com o conceito “*Do It Yourself*”, no qual o cliente final monta o seu produto.

4.3.3.2 Estudo da estrutura do cabo (haste) da tampa da panela

No projeto atual do produto, o cabo da tampa da panela (doravante denominado de “haste da panela”) é constituído por uma chapa metálica fina, com um revestimento em polímero de baquelite em uma das extremidades. A haste também possui um orifício pelo qual o pino central atravessa e, com a utilização de uma porca, é fixada na tampa da panela. Nas Figuras 4-14 e 4-15 a seguir, pode-se observar tanto o sistema de fixação descrito quanto uma visão explodida dos itens que compõe a tampa da panela.

Figura 4-14 Sistema de fixação da haste



Fonte: Elaboração própria

Figura 4-15 Visão explodida dos componentes da tampa



Fonte: Elaboração própria

Uma vez compreendido no detalhe o funcionamento e a composição da haste da panela, é necessário aplicar os conceitos do método DFMA a fim de se propor alterações no projeto que otimize sua estrutura de custos e não comprometa a sua funcionalidade. Uma possível alternativa para substituir o atual projeto seria por meio da integração da haste e da tampa. Tal alternativa consiste no conceito de integração de componentes no processo de desenvolvimento de produtos.

Dessa forma, a tampa e a haste constituiriam um componente único, eliminando a necessidade de montagem e minimizando o número de peças, conforme prega o princípio de

“Minimização do número de peças”, explicitado na subseção 2.2.4. Ademais, componentes integrados geralmente apresentam menor custo de fabricação comparado com a soma dos custos das peças separadas, de acordo com o Núcleo de Manufatura Avançada da USP (NUMA), o que evidencia mais um aspecto positivo da proposta de projeto.

4.3.3.3 Estudo da estrutura da asa da panela

No projeto atual do produto, a asa da panela possui um formato análogo a um tronco de pirâmide, com bases vazadas, sendo constituída por polímero de baquelite. Com relação à fixação, a asa é presa ao suporte por meio de um parafuso, conforme ilustrado nas Figuras 4-16 e 4-17.

Figura 4-16 Asa fixada ao corpo da panela



Fonte: Elaboração própria

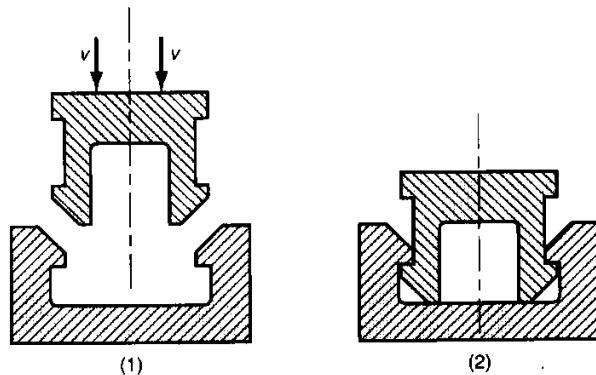
Figura 4-17 Visão explodida dos componentes da asa



Fonte: Elaboração própria

Uma vez compreendido no detalhe o funcionamento e a composição da haste da panela, é necessário aplicar os conceitos do método DFMA a fim de se propor alterações no projeto que otimize sua estrutura de custos e não comprometa a sua funcionalidade. Uma possibilidade de otimização do projeto atual da asa da panela seria por meio da adoção de um sistema de fixação do tipo “encaixe click”, cujo conceito é ilustrado na Figura 4-18.

Figura 4-18 Conceito do mecanismo de fixação "encaixe click"



Fonte: ROMEIRO (2006)

Adotando-se essa proposta, haveria uma redução do número de peças, uma vez que elementos de fixação como parafuso não seriam mais necessários, indo de encontro com os princípios de “Minimização do número de peças” e “Peças com características autofixadoras”, mencionados na subseção 2.2.4. Ademais, assim como na proposta explicitada no item 4.3.3.1, essa alternativa reforça alguns outros conceitos pregados pela metodologia DFMA, tais como: desnecessidade de utilização de ferramentas, maior facilidade de montagem e possibilidade do cliente montar o produto.

4.3.3.4 Resumo das propostas alteração do projeto atual do produto

Com base nas propostas do design de produto anteriormente realizadas, a Tabela 4-6 a seguir visa resumi-las para que, em seguida, seja possível avaliá-las tanto quantitativamente quanto qualitativamente, dando seguência à aplicação da metodologia DFMA.

Tabela 4-6 Resumo das propostas de alteração do projeto do produto

Estrutura do produto abordada	Projeto Atual	Proposta de alteração do projeto	Vantagens da alteração
Cabo	Fixado ao suporte por meio de parafuso e arruela de pressão	Mecanismo de encaixe natural e travamento pela rotação	<ul style="list-style-type: none"> • Redução do número de peças • Desnecessidade de utilização de ferramentas • Maior facilidade de montagem • Possibilidade do cliente montar o produto • Encaixe natural entre peças
Haste	Fixado ao pinto central por meio de porca	Integração da haste com a tampa, formando um único componente	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminação necessidade de montagem • Minimização do número de peça
Asa	Fixado ao suporte por meio de parafuso	Mecanismo de “encaixe-click” entre asa e suporte	<ul style="list-style-type: none"> • Redução do número de peças • Desnecessidade de utilização de ferramentas • Maior facilidade de montagem • Possibilidade do cliente montar o produto

Fonte: Elaboração própria

4.3.4 Considerações sobre impactos devido à alteração do projeto do produto

Dando continuação à metodologia proposta por Ribeiro (2004) explicitada na seção 3.2, é necessário considerar os impactos das alterações propostas no projeto do produto em outros fatores.

O primeiro fator a se considerar são os requisitos de segurança exigidos por organismos regulatórios. No caso de panelas de pressão, a comercialização das mesmas está vinculada à obtenção de certificados da ABRACE (Avaliações Brasil da Conformidade e Ensaio Ltda.) pelos fabricantes. Tais certificados podem ser consultados pelo portal do INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia), conforme ilustrado na Figura 4-19. Dessa forma, o projeto de produto proposto deve ser submetido à avaliações técnicas de forma a verificar sua segurança e funcionalidade.

Figura 4-19 Portal de certificados de segurança de produtos do INMETRO

CNPJ/CPF	Razão Social / Nome (PF)	Nome fantasia	Endereço	Status	Papel da empresa
60016068000179	ALUMINIO FULGOR LTDA	FULGOR	RUA OLÍMPIO PORTUGAL, 235 -- MOOCA - SÃO PAULO, SP - BRASIL Tel.: (11) 2291.2522 Email: fulgor@tricofa.com.br	ATIVO	SOLICITANTE/FABRICANTE

Marca	Modelo	Importado	Descrição
FULGOR	1202-3.0	NÃO	FECHAMENTO INTERNO; POLIDO E ANTIADERENTE; CAPACIDADE VOLUMÉTRICA DE 3,0 LITROS; PRESSÃO NOMINAL DE TRABALHO DE 80KPA
FULGOR	1202-3.0T	NÃO	FECHAMENTO INTERNO; POLIDO E ANTIADERENTE; CAPACIDADE VOLUMÉTRICA DE 3,0 LITROS; PRESSÃO NOMINAL DE TRABALHO DE 80KPA
FULGOR	1202-4.5	NÃO	FECHAMENTO INTERNO; POLIDO E ANTIADERENTE; CAPACIDADE VOLUMÉTRICA DE 4,5 LITROS; PRESSÃO NOMINAL DE TRABALHO DE 80KPA
FULGOR	1203-4.5T	NÃO	FECHAMENTO INTERNO; POLIDO E ANTIADERENTE; CAPACIDADE VOLUMÉTRICA DE 4,5 LITROS; PRESSÃO NOMINAL DE TRABALHO DE 80KPA
FULGOR	1209-4.5	NÃO	FECHAMENTO INTERNO; POLIDO E ANTIADERENTE; CAPACIDADE VOLUMÉTRICA DE 4,5 LITROS; PRESSÃO NOMINAL DE TRABALHO DE 80KPA

Fonte: Site do INMETRO

Um segundo aspecto a ser considerado é a capacidade dos fornecedores conseguirem atender as exigências do projeto proposto, seguindo os atuais SLAs (*Service Level Agreements*). Embora as alterações de projeto propostas não adicionem grande complexidade no processo de fabricação dos componentes em questão (cabo, haste e asas), é preciso verificar se todos os fornecedores da base atual possuem as competências tecnológicas necessárias para entregarem tais componentes adequadamente. Caso alguns fornecedores apresentem dificuldade de produzirem componentes de acordo com o projeto proposto, o fabricante deve buscar outros parceiros no mercado capazes de atender tal demanda. Além da capacidade técnica do fornecedor, é necessário também reavaliar a capacidade de volume de produção dos fornecedores, uma vez que, ao reduzir o *lead time* do produto final, projeto proposto implicará em uma maior produção e consequentemente a demanda por componentes aumentará.

O terceiro fator a ser analisado é o impacto do projeto de produto proposto sobre o processo de produção. Caso as alterações no projeto da panela de 4,5L sejam implementadas, o processo produtivo do fabricante será afetado, uma vez que o tempo de montagem será reduzido significativamente, diminuindo o *lead time* do produto final. Com isso, as demais etapas do processo produtivo deverão ser otimizadas de forma a não se tornarem gargalo desse novo processo. Ademais, a própria organização do trabalho e layout do fabricante poderão ser impactados. Por exemplo, devido à alteração do projeto do produto, a etapa de acoplamento de cabos será mais rápida e eficiente, não necessitando da mesma quantidade de operários nem da mesma área para processar a mesma quantidade de produtos que anteriormente. Dessa forma, uma reorganização do layout e das funções dos operários seriam necessárias para adequar o projeto do processo ao projeto do produto.

Por fim, um quarto fator para se analisar é a reação dos clientes ao projeto de produto proposto. Por isso, é importante validar o projeto com potenciais clientes finais, tanto em termos de estética quanto de ergonomia e funcionalidade, antes de se iniciar a produção. Uma possível forma de se obter tal reação é por meio da realização de testes com usuários na etapa inicial do processo de desenvolvimento, geralmente utilizando um protótipo do produto.

4.3.5 Recálculo do custo de manufatura do produto e análise de viabilidade

4.3.5.1 Comparação do número de peças entre as propostas de projetos

Com base na comparação entre os projetos atual e proposto do produto, a Tabela 4-5 ilustra a relação de componentes que constituem cada um dos projetos, evidenciando assim a redução de peças atingida por meio da aplicação das técnicas da metodologia DFMA.

Tabela 4-7 Comparação número de peças entre os projetos do produto

Estrutura	Componente	Número de peças	
		projeto atual	projeto proposto
Corpo	Asa	1	1
	Cabo	1	1
	Corpo da panela	1	1
	Arruela de pressão	1	0
	Parafusos fixação	2	0
	Suporte de cabos e asas	2	2 ¹¹
	Camada anti-adherente	1	1
Tampa	Haste	1	0 ¹²
	Porca	1	0
	Fusível	1	1
	Válvula de segurança	1	1
Sistema de controle de pressão	Borracha de vedação	1	1
	Pino de saída de vapor	1	1
	Válvula de controle de pressão (peso)	1	1
Total de peças		16	11

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da empresa

Como pode-se observar, há uma redução de 5 peças (redução de 31,3%) entre os projetos atual e proposto.

¹¹ O projeto proposto apresenta suportes distintos do projeto atual.

¹² Tampa e haste constituem um único componente integrado no projeto proposto.

4.3.5.2 Comparação do tempo de montagem entre as propostas de projetos

Além de analisar o número de peças, é necessário também comparar os projetos de produto atual e proposto em termos do tempo de montagem do produto. Como descrito na Tabela 4-4, o projeto proposto contribui significativamente para redução do tempo de montagem, uma vez que todas as peças analisadas (cabo, haste e asa) foram reprojetadas de acordo com conceitos de encaixe e integração de peças que reduzem e/ou eliminam a necessidade de montagem. No entanto, a redução do tempo de montagem é de difícil estimativa, sendo necessário a fabricação de protótipos iniciais do projeto de produto proposto para uma avaliação mais assertiva. Para tentar contornar essa dificuldade de estimativa, este trabalho de formatura adotará dois possíveis cenários, variando em mais ou menos dez pontos percentuais em relação aos resultados obtidos por Ashely¹³ (1995):

- a. Cenário otimista: estimativa de 72% de redução do tempo de montagem do produto;
- b. Cenário pessimista: estimativa de 52% de redução do tempo de montagem do produto.

Levando em consideração as premissas apontadas e o atual processo de produção da panela de 4,5L, é possível estimar o impacto da aplicação da metodologia DFMA no tempo total de fabricação do produto, conforme apresenta a Tabela 4-8.

¹³ A seção 3.2 deste trabalho explicita como um dos resultados da aplicação das técnicas de DFMA a redução de 62% no tempo de montagem do produto (ASHLEY, 1995).

Tabela 4-8 Comparação tempo de processamento entre os projetos do produto¹⁴

Principais etapas do processo produtivo	Tempo médio de processamento do produto (segundos)		
	Projeto atual do produto	projeto proposto do produto – cenário pessimista	projeto proposto do produto – cenário otimista
Laminação de desbaste	10,4	10,4	10,4
Laminação de acabamento	13,6	13,6	13,6
Corte de placas	6,2	6,2	6,2
Estampagem	10,1	10,1	10,1
Usinagem da borda da panela	26,2	26,2	26,2
Polimento e aplicação anti-adherente	35,5	35,5	35,5
Acoplamento asas, tampa e cabos	64,3	30,9	18,0
Testes de vedação	17,8	17,8	17,8
Embalagem	15,7	15,7	15,7
Tempo total	199,8	166,4	153,5

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da empresa

Assim, é estimada uma redução entre 16,7% (cenário pessimista) e 23,2% (cenário otimista) no tempo total de processamento do produto por meio da aplicação das técnicas de DFMA descritas no item 4.3.3. Vale destacar que os dados apresentados na Tabela 4-6 dizem respeito estritamente aos tempos de processamento, não incluindo tempo de transporte nem de espera.

Por meio da redução do número de peças e do tempo de montagem, as modificações de projeto propostas impactam os custos de “matéria-prima” e de “processo de transformação”, que correspondem respectivamente por 60% e 20% do custo de manufatura do produto. Dessa forma, para se estimar o novo custo de manufatura do produto, serão realizados os seguintes passos:

- i. Aplicar redução de 31,3% nos custos de matéria-prima dos itens “Cabos” e “Asas”;

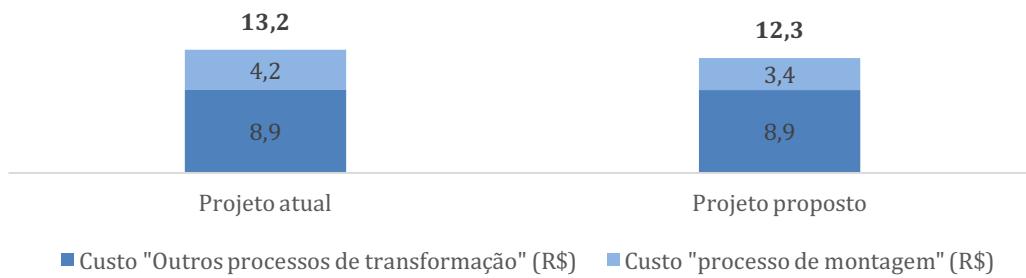
¹⁴ Dados mascarados através de um multiplicador.

Figura 4-20 Redução do custo de matéria prima do produto após aplicação DFMA



- ii. Aplicar redução de 20,0% (ponto médio entre os cenários otimista e pessimista) no custo referente ao tempo de montagem¹⁵.

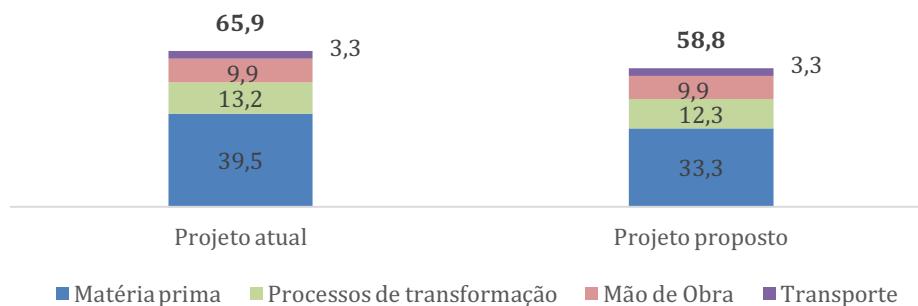
Figura 4-21 Redução do custo de processos de transformação do produto após aplicação DFMA



Dessa forma, considerando todos os demais componentes de custos inalterados, é possível estimar o custo de manufatura da proposta de projeto do produto em R\$58,8, ou seja, uma redução de 10,7% quando comparado com o projeto atual, como ilustra a Figura 4-22.

¹⁵ O tempo de montagem médio atual (64,3 segundos) representa 32,2% do tempo de processamento total (199,8 segundos).

Figura 4-22 Comparação das estimativas de custo de manufatura entre os projetos



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da empresa

4.3.5.3 Análise de viabilidade da proposta de projeto do produto

Por fim, com o objetivo de concluir a aplicação da metodologia DFMA, serão calculados os índices padrão de DFA (DFAi), com base na fórmula explicitada na seção 3.2 e considerando o número teórico mínimo de peças igual ao número de peças do projeto do produto proposto.

Tabela 4-9 Cálculo do índice DFAi

Componentes do cálculo	DFAi		
	Projeto atual do produto	projeto proposto do produto – cenário pessimista	projeto proposto do produto – cenário otimista
Número mínimo de peças	11	11	11
Tempo total estimado de montagem ¹⁶	64,3	30,9	18,0
Tempo total	0,51	1,07	1,83

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da empresa

Dessa forma, é possível avaliar a proposta do projeto do produto e classificá-lo como viável.

¹⁶ Tempo total estimado de montagem equivalente ao tempo de acoplamento de asas, cabos e tampa.

5 RESULTADOS

5.1 Resultado da aplicação da alavancagem de design de produto

Como desenvolvido ao longo da seção 4.3, a aplicação da metodologia DFMA pode gerar melhorias significativas no projeto do produto, reduzindo o seu custo e diminuindo o seu tempo de fabricação.

No caso deste trabalho de formatura, o objeto de estudo em questão foi uma panela de pressão de 4,5L de capacidade, cujo projeto foi otimizado por meio de alterações de design alinhadas com os conceitos e técnicas do DFMA. Tal potencial otimização obtida pode ser resumida por meio da Tabela 5-1.

Tabela 5-1 Quadro resumo das otimizações no produto obtidas pela aplicação do DFMA

Indicadores	Projeto do	Projeto do	Otimização
	produto atual	produto proposto	
Número de peças	16	11	Redução de 31,2%
Tempo de montagem	199,8 s	160,0 ¹⁷ s	Redução de 20,0%
Estimativa de custo de manufatura	R\$65,90	R\$58,80	Redução de 10,7%

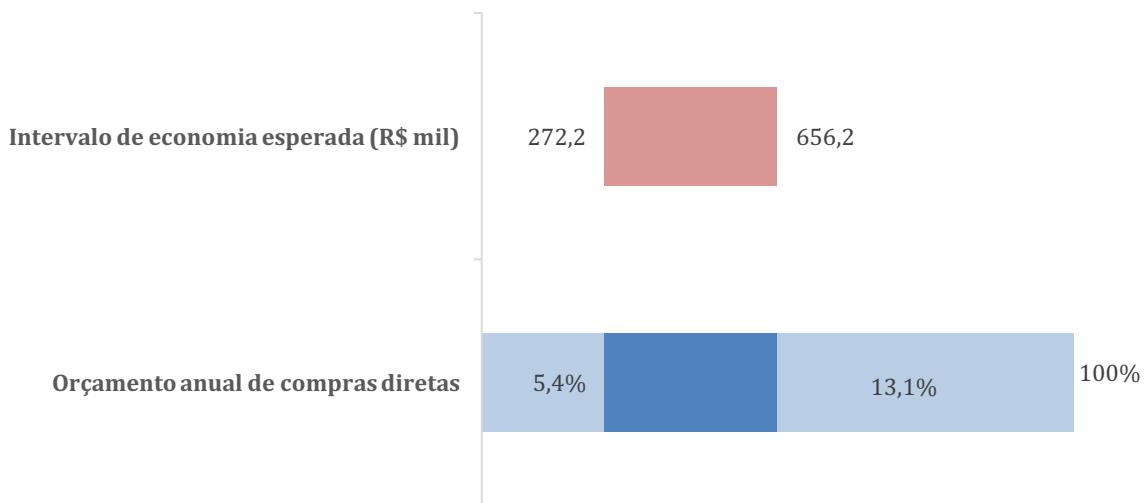
Fonte: Elaboração própria

Uma vez compreendido o impacto que a alteração do projeto do produto teve em sua composição de custo unitário, vale analisar como toda a estrutura de suprimentos e de compras da empresa em estudo pode se beneficiar com esta otimização alcançada. Assim, sabendo que a economia alcançada em uma unidade do produto é de R\$7,10 (10,7% de economia) e que a produção anual é de 38.335 unidades (de acordo com Apêndice C), o fabricante do produto final pode obter uma economia anual de aproximadamente R\$ 272 mil por meio da alteração do projeto. Quando comparada ao seu orçamento anual de compras de itens diretos, isso representa uma economia de 5,4%.

¹⁷ Considerando a média do cenário otimista e pessimista.

Adotando um cenário mais otimista, pode-se assumir que as alterações de projeto desenvolvidas para a panela de 4,5L de volume possam ser aplicadas a toda a linha doméstica de panelas, que conta com 92,423 unidades produzidas anualmente (de acordo com Apêndice C). Assim, seria possível alcançar uma economia anual de aproximadamente R\$656 mil. Dessa forma, haveria uma economia de 13,1% sobre o orçamento anual de compras diretas da empresa, como evidencia a Figura 5-1.

Figura 5-1 Análise da economia anual esperada e seu impacto sobre o orçamento de compras



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da empresa

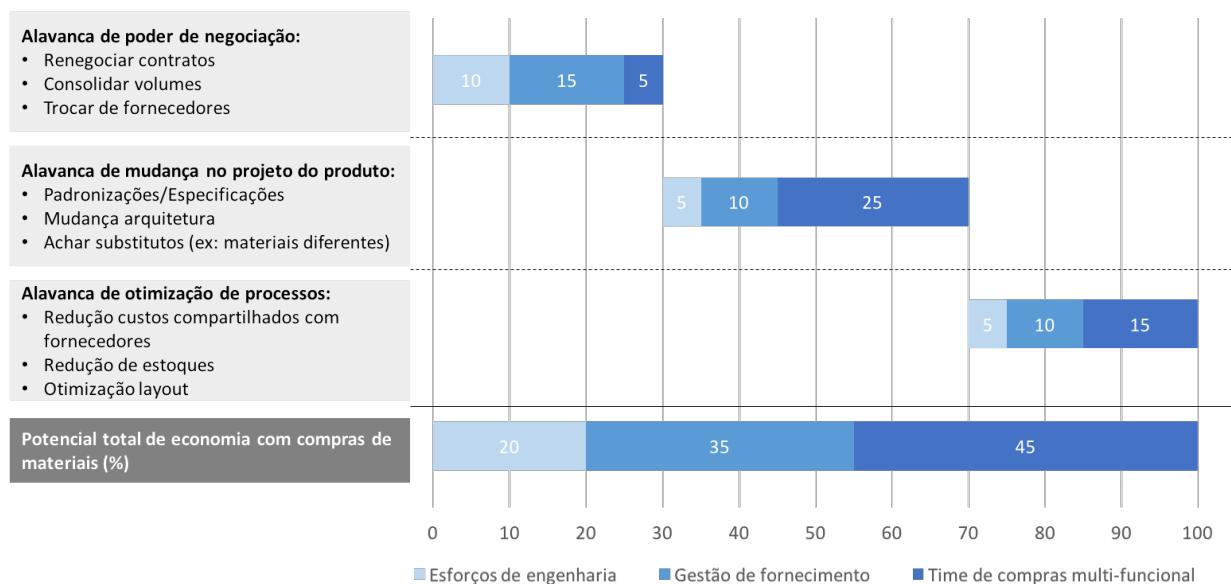
Portanto, independentemente do cenário de economia que se concretize, pode-se concluir que haverá uma economia significativa nos gastos com compras diretas do fabricante do produto final. Tal economia representa uma melhoria de margem da companhia, além de poder ser reinvestida em novas tecnologias para o processo de produção, em novas campanhas de marketing, no desenvolvimento de novos produtos e etc. Dessa forma, a empresa construi condições de ser tornar mais eficiente e competitiva.

5.2 Estipulação do resultado para outras alavancas de redução de custo

Foi possível perceber que é viável obter uma economia considerável (no caso, um intervalo de R\$272,2 mil a R\$656,2 mil de economia) ao se explorar a ferramenta de design de produtos para redução de custos de suprimentos. No entanto, há várias outras possíveis oportunidades de redução de custos, conforme mencionadas na Tabela 4-1, que também devem ser exploradas para a obtenção de um potencial de economia ainda maior nos gastos com

compras de materiais. Para se estimar esse potencial total de economia, será utilizado o modelo proposto por Hardt, Reinecke e Spiller (2007) apresentado na Figura 5-2.

Figura 5-2 Distribuição do potencial de economia por natureza das principais alavancas de custos



Fonte: Adaptado de HARDT, REINECKE e SPILLER (2007)

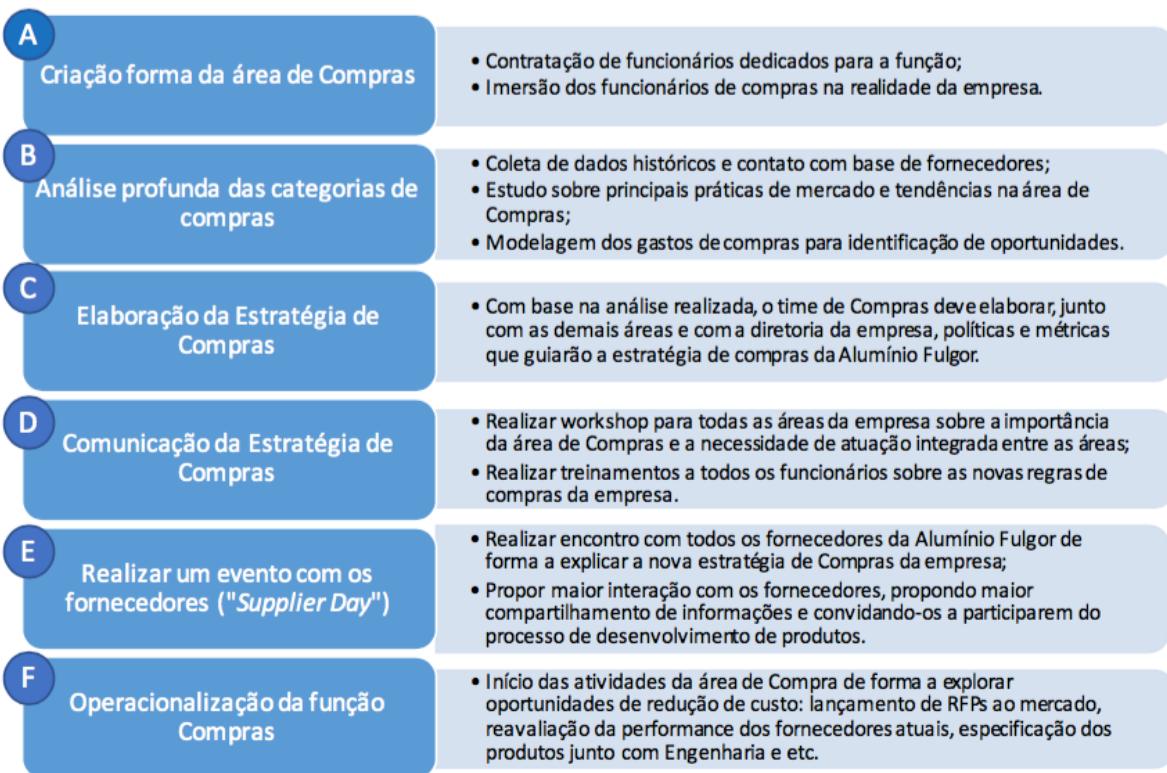
Com base em tal modelo, a mudança do projeto do produto, constituída por esforços de engenharia somados à esforços de gestão de suprimentos e à um time de compras multi-funcional, pode gerar uma economia correspondente a 40% do potencial total de economia. Dessa forma, considerando que o intervalo de economia alcançada com a proposta de projeto do produto (R\$272,2mil – R\$656,2mil) corresponde a 40% do potencial de economia global em compras de materiais, pode-se estimar que a Alumínio Fulgor possui um potencial de economia total de R\$680,5 mil a R\$1.640,5 mil (13,5% a 32,6% do orçamento anual de compras de materiais da empresa).

5.3 Implementação de mudanças na área de Compras da empresa

Na seção 5.1, foi apresentado o impacto que a otimização do projeto da panela de 4,5L pode gerar para a Alumínio Fulgor, enquanto a seção 5.2 evidenciou o total de economia que pode ser alcançado pela empresa, não apenas pela modificação do design do produto, mas também por outras oportunidades de redução de custos. No entanto, para que seja possível a companhia atingir tal potencial total de economia, é necessário implementar algumas alterações em sua área de Compras. Para isso, esta seção apresenta uma sugestão de plano de

implementação para a empresa, de forma a guiá-la na transformação da sua área de Suprimentos.

Figura 5-3 Plano de implementação para a empresa



Fonte: Elaboração própria, a partir de Anderson, Fleisch, Gerstenhaber e Thakara (2012)

Como pode-se observar pela Figura 5-3, um possível plano de implementação da transformação da Alumínio Fulgor pode ser desdobrado em seis principais etapas. A primeira delas é a criação de uma área formal de Compras dentro da organização, com funcionários dedicados exclusivamente às atividades de compras. Após a criação de tal área e do entendimento do contexto geral da empresa pelos seus profissionais, seria recomendado um período dedicado para profunda análise das categorias de compras. Assim, a área de Compras poderia coletar dados, conhecer a base atual de fornecedores e realizar uma modelagem dos gastos com compras¹⁸ para a identificar as principais oportunidades de redução de custos. Após tal período de análise, uma terceira etapa seria a elaboração de uma nova estratégia de suprimentos, em conjunto com as demais áreas da empresa, de forma a definir métricas e políticas de compras. Com a nova estratégia definida, a próxima etapa da implementação proposta seria a comunicação efetiva dessa nova estratégia tanto aos funcionários da empresa quanto aos fornecedores. Por meio da realização de workshops e treinamentos, a área de Compras deve engajar todos os elos da cadeia de suprimentos, estimulando a comunicação,

¹⁸ Por meio da metodologia proposta por Laseter (1998), por exemplo.

compartilhamento de informações e de resultados, o envolvimento no processo de desenvolvimento de produtos, dentre outros aspectos, como discorridos na seção 2.1 deste trabalho.

Por fim, a área de Compras deve iniciar as suas atividades regulares, que consistem basicamente em aplicar as ferramentas; como as descritas por Anderson, Fleisch, Gerstenhaber e Thakara (2012); e em explorar as oportunidades de redução de custos identificadas na segunda etapa da implementação. Deve-se destacar, no entanto, que para garantir um funcionamento adequado e uma geração de resultados a longo prazo, é preciso do engajamento da alta direção no acompanhamento da função Compras e de uma revisão periódica das métricas e dos resultados alcançados pela organização no que diz respeito à economia de gastos. Dessa forma, espera-se que a Alumínio Fulgor desenvolva as capacidades exigidas e aplique as técnicas adequadas para potencializar a sua função Compras, para que assim consiga realizar o seu potencial total de economia (estimado de 13,5% a 32,6% do orçamento anual de compras de materiais da empresa).

6 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

O presente estudo tinha como objetivo inicial aplicar conhecimentos e técnicas de design de produtos de forma a otimizar os gastos de Suprimentos da Alumínio Fulgor. Acredita-se que tal objetivo foi atingido, uma vez que o projeto do produto analisado (panela de pressão 4,5L) foi alterado de forma a gerar uma redução estimada de 10,7% no seu custo de manufatura. Além disso, este estudo mostra uma proposta de implementação para que a empresa consiga realizar as ações necessárias para atingir tal potencial de economia.

A eficácia do projeto no contexto da empresa estudada poderá ser medida a partir de economias de custos e, consequentemente ganhos de rentabilidade, que venham a ser obtidos a partir da implementação do projeto em questão. Tais economias puderam ser estimadas, como apresentados na Tabela 4-7, mas ainda há necessidade de medi-las na realidade, o que envolveria um projeto com maior tempo dedicado a isso. Obviamente, as medições devem ser feitas evitando o contato com demais fatores de mercado que pudesse levar a modificações profundas tanto no volume de produção quanto na estrutura de gastos de compras de materiais da Alumínio Fulgor. Como próximos passos do trabalho de formatura, este texto será apresentado à diretoria da empresa e, caso a Alumínio Fulgor decida por implementar as propostas sugeridas, o autor auxiliará na etapa de execução.

É reconhecido pela literatura que a função Compras pode desempenhar um papel chave no desafio de crescimento de valor das empresas desde que haja um processo de excelência e o alinhamento das habilidades organizacionais com as exigências do time de suprimentos (ANDERSON e KATZ, 1998). Contudo, poucas empresas conseguem pensar em Compras de uma forma estratégica, tampouco conseguem aplicar ferramentas de engenharia de produção com o objetivo de buscar otimizações tanto operacionais quanto financeiras. Somado a isso, a literatura apresenta diversos estudos que comprovam a importância do setor de compras para às organizações, mas poucos mostram efetivamente como as empresas podem aplicar os conceitos em suas operações de forma a conseguirem otimizar os gastos. Dessa maneira, o presente trabalho pode auxiliar empresas a visualizarem qual o caminho prático a percorrer para transformar sua estratégia de suprimento por meio da modificação do projeto de produtos adquiridos junto aos seus fornecedores.

Entretanto, há algumas limitações em que a metodologia e análise apresentadas aqui podem ser consideradas válidas. Inicialmente, deve-se levar em consideração a capacidade dos fornecedores conseguirem atender as exigências do projeto proposto, seguindo os mesmos SLAs (*Service Level Agreements*). Embora as alterações de projeto propostas não adicionem grande complexidade no processo de fabricação dos componentes em questão (cabo, haste e asas), é preciso verificar se todos os fornecedores da base atual possuem as competências tecnológicas necessárias para entregarem tais componentes adequadamente. Além disso, um outro aspecto não explorado neste trabalho é o impacto do projeto de produto proposto sobre o processo de produção. Caso as alterações no projeto da panela de 4,5L sejam implementadas, o processo produtivo do fabricante será afetado, uma vez que o tempo de montagem será reduzido significativamente, diminuindo o *lead time* do produto final. Com isso, a própria organização do trabalho e layout do fabricante poderão ser impactados. Ademais, o trabalho também não explora a reação dos clientes ao projeto de produto proposto, apesar de ser de fundamental importância entender a percepção dos potenciais clientes finais, tanto em termos de estética quanto de ergonomia e funcionalidade, antes de se iniciar a produção. Com relação à aplicação da metodologia, as propostas de alteração do projeto do produto na seção 4.3.3 deste trabalho se restringem estritamente aos dois componentes que representam maiores parcelas do custo de manufatura (no caso, cabos e asas). Dessa forma, tal restrição consiste em uma limitação, uma vez que outros componentes também poderiam ser explorados e otimizados por meio da metodologia DFMA.

Apesar dessas e outras limitações que o estudo pode ter, ele possui grande utilidade para a Alumínio Fulgor e eventualmente outras empresas do mercado.

Por fim, é possível concluir que, ainda que haja necessidade de estudos futuros para comprovação dos efeitos desse projeto na Alumínio Fulgor, ele certamente tem efeitos positivos por direcionar a empresa à otimização dos custos com compras de materiais, por meio especificamente da ferramenta de design de produtos. Além disso, aplicações da metodologia *Design for Manufacturing and Assembly* (DFMA) em outros ramos da indústria podem ser interessantes e devem gerar ganhos a outras empresas que, assim como ocorre com a Alumínio Fulgor, apresentam dificuldades adotar e aplicar técnicas de engenharia de produção em sua operação.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

JOHNSTON, R.; CLARK, G. Gerenciando os relacionamentos de suprimento. Em JOHNSTON, R.; CLARK, G. **Admnistração de Operações de Serviços**. São Paulo: Atlas, 2002.

HELPER, S. **How much has really changed between US automakers and heir suppliers?** Sloan Management Review, 1991.

ANDERSON, M.; KATZ, P. **Strategic Sourcing**. The International Journal of Logistics Management. Volume 9, número 1, 1998.

ROSS, D.; JONES, D.; WOMACK, J. Coordinating the supply chain. Em ROSS, D.; JONES, D.; WOMACK, J. **The machine that changed the world**. Macmillan Publishing Company, 1990.

BREWER, B.; ARNETTE, J. **Design for procurement: What procurement driven design initiatives result in environmental and economic performance improvement?** Journal of Purchasing & Supply Management 23, 2017, páginas 28-39.

PALMER, C. **Bringing design and procurement together**. Mechanical Engineering (CIME), 1996, página 77.

PULKKINEN, A.; MARTIKAINEN, A.; KUUSELA, J. **A framework of Design for Procurement**. 8th International Conference on Engineering, Technology and Innovation, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMINIO. **Estatísticas nacionais**. Disponível em: <<http://abal.org.br/estatisticas/nacionais/aluminio-primario/>>. Acesso em: 30 de junho de 2017.

LASETER, T. **Balanced Sourcing**. Cooperation and Competition in Supplier Relationships. Booz-Allen & Hamilton Inc. 1998.

ASHLEY, S. **Cutting costs and time with DFMA.** Mechanical Engineering. 1995.

BARBOSA, G. **Aplicação de metodologia DFMA – Design for Manufacturing and Assembly o projeto e fabricação de aeronaves.** Dissertação de mestrado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo. 2007.

RIBEIRO, A. **Aplicação do DFMA visando redução dos custos de fabricação e montagem: relações de cooperação em redes de operações produtivas.** XI SIMPEP. 2004.

FINOTTI, M., PERUSSO, A., PEIXOTO, M., GONÇALVES FILHO, E. **DMFA em ação: a metodologia aplicada no desenvolvimento de uma secadora centrífuga.** XV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica. 1999.

REDFORD, A.; CHAL, J. **Design for Assembly: principles and practice.** MacGraw-Hill. 1994.

BOOTHROYD, G.; DEWHURST, P. **Product Design for Assembly.** Wakefield: Boothroyd Dewhurst, Inc. 1989.

HEGGE, H.M.H.; WORTMANN, J.C.: **Generic Bill of Material: a new product model.** International Journal of Production Economics, v.23, p.117-128, 1991.

Melhores práticas DFMA (Design for Manufacturing and Assembly). **Núcleo de Manufatura Avançada da USP (NUMA).** Disponível em <<http://www.portaldeconhecimentos.org.br>>. Acesso em: 9 de setembro de 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Cadastro e certificados de produtos.** Disponível em <<http://www.inmetro.gov.br/>>. Acesso em: 9 de setembro de 2017.

HARDT, C.; REINECKE, N.; SPILLER, P. **Inventing the 21st-century purchasing organization.** Disponível em <<https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/inventing-the-21st-century-purchasing-organization>>. Acesso em: 7 de outubro de 2017.

ROMEIRO, E. **Projeto do produto.** Apostila do Curso (8^a edição). Departamento de Engeharia de Produção da Universidade Federal de Minas Gerais. 2006.

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Design for Assembly.** Disponível em <sites.poli.usp.br/d/pmr5217/capp_dfa.ppt>. Acesso em: 20 de outubro de 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Projeto de Fábrica e Layout.** Disponível em <www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/393_seq_3_5_macro.pdf>. Acesso em: 20 de outubro de 2017.

SCURA, A.R.; SCHNEIDERD, E.L.; LORINIB, F.J. **Aplicação do Design for Assembly (DfA) no Desenvolvimento do Projeto Conceitual de um Dispositivo Funcional.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2013.

BOOTHROYD, G.; DEWHURST, P.; KNIGHT, W. **Product Design for Manufacture and Assembly.** New York USA: Taylor & Francis Group, 2 ed. 2002.

SALUSTRI, F. A.; CHAN, V. **Design for Assembly.** Disponível em <<http://deed.ryerson.ca/~fil/t/dfmdfa.html>>. Acesso em: 20 de outubro de 2017.

COSTA, J. E.; SILVA, M. R.; SILVA, C. E. S. **Reprojeto de um Produto Fundamentado no Design for Assembly.** V Congresso brasileiro de gestão de desenvolvimento de produto. 2005.

ANDERSON, C.; FLEISCH, D.; GERSTENHABER, G.; THAKARA, S. **A fresh look at procurement.** Bain & Company Brief. 2012.

VEHVILÄINEN, J. **Procurement in Project Implementation.** Lappeenranta University of Technology. 2006.

8 APÊNDICE A – Portfólio de produtos

Linha	Modelo	Ilustração	Carac. Técnicas	Atributos adicionais
Industrial	Panela de pressão com alça e fechamento externo		Diâmetro: 30,4cm Capacidade: 12, 15 e 20L	Alças em baquelite e Válvula de silicone e metálica
Industrial	Panela de pressão com cabo e fechamento externo		Diâmetro: 30,4cm Capacidade: 12, 15 e 20L	Dispositivo de segurança
Doméstica	Panela com fechamento externo		Capacidade: 4 e 6L	Janela de segurança e válvula de silicone
Doméstica	Panela vermelha com fechamento externo		Capacidade: 4 e 6L	Janela de segurança e válvula de silicone
Doméstica	Com fechamento interno e antiaderente		Capacidade: 3; 4,5; 7 e 10L	Válvula de silicone
Doméstica	Com fechamento interno e polida com alto brilho		Capacidade: 3; 4,5; 7 e 10L	Válvula de silicone e modelo de 4,5L opção SUPER (paredes e tampas mais espessas)

9 APÊNDICE B – Lista de fornecedores

Lista de fornecedores (continua)

Nome do fornecedor	Item fornecido	Categoria de compra
Alumínio Marpal Ltda.	Cabos,Alças de baquelite	Cabos e alças de baquelite
Alumínio Trofa Ltda.	Cabos,Alças de baquelite	Cabos e alças de baquelite
Bakmetal Ind. E Com. de Metais Ltda	Alum.,Tps PP,pçs Baquelite	Cabos e alças de baquelite
CBA	Aluminio	Cabos e alças de baquelite
DMM Ind. e Com. Produtos Quimicos	Cabos,Alças de baquelite	Cabos e alças de baquelite
Industria e Comercio de Moldagem de Baquelite JTS	Alças , Cabos de baquelite	Cabos e alças de baquelite
Indústria Metalúrgia MCA Ltda	Alças,Cabos de baquelite	Cabos e alças de baquelite
Ind. de Artefatos de Baquelite Cabfort Ltda	Alças , Cabos de baquelite	Cabos e alças de baquelite
FBM	Alças , Cabos de baquelite	Cabos e alças de baquelite
Aços Inbrafer	Metais	Chapas e lingotes de alumínio
Aluforce Industria e Comercio de Metais Ltda	Chapas de Aluminio	Chapas e lingotes de alumínio
Aluminex Ind. e Com. de Metais Ltda	Chapas de Aluminio	Chapas e lingotes de alumínio
Aluminio Vigor Ltda	Aluminio : Lingotes , Chapas	Chapas e lingotes de alumínio
Lotusmetal Importação e Exportação Ltda	Aluminio	Chapas e lingotes de alumínio

Lista de fornecedores (continuação)

Nome do fornecedor	Item fornecido	Categoria de compra
Novelis do Brasil Ltda	Chapas de Aluminio	Chapas e lingotes de alumínio
Siderplast Indústria e Comércio Ltda	Laminados de Metal	Chapas e lingotes de alumínio
Anfar Ind. e Com. de Comp. P Panelas de Pressão e Gás Ltda	Componentes P. Pressão	Componentes mecânicos
AUKA 2	Valvulas de Segurança	Componentes mecânicos
Ferrametal Ferramentaria e Metalurgica ltda	Hastes Panelas de Pressão	Componentes mecânicos
Gustaka Comercial Ltda	Valvulas de Segurança	Componentes mecânicos
Industria de Artefatos de Borracha Catumbi	Aneis de Vedaçao , válvulas	Componentes mecânicos
Ind.Artefatos Borrachas Guamantec Ltda	Aneis de vedaçao e válvula	Componentes mecânicos
WCA do Brasil Ind e com de Art. de Bor e Plast. Ltda ME	Aneis de vedaçao e valvulas de segurança p/ panela de pressão	Componentes mecânicos
Cartonagem Jauense Ltda	Embalagens	Embalagens
Cartonagem Salinas	Embalagens de papelão	Embalagens
Cartonagem São José Ltda	Caixas de papelão ondulado	Embalagens
Gráfica Suprema Embalagens Ltda	Embalagens	Embalagens
Grupo Orsa	Embalagens de papelão	Embalagens

Lista de fornecedores (continuação)

Nome do fornecedor	Item fornecido	Categoria de compra
Impressora Brasil Ltda	Embalagem	Embalagens
International Paper do Brasil Ltda	Caixas de papelão ondulado	Embalagens
Mack-Ross	Embalagens plásticas	Embalagens
MM Embalagens	Caixas de papelão ondulado	Embalagens
RMF Gráfica e Editora Ltda	Impressos, Embalagens	Embalagens
Salute Indústria de Papelão Ondulado Ltda	Embalagem de Papelão	Embalagens
Sapopemba Indústria e Comércio de Embalagens Ltda	Caixa de Papelão Ondulado	Embalagens
Ultragraf Embalagens Ltda	Embalagens	Embalagens
Arafix Acessórios e Fixadores Ltda - EPP	Parafusos, Porcas, Arruelas	Outros
Brasmetal Waelzholz S.A. Ind. e Com.	Produção de tiras de aço	Outros
Chapmol Ind. e Com. de Molas Ltda - ME	Molas metálicas	Outros
Grif Rótulos e Etiquetas Adesivas Ltda	Rótulos e Etiquetas Adesivas	Outros

Lista de fornecedores (conclusão)

Nome do fornecedor	Item fornecido	Categoria de compra
Indústria Metalúrgica Corsan Ltda	Suporte do cabo da panela de pressão linha Hotel / Industrial	Outros
Lando Ind. E Com. Imp. E Exp.Ltda.	Parafusos,porcas,arruelas	Outros
Metalurgica Erbart Ltda	Rebites , Parafuso de Al.	Outros
Metalurgica Windhold Ltda	Peças fundidas de aluminio	Outros
MM Metais	Suporte de cabos e asas	Outros
MRP Ind. Com. Ltda	Acessorios de Panelas	Outros
Nicols Ind. Com. De Plasticos	Acessorios de Panelas	Outros
Plasmetel Eletrodeposição Ltda	Niquelação/Cromação	Outros
Pino Lar Ind. E Com. Ltda - EPP	Acessorios de Panelas	Outros
PW Usinagem	Peças usinadas em aço	Outros
Real Polymers Ind. e Com. Ltda	Artefatos de Borracha	Outros
Trofa-L Ind.E Com. De Aluminio Ltda	Anti-adherente	Outros

10 APÊNDICE C – Produção total por mês

Classificação	Produtos	jan/15	fev/15	mar/15	abr/15	mai/15	jun/15	jul/15	ago/15	set/15	out/15	nov/15	dez/15	Total	média mensal
Linha Doméstica	panela 3L	315	630	693	1023	504	252	624	378	630	378	747	693	6867	572,3
	panela 4L	126	189	315	0	189	378	0	189	63	126	567	465	2607	217,3
	panela 4,5L	6231	3888	5742	4028	1638	3189	3558	1386	2490	3176	1173	1836	38335	3194,6
	panela 6L	63	252	315	315	0	252	0	819	252	398	0	461	3127	260,6
	panela 7L	1309	2857	2511	2841	1167	2590	1711	2049	2429	2267	1558	1096	24385	2032,1
	panela 10L	756	567	756	1322	2649	1323	504	3358	2763	1182	977	945	17102	1425,2
Linha Industrial	panela 12L	441	189	378	195	378	441	166	252	315	441	315	189	3700	308,3
	panela 15L	126	252	315	262	252	378	189	378	189	378	315	189	3223	268,6
	panela 20L	819	693	945	713	756	819	694	793	567	819	630	504	8752	729,3
	panela 25L	38	57	24	30	21	0	0	0	10	9	22	56	267	22,3
	panela 30L	65	102	46	170	64	0	54	47	192	86	52	45	923	76,9
	panela 35L	65	94	48	120	68	0	34	43	55	46	24	76	673	56,1
Média		10354	9770	12088	11019	7686	9622	7534	9692	9955	9306	6380	6555	109961	

11 APÊNDICE D – Questionário da Avaliação da função Compras

- Como a companhia geralmente aborda oportunidades de redução de gastos?

Opção A: Cortes genéricos no orçamento, permitindo aos executivos decidirem aonde realizar tais cortes.

Opção B: A área de Compras foca na negociação de preços com fornecedores, enquanto o restante da organização é encorajado a reduzir o consumo.

Opção C: Análise profunda dos gastos por cada categoria de item comprado, com ênfase tanto nos níveis de consumo e mix de produtos, quanto nos preços.

- No último projeto de Compras que foi realizado pela organização, como você descreveria os resultados?

Opção A: Análise interessante, mas não gerou muito impacto.

Opção B: Inicialmente houve impacto, mas não foi possível mantê-lo com o tempo.

Opção C: Resultados significativos que foram mantidos ao longo de vários anos.

- Qual é o papel da função Compras na especificação de componentes para os produtos (gastos diretos) e na definição de política de contratação de serviços externos (gastos indiretos)?

Opção A: A função Compras se restringe à negociação de preços, não atuando na especificação dos produtos e serviços comprados.

Opção B: A função Compras participa de forma consistente, mas não é uma força significativa caso outras áreas (ex: Engenharia) possuam opiniões diferentes.

Opção C: A função Compras participa de forma igual às demais áreas, contribuindo consideravelmente para as especificações de compras.

- Com qual frequência se utiliza o modelo de custo de aquisição total como parte do processo de negociação de preços com fornecedores?

Opção A: Raramente utilizado.

Opção B: Utilizado em algumas categorias, mas poderia ser utilizado de uma forma mais ampla e sistêmica.

Opção C: É utilizado em praticamente todas as categorias de itens adquiridos.

5. Quando a função de Compras define práticas e políticas de suprimentos, como organização consegue cumprí-las?

Opção A: Geralmente os funcionários realizam compras da forma que acham que julgam melhor, contanto que respeitem os orçamentos.

Opção B: As práticas de compras para algumas categorias de itens adquiridos são controladas de uma forma mais próxima e rígida. No entanto, para as demais categorias, não há muito controle.

Opção C: Todas as categorias de compras são controladas frequentemente, evitando falta de cumprimento das políticas.

6. Como a companhia gerencia e age com base nas informações de seus fornecedores?

Opção A: Informações relativas à performance de alguns fornecedores são coletadas, mas ficam restritas à função Compras.

Opção B: A função Compras utiliza informações de performance de fornecedores para auxiliar na seleção dos mesmos, mas tais dados ficam restritas à função Compras.

Opção C: As informações e dados dos fornecedores são coletadas, revizadas e utilizadas por todos os funcionários da organização que interagem com tais fornecedores. Assim, as informações são compartilhadas por toda a organização.

7. O quanto desenvolvidas são as capacidades organizacionais da companhia para previsão e alerta de potenciais riscos ao longo da sua cadeia de suprimentos?

Opção A: A companhia possui apacidade limitada para prevenção de riscos, sendo reativa à falta de materiais e à problemas de qualidade.

Opção B: A companhia possui métricas que auxiliam na identificação de potenciais riscos, mas mesmo assim não consegue cobrir eventuais riscos que ocorrem.

Opção C: A organização possui uma análise completa de riscos ao longo de sua cadeia de suprimento, contando com o estabelecimento de métricas preventivas e contingências de gerenciamento de riscos em áreas de difícil previsão.