

**JULIO CESAR DOS SANTOS GIOVANINI**

**Implementação de uma ferramenta de tomadas de decisão baseada nos custos pós-venda  
de uma empresa aeronáutica provedora de serviços**

**Julio Cesar dos Santos Giovanini**

**Implementação de uma ferramenta de tomadas de decisão baseada nos custos pós-venda  
de uma empresa aeronáutica provedora de serviços**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica

Orientador: Victor Orlando Gamarra Rosado

G512i	<p>Giovanini, Julio Cesar dos Santos  Implementação de uma ferramenta de tomadas de decisão baseada nos custos pós -venda de uma empresa aeronáutica provedora de serviços / Julio Cesar dos Santos Giovanini. – Guaratinguetá, 2018.  67 f : il.  Bibliografia: f. 64-67</p> <p>Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2018.  Orientador: Prof. Dr. Victor Orlando Gamarra Rosado</p> <p>1. Processo decisório 2. Custo. 3. Indústria aeroespacial. 4. Aviões - Manutenção e reparosI. Título</p> <p style="text-align: right;">CDU 65.012.4</p>
-------	---

Pâmella Benevides Gonçalves  
Bibliotecária/CRB-8/9203

**JULIO CESAR DOS SANTOS GIOVANINI**

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO  
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE  
“GRADUADO EM NOME DO CURSO”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO EM NOME DO CURSO

  
Prof. Dr. MARCELO SAMPAIO MARTINS  
Coordenador

**BANCA EXAMINADORA:**

  
Prof. Dr. VICTOR ORLANDO GAMARRA ROSADO  
Orientador/UNESP-FEG

  
Prof. Dr. ERICK SIQUEIRA GUIDI  
UNESP-FEG

  
Prof. Dr. FERNANDO DE AZEVEDO SILVA  
UNESP-FEG

## **DADOS CURRICULARES**

### **JULIO CESAR DOS SANTOS GIOVANINI**

**NASCIMENTO** 09.02.1993 – São Paulo -SP

**FILIAÇÃO** Carlos Cesar Nogueira Giovanini  
Elaine Cristina dos Santos Giovanini

**2011/2018** Engenharia Mecânica - Graduação  
Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá  
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Dedico este trabalho aos meus pais e meu irmão pelo apoio incondicional, e por sempre me ensinarem o valor do estudo e do trabalho

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, por me ter concedido a benção de nascer nessa família, e por ter me dado a oportunidade de estar perto de pessoas que tanto amo e admiro.

ao meu pai *Cesar* e a minha mãe *Elaine*, por terem investido tempo, atenção, ensinamentos e valores que vou levar para o resto da minha vida, e acima de tudo, por terem me dado amor, sem eles eu não chegaria aonde cheguei.

ao meu irmão e amigo *Cassio*, pelo suporte incondicional nos momentos bons e ruins, sendo sempre um companheiro fiel com o qual posso contar.

aos meus avós *Arminda, Santos, Cida e Clodomil*, por serem os alicerces fundamentais desta família, e por terem me ensinado o valor do trabalho.

a minha namorada *Izadora*, pelo carinho, paciência e cobranças para que fosse possível a conclusão desta graduação.

aos amigos de longa data de Praia Grande, que mesmo apesar da distancia sempre estiveram presentes, e por me mostrarem o verdadeiro significado da amizade.

aos amigos da República *Tomala Adega Abate Inferno daka*, pelo companheirismo, risadas, momentos de descontração e de auxílio nos estudos, e por sempre me ensinarem o valor do companheirismo.

ao quadro de docentes da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, pelo tempo dedicado em me passar conhecimentos.

aos funcionários da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, por terem sempre me atendido de forma atenciosa e urgente quando necessário .

em especial, ao meu orientador Prof. Dr. Victor Orlando Gamarra Rosado, por ter acreditado no potencial deste trabalho, e por todo o suporte oferecido.

MUITO OBRIGADO!

“No que diz respeito ao empenho, ao compromisso, ao esforço, à dedicação, não existe meio termo. Ou você faz uma coisa bem feita ou não faz.”

Ayrton Senna

## RESUMO

Com a estagnação da demanda e entradas de novos concorrentes no mercado, fabricantes viram suas margens de lucro na venda de produtos caírem consideravelmente, e a fim de manterem um fluxo de caixa mais constante e garantir a lucratividade, estas estão tendendo a mudar seu foco do negócio para serviços no pós-venda. A fim de se adaptar a este cenário, as fabricantes de aeronaves além de vender aviões novos, também oferecem pacotes de serviços, nos quais os clientes pagam uma taxa fixa por hora voada, enquanto a fabricante fica responsável por suportar e arcar com os custos de todas as atividades de manutenção. O modelo de negócio de parceria de risco com fornecedores faz com que as tarefas de manutenção que ocorrerão após a peça ser removida da aeronave, e a compra de peças novas para reposição sejam feitas diretamente com os mesmos fornecedores de sistemas que entregam peças para a linha de produção, e com que estes estejam presentes desde o começo do programa até o fim da vida útil da aeronave. Sendo assim, a procura e seleção destes fornecedores é um momento crucial para que se possa obter vantagem competitiva na prestação de serviços. O foco deste trabalho é criar uma ferramenta que permita a rápida análise entre duas propostas, sendo possível verificar por meios de gráficos qual o fornecedor que melhor irá se comportar em termos de custos ao longo do tempo. Para o mapeamento dos custos envolvidos no pós venda, foi utilizado o método de Custeio Baseado em Atividades ABC. A primeira etapa deste método é a análise do cenário, onde foi possível definir que os processos de remoção e instalação de peças nos centros de serviço, o reparo dos componentes falhados no fornecedor, e manter o estoque disponível são as atividades que englobam o pós-venda. Depois de definido as atividades, verificou-se que fatores externos às tarefas de manutenção também possuem impacto nos custos do pós-venda, como tempo de reparo, tempo médio entre falhas, além do tamanho da frota e horas voadas por aeronave. Para o modelamento matemático do comportamento dos custos, foram utilizadas as fórmulas de DMC (custos diretos de manutenção), e a de distribuição de Poisson para planejamento de estoques levando em consideração as atividades e fatores anteriormente mapeados. O modelamento foi então inserido em uma planilha de Microsoft Excel para criar uma ferramenta que apresenta visualmente o comportamento de dois fornecedores.

**PALAVRAS-CHAVES:** Mercado pós-venda. Modelamento de custos. Manutenção aeronáutica. Procura e seleção de fornecedores.

## ABSTRACT

With stagnant demand and new entrants in the market, manufacturers saw their profit margins on product sales fall sharply, and in order to maintain more constant cash flow and ensure profitability, these are tending to shift their focus from business for after-sales services. In order to adapt to this scenario, aircraft manufacturers, in addition to selling new aircraft, also offer packages of services in which customers pay a flat rate per hour flown, while the manufacturer is responsible for maintenance and support activities. The risk partnership business model with suppliers assure that the maintenance tasks that will occur after the part is removed from the aircraft, and the purchase of new parts for replacement are done directly with the same systems suppliers that deliver parts to the production, and also the presence of this suppliers from the beginning of the program until the end of the useful life of the aircraft. Therefore, the demand and selection of these suppliers is a crucial moment for obtaining a competitive advantage in the provision of services. The focus of this work is to create a tool that allows the quick analysis between two proposals, and enable the verification, by means of graphics, which supplier will have the better behavior in terms of costs over time. For the mapping of costs involved in after sales, the Activity Based Costing method ABC was used. The first stage of this method is the scenario analysis, where it was possible to define that the processes of removal and installation of parts in the service centers, repair of failed components in the supplier, and to maintain the available stocks are the activities present on the aftermarket. After the activities were defined, were also verified that external maintenance factors also had an impact on after-sales costs, such as repair time, average time between failures, as well as fleet size and hours flown by aircraft. For the mathematical modeling of cost behavior, the DMC formulas (direct maintenance costs) were used, and the Poisson distribution model for inventory planning was used taking into account the previously mapped activities and factors. The modeling was then inserted into a Microsoft Excel worksheet to create a tool that visually displays the behavior of two vendors.

**KEY WORDS:** Aftermarket. Costs modeling. Aircraft maintenance. Suppliers selection.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Divisão do Mercado Pós-Venda .....	21
Figura 2 - O Ciclo de vida de uma Aeronave.....	24
Figura 3 - Modelos negócio para o atendimento ao cliente.....	32
Figura 4 - Os processos envolvidos no serviço de estoque compartilhado.....	33
Figura 5 - Modelamento de Critérios para procura e seleção de fornecedores.....	48

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Atividades e recursos de C1.....	53
Quadro 2 - Atividades e recursos de C2.....	54
Quadro 3 - Atividades e recursos de C3.....	54
Quadro 4 - Direcionadores de custos secundários de C1.....	55
Quadro 5 - Direcionadores de custos secundários de C2.....	56
Quadro 6 - Direcionadores de custos secundários de C3.....	56
Quadro 7 - Fatores com valores propostos na procura e seleção.....	58
Quadro 8 - Fatores Operacionais.....	58
Quadro 9 - Fatores dos centros de serviço.....	59

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Cálculo do DMC .....	43
Equação 2 – Cálculo do custo primário C1 com o centro de serviço.....	44
Equação 3 – Cálculo do custo primário C2 anual com reparo de componente.....	44
Equação 4 – Formula de Poisson.....	45
Equação 5 – Formula de exposição de peças sobressalentes SE (Spare Exposure).....	45
Equação 6 – Cálculo da taxa de ocorrência média .....	46
Equação 7 – Calculo da quantidade necessária de estoque para atender o nível de serviço....	46
Equação 8 – Cálculo do custo primário de estoque.....	47

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

C2	Custo de reparo de componente
C3	Custo de estoque
CAAC	Civil Aviation Administration of China (Administração de aviação civil de China)
DMC	Direct maintenance costs (Custos diretos de manutenção)
DSA	Direct Shipment Approval (Autorização para envio direto)
EASA	European Aviation Safety Agency (Agencia de Segurança de aviação da Europa)
FAA	Federal Aviation Administration (Administração Federal de Aviação)
H	Horas reportadas pelo centro de serviço
HV	Média de horas anuais voadas por aeronave
M	Valor dos materiais consumidos
MH	Taxa Homem/Hora
MTBF	Mean Time Between Failures (Tempo médio entre falhas)
MTBUR	Mean Time Between Unscheduled Removal (Tempo Médio entre Remoções não Programadas)
N	Número de aviões entregues por ano
N	Quantidades de peças necessárias no estoque
NF	Custo da não falha
NFF	Evento de não falha
NS	Nível de serviço
P	Preço do componente
PMA	Parts manufacturer approval (Aprovação do fabricante de Peças)
R	Custo do reparo
SE	Exposição de peças sobressalentes
$\lambda$	Taxa de ocorrência média
QPA	Quantidade por aeronave
C2	Custo de reparo de componente
C3	Custo de estoque
CAAC	Civil Aviation Administration of China (Administração de aviação civil de China)

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO.....	16
1.2	JUSTIFICATIVA.....	17
1.3	OBJETIVO.....	17
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	18
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>19</b>
2.1	O MERCADO PÓS VENDA.....	19
2.1.1	<b>Oportunidade financeira.....</b>	<b>20</b>
2.1.2	<b>Vantagem competitiva na área de serviços.....</b>	<b>21</b>
2.1.3	<b>Transição para serviços.....</b>	<b>23</b>
2.1.4	<b>Mercado pós venda aeronáutico.....</b>	<b>24</b>
2.2	A CADEIA DE SUPRIMENTOS .....	25
2.2.1	<b>A cadeia de suprimentos aeronáuticos.....</b>	<b>28</b>
2.2.2	<b>O pós-venda na cadeia de suprimentos aeronáutica .....</b>	<b>30</b>
2.3	MODELOS DE NEGOCIO PARA SUPORTE AO CAMPO.....	31
2.4	O PROCESSO DE PROCURA E SELEÇÃO DE FORNECEDORES .....	34
2.5	CUSTOS DE MANUTENÇÃO AERONÁUTICO.....	35
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA E IMPLEMENTAÇÃO DA FERRAMENTA.....</b>	<b>37</b>
3.1	MÉTODOS DE PESQUISA.....	37
3.2	METODOLOGIA DO TRABALHO.....	37
3.3	IMPLEMENTAÇÃO DO FERRAMENTA.....	38
3.3.1	<b>Primeira fase: mapeamento do ambiente operacional.....</b>	<b>38</b>
3.3.2	<b>Segunda fase: definição dos custos primários.....</b>	<b>39</b>
3.3.3	<b>Terceira fase: calculo dos direcionadores secundários.....</b>	<b>42</b>
3.3.4	<b>Quarta fase: análise dos critérios de comparação na procura e seleção de fornecedores.....</b>	<b>47</b>
3.3.5	<b>Quinta fase: aplicação do modelo em uma situação de procura e seleção hipotética.....</b>	<b>50</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>51</b>
4.1	MAPEAMENTO DO AMBIENTE OPERACIONAL.....	51
4.2	DEFINIÇÃO DOS CUSTOS PRIMÁRIOS.....	52
4.3	CALCULO DOS DIRECIONADORES SECUNDÁRIOS.....	54

4.4	ANALISE DO CRITÉRIOS DE COMPARAÇÃO NA PROCURA E SELEÇÃO DE FORNECEDORES.....	57
4.5	APLICAÇÃO DO MODELO EM UMA SITUAÇÃO DE PROCURA E SELEÇÃO HIPOTÉTICA.....	58
5	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>61</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>64</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O processo de desenvolvimento para um novo projeto de aeronave tem seu início no fabricante. Este, após fazer um estudo de mercado, verificando qual será o tipo de aeronave, número de assentos, e tecnologias requisitadas pelos clientes irá ter maior aceitação, sucesso nas vendas e margens de lucro, de acordo com a estratégia traçada pelo fabricante. (PARDESSUS, 2004)

Após a tomada de decisão de qual macro caminho seguir, o time de engenharia de desenvolvimento do produto desenvolve toda a parte estrutural e aerodinâmica da aeronave, e define quais os requisitos técnicos dos sistemas que a aeronave terá que atingir. Os sistemas em si não são desenvolvidos pela fabricante, pois para tal, é necessário um alto investimento inicial, além de conhecimento técnico extremamente específico, conhecimentos esses que os fabricantes de sistemas já possuem com grande experiência. (RODRIGUES, 2013)

Portanto, o modelo de desenvolvimento de sistemas que os fabricantes de aeronaves costumam utilizar é o de parceria de risco. Neste modelo o fabricante define quais as especificações técnicas, como tamanho, peso, potência, e outras características específicas para cada tecnologia, o sistema terá que atender, e fica de responsabilidade do fornecedor de sistemas o desenvolvimento e produção de tais componentes. (EIRIZ, 2001)

A fim de garantir a melhor competitividade, e analisar diferentes propostas, o fabricante de aeronaves faz uma procura e seleção de fornecedores por meio de licitação no qual cada fornecedor leva a sua proposta técnica e também quais níveis de performance técnica, suporte de materiais, além de preços, eles garantem que atingirão. (FERREIRA, 2011)

O momento da seleção do fornecedor é crítico, pois o contrato a ser assinado é válido por toda a vida útil do projeto. Portanto, não há muita margem para mudanças, sendo assim é importante que a proposta escolhida traga vantagem competitiva tanto para linha de produção da aeronave, quanto para o suporte pós-venda que será dado durante a vida do projeto. (FERREIRA, 2011)

O mercado aeronáutico vem traçando uma mudança de comportamento que corrobora com a área de serviços. De acordo com a comparação dos resultados de 2011 e 2016 apresentados por Uhlmann, a confiabilidade continua sendo a maior preocupação dos operadores de aviões, no entanto não mais a qualquer custo. Atualmente a busca por modelos

de negócios mais economicamente viáveis e com maior eficácia de recursos é o fator mais significativo, seguido por flexibilidade e segurança. (UHLMANN, 2013)

Além do que, uma característica importante das aeronaves, é o seu valor de investimento inicial altíssimo, e o seu ciclo de vida que supera facilmente os 30 anos, um número que excede a maioria dos produtos existentes no mercado. Assim, as atividades de serviço e suporte ao campo aeronáutico possuem mais importância, e oportunidades mais abundantes quando comparados a outros nichos de mercado. (LEE, 2008)

Devido ao fato dos fabricantes serem historicamente focados em produção, mesmo com a área de serviços estando em alta, essa transição é bem lenta e cautelosa. Além do fato de algumas empresas serem céticas a respeito do potencial financeiro dos serviços atrelados a seus produtos, as que possuem essa percepção costumam afirmar que tais serviços não fazem parte dos negócios principais da empresa, e que não possuem as competências necessárias para tal. No entanto, quando decidem entrar nesse novo ramo, tais companhias precisam passar por mudanças estruturais de processos, métricas e estratégias para conseguirem mudar seus modelos de negócios, e principalmente, de métodos e ferramentas que consigam prever resultados e controlar as novas atividades. (OLIVA, 2003)

A maior dificuldade que uma companhia se depara ao analisar a possibilidade de entrar no mercado de pós-venda é a de entender e controlar como as operações necessárias contribuem com o crescimento do negócio, a ausência do domínio dos mesmos impossibilitam a definição de estratégias para este novo nicho, além do que, a falta de métodos e ferramentas adequadas para prever resultados e controlar o comportamento de tais operações faz com que as empresas não consigam mensurar corretamente o potencial financeiro, e que decisões erradas sejam tomadas, o que causa a falsa impressão de que este não é um mercado promissor. (COHEN, 2006)

Portanto, o foco do projeto está nesse processo de procura e seleção de fornecedores voltado para o mercado pós-venda, evidenciando as vantagens estratégicas e financeiras de se trabalhar na área de serviços, e facilitando a compreensão de como cada proposta se comportará financeiramente ao longo do tempo com a utilização de uma ferramenta.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

O mercado do pós-venda aeronáutico, caracterizado pelo suporte ao campo com peças sobressalentes e serviços, é mais que uma obrigação. É uma oportunidade para o desenvolvimento de novos e lucrativos negócios.

Dentro deste cenário, algumas empresas oferecem aos clientes um serviço de suporte total ao campo, onde o cliente paga uma taxa fixa por hora voadora, e tem direito a troca de peças falhadas e manutenções programadas, fica assim a fabricante contratada, responsável em manter o estoque disponível, e arcar com todos os custos de manutenção, de acordo com o escopo de peças contratado.

Considerando que tanto a fabricação das peças de reposição, quanto à realização dos reparos, são na maioria das vezes feitos pelos mesmos fornecedores dos sistemas que são utilizados na montagem da aeronave, e que estes possuem contratos de longa duração envolvendo condições para linha de montagem, e também para o suporte ao pós-venda, a fim de se obter competitividade é necessário que os acordos feitos sejam vantajosos tanto para produção, quanto para o campo.

No momento da procura e seleção destes fornecedores, são definidos e contratados diversos fatores que impactam o custo que o fabricante terá no pós-venda. Estes fatores interagem entre si, e impactam o caixa da fabricante com comportamentos diferentes ao longo do tempo, sendo assim a comparação entre duas propostas, analisando individualmente estes fatores, não representa corretamente qual será mais vantajosa ao longo do tempo.

Considerando a interação entre estes fatores, a análise correta do todo não é simples nem intuitiva, fazendo com que as negociações durante a fase inicial de um projeto muitas vezes não sejam vantajosas para o negócio pós-venda.

### 1.3 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é criar um modelo matemático que represente o comportamento financeiro das atividades que contemplam o serviço de pós-venda, com base no modelo de suporte de estoque compartilhado da aviação executiva, ao longo da vida útil do programa, através da análise do processo como um todo, mapeando todas as atividades envolvidas, definindo os direcionadores de custos e como esses se comportam no meio operacional.

Com este modelo, é criada uma ferramenta no Microsoft Excel na qual o usuário entrará com diferentes propostas de fornecedores, além de valores operacionais que se pretende ter no programa, e esta irá criar um gráfico do comportamento dos gastos ao longo do tempo. Esta facilitará a seleção do fornecedor que mais será vantajosa ao longo do tempo, deixando explícito o impacto financeiro que cada proposta terá no pós-venda.

## 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho possuirá quatro capítulos principais, Referencial teórico, Metodologia e Implementação da ferramenta, Resultados e discussões e Conclusão.

O capítulo Referencial teórico apresentará a definição e características do mercado pós-venda, com ênfase para a indústria aeronáutica e seus modelos de negócio para suporte ao campo, além de evidenciar as dificuldades da transição de produção para serviços, e como funciona o processo de procura e seleção de fornecedores baseado em artigos de diferentes autores.

Dentro do capítulo Metodologia e Implementação da ferramenta, será apresentado quais os métodos a serem utilizados, e todas as etapas para o desenvolvimento de uma ferramenta com base no método de Custeio Baseado em Atividades ABC . Além disso, serão definidos quais são os direcionadores de custos primários e secundários, e quais as equações mais adequadas para modelar o comportamento deles.

No capítulo Resultados e discussões, será utilizado as definições e equações apresentadas na metodologia, para aplicação da ferramenta em uma simulação de procura e seleção de fornecedores, e o resultado da comparação entre os dois fornecedores será discutida.

No capítulo Conclusão será apresentado as considerações finais a respeito do que foi apresentado durante o trabalho, e sugestões para trabalhos futuros.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo irá se aprofundar nos principais tópicos a serem discutidos nessa pesquisa, trazendo o referencial teórico necessário para a correta análise do assunto. Nele será abordado características do mercado pós-venda, o gerenciamento da cadeia de suprimentos, os processos pelos quais o segmento pós-venda é responsável, com a devida análise de comportamento financeiro.

### 2.1 O MERCADO PÓS VENDA

O mercado mundial vem sofrendo uma severa mudança de comportamento no qual o setor produtivo vem se tornando cada vez menos atrativo para grandes fabricantes de diversos setores.

Dentre os fatores responsáveis, a internacionalização da indústria e o forte crescimento econômico voltado para produção e qualidade, fizeram com que novos concorrentes entrassem no mercado, aumentando assim a oferta por produtos. E, considerando a estagnação no consumo itens novos, as companhias se viram obrigadas a reduzir as margens de lucro para se manterem competitivas. (ANDRADE, 2015)

Além da redução da demanda, o acúmulo de produtos previamente comprados, e o aumento da durabilidade dos mesmos, fez com que a base instalada expandisse e superasse a quantidade de unidades vendidas anualmente. Na indústria automobilística, essa proporção chega a uma taxa de 13 carros em serviço, para cada carro novo vendido, padrão esse que fica mais evidente na indústria aeronáutica que chega a 150 para 1. Portanto, a fim de manter as margens de lucro elevadas, e se beneficiarem durante toda a vida útil dessa grande quantidade de produtos já em serviço, as empresas se viram forçadas a deixarem de serem simplesmente fabricantes, para terem seu foco em oferecer serviços de suporte os clientes. (WISE, 1999)

Podemos definir as operações de pós-venda como todas as atividades após a compra, relacionadas ao uso, manutenção e disposição do produto, e não somente durante o período de garantia, mas sim durante toda sua vida útil. Uma empresa que produza bens manufaturados de base tecnológica pode ser definida como uma empresa que produza bens de capital nos quais o nível tecnológico é fundamental para o resultado do cliente, e para que esta possa traçar corretamente a estratégia industrial para com essas atividades, é importante focar em 4 temas principais:

- Assistência técnica: Engloba os processos de reparo em bancada e no campo, atendimento e orientação a clientes a respeito do uso do produto, e apoio documental de manuais.

- Confiabilidade: Adquirida por meio de testes e procedimentos para detecção de problemas e melhorias no produto, conhecimento dos modos de falhas e confiabilidade do produto.

- Gestão do relacionamento com clientes: Através de sistemas de informação para apoio a relacionamento, prospecção de mercado e acompanhamento do desempenho do produto e satisfação dos clientes.

- Logística de retorno e reposição: Contempla a coleta e retorno de equipamento e embalagens, e armazenagem de peças de reposição (SELLITO, 2011).

Clientes diferentes podem possuir necessidades diferentes para o mesmo produto, portanto para uma empresa ser bem-sucedida no pós-venda, é importante que esta tenha um portfólio de serviços, que vão desde o básico e praticamente obrigatório, como soluções de problemas técnicos, instalação, treinamentos e manutenção, passando por programas que auxiliem os clientes a reduzirem seus custos operacionais, como por exemplo, sistemas digitais de acompanhamento de pedidos e entregas, facilitando a gestão logística, até desenvolvimento de soluções que venham a facilitar e melhorar o negócio do cliente, como auxílio de especialistas no momento de selecionar qual produto melhor atende a demanda, e descontos estratégicos. (ANDERSON, 1995)

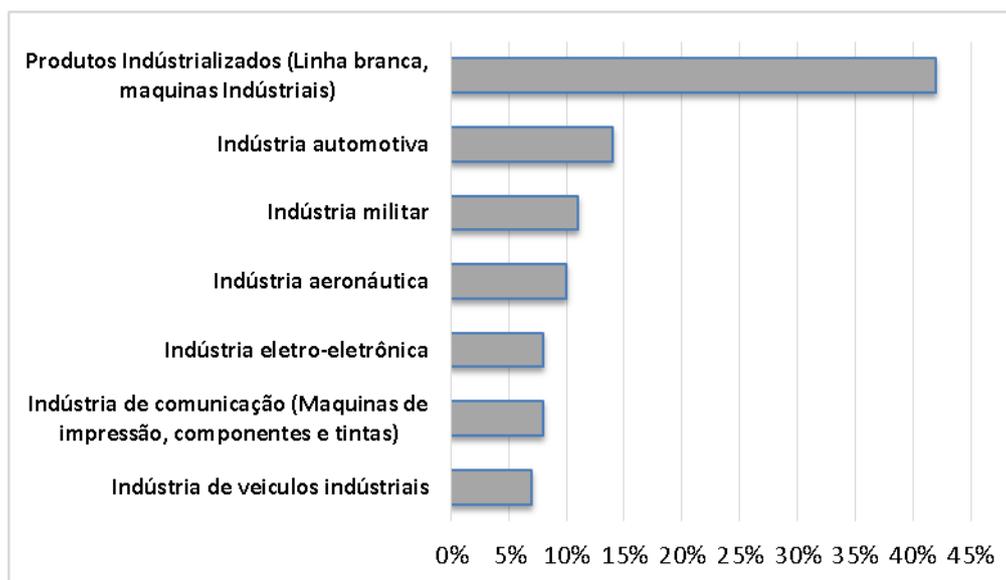
### **2.1.1 Oportunidade financeira**

Em termos de valores, este mercado cresceu exponencialmente. Hoje, quando falamos em venda de peças de reposição além de serviços pós-venda nos Estados Unidos, os números giram em torno de US\$1 Trilhão anuais. A representatividade deste mercado é tamanha que já chegou a representar 8% do produto interno bruto Americano (COHEN, 2006). Do ponto de vista empresarial, o Relatório trimestral da Mackinsey afirma que, a lucratividade total das companhias é composta 40% pelo pós-venda. (GALLAGHER, 2005).

Quando analisamos como estão divididos os segmentos que mais absorvem este mercado, de acordo com a Figura 1, percebemos que os produtos referentes a linha branca e máquinas industriais, que são equipamentos simples, com pouca tecnologia, curto ciclo de vida e baixo valor agregado, ficam com 42% da fatia do mercado pós-venda. O motivo deste

fato é que, devido à simplicidade destes produtos, a elaboração de venda foi mais fácil, fazendo com que eles fossem percursos em programas de fidelidade.

Figura 1 – Divisão do Mercado Pós-Venda



Fonte: Adaptado de Gupta (2004)..

Podemos também observar nesta análise que, se por um lado produtos com baixa complexidade foram pioneiros a focar no mercado pós-venda devido à simplicidade e facilidade de venda dos mesmos, por outro, produtos mais complexos como como veiculos industriais, eletroeletrônicos, mercado de comunicação, aeronaves e produtos de defesa, possuem uma oportunidade no pós-venda ainda maior por possuírem mais peças, serviços atrelados, além de maior valor agregado a ser explorado. (GALLAGHERR, 2005)

### 2.1.2 Vantagem competitiva na área de serviços

Ter vantagem competitiva significa a obtenção e manutenção de requisitos e atributos que permitam a uma empresa a maior entrega de valores aos clientes, fazendo assim com que esta consiga gerar melhores condições de competição quando comparadas aos seus concorrentes. Esta diferenciação em relação aos seus oponentes faz com que esta consiga que seus produtos sejam selecionados, dentro do seu segmento de mercado, pelos clientes. Tais atributos podem ser incorporados simplesmente aplicando menores preços que farão os

clientes serem atraídos, mas que naturalmente farão as margens reduzirem, ou alguma competência estratégica que crie diferenciação entre os concorrentes. (PORTER, 2004)

Devido aos intensos investimentos em processos produtivos e em tecnologia, além da globalização da indústria, cada vez mais os produtos estão se assemelhando em desempenho, preço e qualidade, fazendo com que a competição industrial se torne cada vez mais acirrada e com que as oportunidades para se diferenciar nestes quesitos se tornem mais escassas e difíceis de serem alcançadas. Neste cenário, os investimentos nos serviços de pós-venda aparecem com uma grande oportunidade de criar essa vantagem competitiva perante outros concorrentes. (MATTHYSSENS, 1998)

O motivo pelo qual o serviço pós-venda tem suma importância na criação de valor para o cliente é explicado pela necessidade de se manter um bom relacionamento com este, a fim de se criar uma carteira de clientes fidelizados e satisfeitos, potenciais consumidores de novos produtos, reduzindo assim o custo de venda pois o serviço se torna um argumento de marketing, culminando na criação de um vínculo com este cliente. (BORCHARDT, 2008)

Figueiredo (2002) diz que a satisfação de um cliente não é garantida no momento em que uma empresa desenvolve um bom produto. Para se criar uma boa reputação, é necessário entregar não só um produto com qualidade, design, rendimento e preço, mas também que a empresa ofereça serviços que atendam suas expectativas. O aumento da relação entre satisfação do cliente com serviços pós-venda está atrelado aos seguintes fatores:

I) Os clientes querem que seus produtos tenham uma grande vida útil, e que este esteja disponível e funcionando quando for solicitado, pois desta forma eles estão fazendo valer o dinheiro gasto com ele. É função dos serviços de pós-venda assegurar tais características com o mínimo de impacto financeiro.

II) Com o aumento da complexidade dos produtos, eles se tornaram mais sensíveis a necessidades de serviços especializados, que muitas vezes não conseguem ser feitos por profissionais que não os próprios fabricantes.

III) Devido ao acesso ao crédito e barateamento de produtos tecnológicos, a venda destes cresceu. No entanto, o crescimento na estrutura de suporte não acompanhou na mesma proporção. Portanto ter, por exemplo, estoques, oficinas de reparo, técnicos de manutenção devidamente geograficamente espalhados se tornou um diferencial.

Com esta análise, podemos evidenciar que a exigência do cliente no suporte ao pós-venda aumentou drasticamente e começou a ser visto como um diferencial. Eles sabem que, ao comprar um produto, este possa vir a falhar ao longo de sua vida, no entanto esperam que quando isto ocorrer, o suporte seja adequado, fazendo com que o mercado pós-venda seja, não

só um grande potencial financeiro, mas uma ferramenta fundamental para manter um bom relacionamento com o cliente, aumentar a satisfação deste e potencialmente fidelizá-lo. Isso além de conhecer a fundo os processos, planejamento estratégico, tecnologias, que seus concorrentes não conseguirão, fazendo assim a companhia ganhar competitividade.(COHEN, 2006)

### **2.1.3 Transição para serviços**

Apesar de a literatura ser praticamente unânime em relação as vantagens de se trabalhar com serviços conforme vastamente explicados nos itens anteriores, e de todo o potencial financeiro deste mercado, ainda assim muitos executivos veem a área de pós-venda como algo secundário, um mal que se é obrigado a ter devido a venda de um produto e acabam deixando de lado grandes oportunidades de conectar a elaboração e vendas de novos produtos, ao desenvolvimento do negócio de pós-venda.

Existem três motivos principais pelos quais algumas companhias possuem dificuldades em transacionar do modus operandi de apenas manufatura, para trabalhar também com o pós-venda. O primeiro é a dificuldade dos executivos em entender o real potencial econômico deste nicho, pois, historicamente, estes estão acostumados a trabalhar com produtos de alto valor agregado e, portanto, possuem resistência ao compreender que serviços que custam uma fração destes valores podem ser uma grande fonte de renda. Uma segunda barreira a ser superada durante essa mudança de cultura, é quando a empresa aceita que existe um potencial financeiro, no entanto, insistem em afirmar que tais processos estão fora dos negócios principais daquela companhia. E o terceiro ponto que é, quando uma empresa consegue analisar corretamente o potencial financeiro, aceita entrar neste nicho de mercado, mas, devido as diferentes competências necessárias para se obter sucesso nesta área, falha na hora de implementar uma estratégia de serviços adequada, podendo assim, ter a falsa impressão de que este não é um nicho de mercado vantajoso. (OLIVA, 2003)

O bom funcionamento no processo de comunicação entre executivos tomadores de decisão responsáveis pela linha de produção e responsáveis pelos serviços de pós-venda, é vital para que a empresa obtenha vantagem competitiva. No entanto, muitas vezes apenas as áreas responsáveis pela manufatura, desenvolvimento e venda de produtos novos são envolvidos em algumas negociações, perdendo assim a oportunidade de conectar a venda de produtos novos a peças de reposição, e inclusive fechando condições que são benéficas para um lado, no entanto prejudiciais quanto a capacidade de atender clientes e obter na

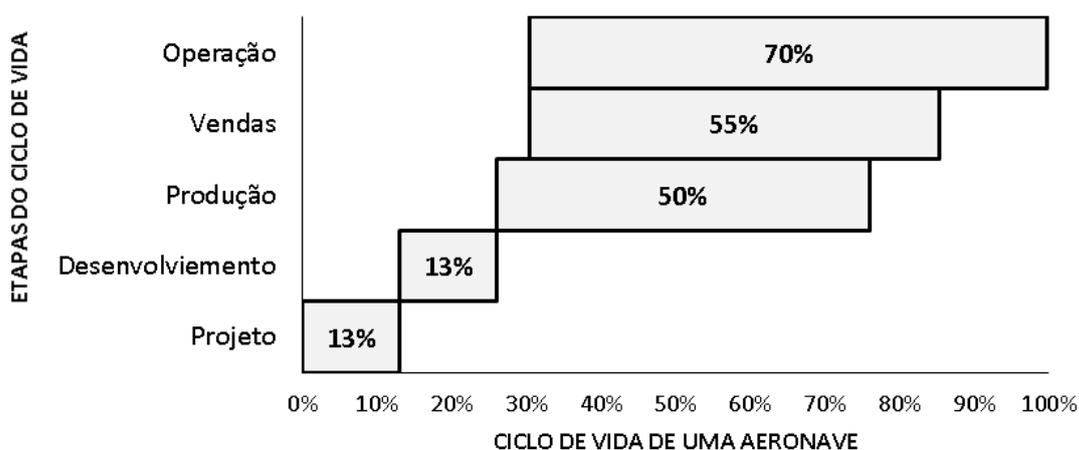
rentabilidade da área de serviços pós-venda, tendo como exemplo, aceitar cláusulas de aumento de preços atreladas a índices de mercados relativos a matéria-prima, que não representam a realidade dos custos e risco do pós-venda. (GALLAGHER, 2005)

#### 2.1.4 Mercado pós venda aeronáutico

Uma das características mais relevantes ao mercado pós-venda do setor aeronáutico, é a do produto ter uma vida útil que pode facilmente ultrapassar os 30 anos, com uma manutenção extremamente especializada e de alto custo, isto significa que existe uma enorme oportunidade de lucrar mais no pós-venda, do que na venda propriamente dita da aeronave.

Tal ciclo de vida, se considerarmos desde seu anteprojeto até o suporte em campo, pode ser compreendido e dividido em 5 grandes fases como podemos ver na Figura 2. As atividades do pós-venda são pertinentes durante 70% de todo este ciclo, ficando de fora apenas dos períodos iniciais de anteprojeto, projeto e desenvolvimento, além do tempo de produção da primeira aeronave. De acordo com a figura 2, quando analisamos o volume de atividades relativas à venda de aeronaves novas, percebemos que este representa 55% de todo o ciclo de vida do produto, 15% a menos do que as atividades de suporte, ficando assim evidente, que focar a estratégia industrial em garantir a sustentabilidade do mercado pós-venda traz uma rentabilidade constante, e também de maior duração. (FARRIS, 2005)

Figura 2 – O Ciclo de vida de uma Aeronave



Fonte: Adaptado de Farris (2005).

Os números referentes ao mercado pós-venda aeronáutico também são muito expressivos. Em 2005, o número de aeronaves comerciais em operação ultrapassava 17.000 as quais possuíam um gasto anual de aproximado de US\$ 40 Bilhões em reparo e manutenção, além de US\$ 50 Bilhões em peças de reposição. (LEE, 2008)

Estes números vêm num crescente significativo, uma pesquisa realizada em 2005 pela IATA (International Air transportation Association), a associação comercial das companhias aéreas que representam 82% de todas companhias aéreas do mundo, verificou que o número de aeronaves em operação chegou a 26.000 em 2015, e que o planejamento para gastos com inspeção, reparo e manutenção chegaria a US\$ 90 Bilhões de dólares em 2024.

Considerando tais análises, é de fundamental importância que as fabricantes de aeronave se adaptem e busquem eficiência em seus serviços pós-venda, para que seja possível obter vantagem competitiva, e absorver um percentual destes valores.

## 2.2 A CADEIA DE SUPRIMENTOS

A gestão da cadeia de suprimentos é um tema fundamental para a redução de custos, e aumento da rentabilidade de uma empresa, pois esta além de ser responsável pela sinergia da empresa, possui uma visão estratégica do todo, o que garante a sustentabilidade do negócio a longo prazo.

Uma cadeia de suprimentos pode ser definida como o sistema, em uma rede de multi-organizacional, pelo qual as companhias entregam produtos e serviços aos seus clientes. Esta a qual engloba todos os processos, diretos e indiretos, desde a obtenção de matéria-prima, até a entrega de um pedido de um cliente, incluindo fabricantes, fornecedores, transportadoras, depósitos, varejistas e inclusive o próprio cliente. Portanto trata de uma integração de recursos humanos e físicos de diversas áreas intermediadoras, com a intenção de garantir satisfação do cliente, entregas no prazo e com qualidade, com foco em garantir a competitividade e maximizar a lucratividade (BURGO, 2005)

Com o passar do tempo, os clientes passaram a demandar cada vez mais produtos sofisticados e customizados, forçando as empresas a terem disponíveis um maior número de produtos em seus portfólios, produtos esses que nem sempre são de fato lucrativos, mas que são fundamentais para atingir a satisfação dos clientes. Com essa situação, a gestão da cadeia de suprimentos precisou se adequar para obter lucro e funcionar de forma adequada para ganhar competitividade agregando valor para o cliente. (PHILLIPS & COGLHAN, 2013)

Tal adequação requereu que as estruturas organizacionais e de atividades referentes a

gerenciamento da cadeia de suprimentos, mudassem de simplesmente gerir a logística dos materiais para uma organização departamental voltada para processos. A mudança possibilitou que a organização não seja considerada um conjunto de departamentos estanques, mas sim, como um fluxo contínuo de atividades encadeadas que começam e terminam no cliente, enfatizando a melhoria contínua dos produtos e processos, visando garantir o sucesso organizacional, sendo assim, esta passou a possuir: Foco no Cliente (Externo e interno), responsabilidades baseadas no resultado e no processo inteiro, equipes multifuncionais com forte integração e uma cultura de aprimoramento contínuo, colaborativa e eficiente. (GONÇALVES, 2000).

Com a mudança organizacional, a gestão de suprimentos acabou por englobar cada vez mais processos, e atualmente é responsável pela integração das áreas de produção, compras, logística, planejamento, suporte ao cliente, pesquisa e desenvolvimento, e custos e finanças, e suas respectivas responsabilidades, características e interconexões são:

I) Marketing e vendas: Possui objetivo de analisar o cliente como um todo, desde a sua identificação, até a compreensão das possibilidades de variabilidade de demanda. Além disso, analisar as tendências de mercado, para capturar quais as vontades e necessidades do público-alvo, a fim de direcionar qual caminho a se seguir para criar e entregar corretamente valor para estes clientes. (BARCELLOS, 2012)

II) Pesquisa e desenvolvimento: É um núcleo interno que tem como função pesquisar novos conhecimentos, resolver problemas que se repetem, até desenvolver novos produtos e processos, desenvolvimento este, que deve estar em total harmonia com a direção indicada pelo time de Marketing e vendas (MAXIMIANO, 1989)

III) Planejamento: A responsabilidade do Planejamento está no processo de gestão de peças e matéria prima, alinhadas com as necessidades dos clientes internos e externos alinhados com a capacidade produtiva da empresa. Para tal é necessário que este time trabalhe com a previsão da demanda para que seja possível puxar, ou empurrar todos os processos da cadeia de suprimentos a fim de gerenciar a demanda e a oferta para que os lucros sejam maximizados e o atendimento adequado. Tal previsibilidade precisa utilizar dados de clientes para aumentar a assertividade, ser colaborativa e estar integrada junto a todos os estágios da cadeia (Fornecedores, produção, estoque, etc.) para obter maior eficiência. (CHOPRA, 2011)

IV) Produção: Tem como função os a fabricação de fato dos produtos, e tem que estar atrelada a demanda que o time de planejamento definiu. Precisam ser flexíveis para responder em tempo a mudanças de mercado devido a introdução de novas tecnologias e até mudanças na economia.

V) Compras: O time de compras tem como ação preponderante, suprir a organização com os recursos materiais necessários para atender tanto a produção, quanto os clientes. Portanto esta área possui atividades diárias de relacionamento com o fornecedor, criando planos estratégicos alinhados com as demandas do planejamento para garantir a acuracidade da cadeia de suprimentos como um todo, além de gerenciar a performance de entrega, de acordo com a criticidade do item para a organização. Essas responsabilidades possuem impacto significativo nos resultados da empresa visto que, em muitas companhias, até 80% da receita é investido em materiais e serviços. (GUERRA, 2011)

VI) Suporte ao Cliente: O objetivo da área de suporte ao cliente é a de garantir que o consumidor que adquiriu um produto, esteja satisfeito com a operação do mesmo durante a sua vida útil. Para isso o produto precisa funcionar de forma adequada, e no caso deste vir a falhar, que ele encontre facilmente meios de repará-lo, e peças de reposição disponíveis. Para tal, os profissionais desta área precisam estar em contato direto com o cliente, capturando e analisando informações por meios de reuniões, análises do histórico de compra, pesquisas de satisfação. Estas atividades possibilitam que a empresa possa traçar estratégias conectadas com toda a cadeia de suprimentos, para melhor atender as necessidades dos seus clientes, sejam elas prever quais peças o cliente possa vir a precisar, produzi-las e estocá-las em localizações estratégicas, até prover informações e tendências de mercado para que time de pesquisa e desenvolvimento venha a criar uma nova solução que vá de encontro ao que o cliente precisa. (ZIGGERS, 2015)

VII) Logística: Esta área da cadeia de suprimentos permeia e integra diversos setores. É a responsável pelo transporte de matéria-prima para a fabricação, de peças prontas para os estoques, de peças quebradas para oficinas de reparo, de produtos prontos para o cliente, sem contar o transporte que muitas vezes ocorre dentre as várias plantas da empresa para que o produto seja montado. Sendo assim, é a logística que cria todo o fluxo da organização, e tal fluxo precisa ser estrategicamente integrado com transportadoras, que podem ser hidroviárias, ferroviárias, rodoviárias, aeroviárias ou dutoviárias, cada uma com diferentes características, a fim de obter um resultado eficiente, para redução de custos e garantia de entrega. (NOVAES, 2016)

VIII) Custos e finanças: A fim de garantir que todo o funcionamento da cadeia de suprimentos esteja acontecendo de uma forma financeiramente sustentável para garantir competitividade perante os competidores, a área de custos e finanças tem como função controlar os custos primários e secundários, agindo como controladoria, fiscalizando a cadeia de suprimentos para que todos os pedidos tenham vantagem competitiva. (FLEURY, 2000)

### 2.2.1 A cadeia de suprimentos aeronáuticos

A cadeia de suprimentos da aviação é diferente dos outros nichos de mercado devido ao maior custo inicial necessário, pois este está atrelado ao alto nível tecnológico do produto. Tecnologia esta que, por muitas vezes serem pioneiras no mundo, acabam por trazer um progresso técnico inclusive para outros setores, por exemplo, automotivo, sendo assim, considerando o caso da Embraer, tal cadeia de suprimentos possui um alto valor estratégico para o desenvolvimento tecnológico e econômico do Brasil. (LIMA, 2005)

Outra característica que torna a cadeia de suprimentos única no mercado é a baixa quantidade de fabricantes, e a hegemonia do mercado por parte das duas maiores fabricantes de aeronaves do mundo (A Airbus, localizada na Alemanha que domina 51,1% de todo o mercado de aviação comercial, e a Americana Boeing fica com 41,3% do mercado). Sobrando assim 7,6% do mercado para ser dividido entre as fabricantes menores, as quais se destacam a Brasileira Embraer, que em 2017, vendeu 101 Jatos comerciais, totalizando USD 18,3 Bi em novos pedidos, e a Canadense Bombardier que vendeu 73 Jatos Comerciais, e fechou o ano de 2017 com USD 16,2 BI em pedidos novos de acordo com o relatório da Delloite de 2018.

No início da indústria aeronáutica, a organização das fabricantes era verticalizada, modelo na qual as mesmas eram responsáveis por todas as fases desde o desenvolvimento da aeronave, passando pela compra de matéria prima, até a manufatura dos sistemas e componentes, e então fabricação da aeronave, algo semelhante ao Fordismo caso compararmos com a indústria automotiva. (FERREIRA, 2011)

No entanto, com o passar do tempo, novos e menores fabricantes foram adentrando ao mercado. Devido à alta complexidade do produto dada pelo grande número de componentes, com diferentes tecnologias atreladas, com os mais variados e especializados campos de conhecimento tecnológicos aplicados, além do grande aporte financeiro inicial necessário com retorno de investimento a longo prazo, a tal estratégia de concentração de atividades dentro de casa não foi possível. Com isso, as empresas foram obrigadas a procurar parceiros com alto conhecimento técnico em sistemas específicos, passando a eles a responsabilidade de desenvolvimento das tecnologias pertinentes. Devido ao fato destes muitas vezes possuírem um potencial financeiro elevado, em alguns casos foram também os financiadores do projeto em si, fazendo dessa forma com que a estrutura ficasse horizontal e modular. (MONTORO, 2009)

Com esta desverticalização da estrutura, as obrigações dos fabricantes mudaram de fabricar os componentes, para procurar e selecionar os fornecedores especialistas nos sistemas

para que estes, não só desenvolvessem as novas tecnologias, mas também fabricassem tais produtos, além de assumir os riscos e custos relacionados a essas atividades. Não só procura e seleção, os fabricantes de aeronaves agora conseguem focar em atividades estratégicas, nas quais eles conseguem agregar mais valor, como análise de mercado para decidir qual modelo de aeronave será mais bem-sucedida, o desenvolvimento da aeronave em si, a integração entre todos os sistemas, o gerenciamento de todas as atividades do projeto, e é claro, a fabricação da aeronave. (OLIVEIRA, 2005)

Esta relação que a empresa aeronáutica cria com os fornecedores, pode ser considerada uma aliança estratégica, que segundo Eiriz (2001), é definida como um meio no qual os parceiros buscam desenvolver em conjunto, vantagens competitivas cooperativas sustentáveis que venham a trazer benefícios individuais e coletivos, as quais os acordos costumam ser válidos por longos períodos de tempo, facilitando a resposta sobre oportunidades e dificuldades externas. Esta relação envolve todos os níveis hierárquicos, atingindo diretamente todas as atividades e operações de ambas as companhias.

Dentre os tipos de alianças estratégicas, devido à verticalização da cadeia de suprimentos da aviação, os modelos mais utilizados são os de subcontratação, e o de parceiros de risco. O primeiro é uma forma de aliança estratégica na qual uma empresa subcontrata outra para fazer parte do seu processo produtivo, pois a contratante, por mais que domine tais tecnologias, não conseguiria atingir a eficiência das empresas menores, porém com alto nível de especialização. Os processos que mais comumente são incluídos neste modelo são estamparia, usinagem, tratamentos térmicos e químicos, projeto de ferramentais e acabamento superficial (GUERRA, 2010)

O outro modelo de alianças estratégicas, o de parceria de riscos, é mais utilizado em sistemas com alto nível de complexidade e de grande importância para o avião. Nestes casos, as barreiras tecnológicas e financeiras que precisam ser quebradas, são muito grandes para o fabricante de aeronaves assumir o risco sozinho, portanto neste tipo de parceria, a empresa contratada é envolvida desde as primeiras etapas do desenvolvimento de novos projetos de aeronaves, ou até mesmo durante uma implementação de novas tecnologias em aeronaves que estão em operação. A empresa contratada fica com a responsabilidade de projetar, e desenvolver um sistema específico, e também assume os riscos financeiros deste desenvolvimento, no entanto recuperará o investimento de acordo com o sucesso do programa. Portanto, este tipo modelo de parceria permite um desenvolvimento mais rápido, e saudável de novos programas, por motivos tecnológicos, e financeiros. (FERREIRA, 2011)

### **2.2.2 O aftermarket na cadeia de suprimentos aeronáutica**

Com a entrada da figura do fornecedor na cadeia de suprimentos da aviação, e este sendo o detentor do conhecimento específico de um sistema da aeronave e tecnologicamente capaz de suportar o cliente no campo, considerando que este também possuía o interesse em lucrar com o pós-venda das aeronaves, o fabricante de aeronaves acabou desenvolvendo naturalmente mais um potencial concorrente no pós-venda, criando uma relação parceiro e concorrente que não era interessante para o fabricante de aeronaves. No entanto, esta competição não era possível de ser consumada devido aos requisitos legais de aeronavegabilidade.

O setor aeronáutico é inteiramente fiscalizado e regularizado via autoridades legais, as mais comuns são a Federal Aviation Administration (FAA) dos Estados Unidos, a European Aviation Safety Agency (EASA), Civil Aviation Administration of China (CAAC) da China e a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) do Brasil. Quando uma nova aeronave é desenvolvida, tais entidades certificam que a fabricação desta esteja de acordo com o design previamente aprovado, e que ela cumpra com todos os requisitos de segurança e aeronavegabilidade, e que, portanto, toda a responsabilidade pela qualidade da aeronave e das peças, é da Fabricante da Aeronave. Considerando que esta certificação é necessária para que um operador possa utilizar peças novas ou reparadas, e que apenas os fabricantes a possuem, todas as unidades que serão utilizadas para atender os clientes em campo precisam, obrigatoriamente, passar pela aprovação do responsável pela certificação da aeronave. Ou seja, devido as restrições regulamentares o fabricante da aeronave acabava por controlar totalmente a cadeia de suprimentos no pós-venda, e ser o único ponto de contato com o cliente, dominando assim todo este mercado. (DE FLORIO, 2016)

Esta falta de concorrência no pós-venda fez com que os fabricantes de aeronaves aplicassem margens abusivas nas peças de reposição e em reparos. No entanto esta prática acabou fazendo com que as aeronaves perdessem competitividade, e sendo assim, com que as companhias aéreas diminuíssem significativamente seus lucros, chegando ao ponto de algumas companhias chegarem a falir. Este fato pressionou os fabricantes a mudarem de posicionamento, e abrirem espaço para que os fornecedores possam ter interface direta com o cliente, que começaram a experimentar preços reduzidos e tempos de entregas menores. É importante salientar, que esta estratégia de abrir espaço para fornecedores trabalharem diretamente com o cliente, vem ao encontro do modelo de parceiros de risco no qual os riscos

e os benefícios são compartilhados, criando a oportunidade de novos modelos de negócios para atendimento do campo. (ROSSETI, 2005)

Para que este novo modelo de suporte possa acontecer sem desrespeitar as regras impostas pelas agências regulatórias aeronáuticas, o fornecedor que deseja atender diretamente o cliente sem passar pela fabricante precisa obter um documento chamado PMA (Parts manufacturer approval) na Europa, e DSA (Direct Shipment Approval) nos Estados Unidos. São documentos diferentes, mas que possuem a mesma função de certificar que o fornecedor esteja devidamente capacitado, dentro das especificações de projeto, a vender peças de reposição e fazer reparos sem que esses precisem passar pelo fabricante da aeronave, que por seu lado, para garantir que o fornecedor consiga a certificação, precisa disponibilizar os modelos de aeronaves aplicáveis e desenhos de montagem, referenciando que o fornecedor é de fato o fabricante dos sistemas e que esses foram certificados no avião. Este processo, quando feito entre fornecedores e fabricantes, ambos com o modelo de negócio definido desta forma, é realizado via cartas e documentos assinados por ambas as partes, que serão enviados para as autoridades. Este processo não costuma demorar mais de um mês para finalizar. No entanto, existe a possibilidade de outro fornecedor, que não faz parte dos fornecedores originais da produção da aeronave, desenvolver tais certificações pelo processo de engenharia reversa e submeter tais detalhes para as autoridades. Este processo demora muito mais, aproximadamente 2 anos, e a aceitação destas peças no mercado não é total, dependendo da política do operador. (BORENSTAIN, 1994)

### 2.3 MODELOS DE NEGÓCIO PARA SUPORTE AO CAMPO

Devido a essa mudança no modelo de suporte ao campo, na qual surge a oportunidade dos fornecedores atenderem diretamente os clientes no campo, sem a participação do fabricante no processo, novos modelos de negócio aparecem. O fornecedor, por ser o fabricante da peça em si, por muitas vezes consegue ofertar valores abaixo dos praticados pelos fabricantes de aeronaves, que por sua vez, para não perder este nicho de mercado, tira proveito da sua posição de integrador e oferece aos clientes, especialmente junto ao momento de venda da aeronave, pacotes de estoque de peças de reposição compartilhados e serviços de manutenção, com contratos de longa duração, que cobrem não só um sistema, mas sim toda a aeronave de acordo com o contrato, ganhando competitividade perante os fornecedores de sistemas específicos. (CANADAY, 2016)

Figura 3: Modelos negócio para o atendimento ao cliente



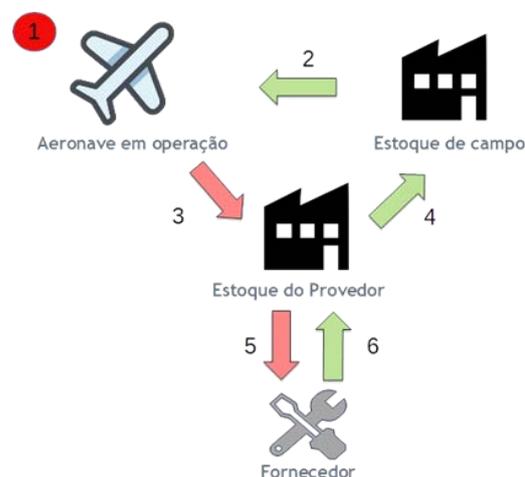
O serviço de suporte ao campo com estoque compartilhado, ao qual o nome mais comumente utilizado é o de Spare Parts Inventory Pooling, é oferecido majoritariamente pelos fabricantes de aeronaves, mas podem também ser oferecido por provedores independentes, e tem como objetivo manter a disponibilidade de peças de reposição para as linhas aéreas utilizarem no caso de uma remoção, no entanto, alguns tipos de contratos utilizados na aviação executiva, cobrem inclusive a mão de obra para remoção e instalação e remoção. (KARSTEN, 2012)

Seu funcionamento é dado da seguinte forma: após a definição do escopo de peças a serem cobertas, o provedor do serviço garante que tenham unidades novas ou reparadas sempre disponíveis nas bases de operação dos clientes, e quando esta ocorre, ele deve reportar tal peça com uma de seu estoque, arcando com todas as despesas de frete, reparo e compra de peças novas caso necessário. O estoque do provedor de serviços é compartilhado e está a disposição da necessidade de todos os clientes que possuírem este serviço acordado. É de responsabilidade do prestador de serviço, prever qual será a demanda total de peças, e planejar corretamente o estoque para que não falem unidades disponíveis. Ao cliente fica a responsabilidade do pagamento desse serviço com base nas horas voadas de cada aeronave que ele possuir, sempre reportando todos os detalhes dos seus voos, e eventos que possam ter ocorrido. O maior benefício deste serviço é a redução do investimento em estoque de peças de reposição para as linhas aéreas, além disso, no caso da aviação executiva, uma cobertura técnica total para qualquer tipo de pane, pois estes operadores não costumam ter equipes de mecânicos acompanhando seus voos, nem em bases nos aeroportos. (KILPI, 2004)

As ações que contemplam o processo da cadeia de suprimentos para atender este serviço, podem ser vistas na figura 4, descrevendo um sistema de reabastecimento de peças de reposição. Em caso de suspeita de falha de um sistema coberto pelo serviço, tal item é removido da aeronave no centro de serviços, e substituído por uma unidade nova ou reparada (2). A peça removida é enviada para o provedor de serviços (3), que por sua vez, a envia para a oficina de reparo para que seja analisada e reparada (5). Ao mesmo tempo em que este processo ocorre, uma peça idêntica a removida é enviada do estoque do provedor para a empresa aérea cliente para reposição (4). O item com suspeita de falha é analisado na oficina de reparo, e caso a falha seja confirmada, o reparo é feito e a unidade retorna para o estoque do provedor de serviço para reestabelecimento do nível de estoque (6). (PEROTE, 2014)

Os reparos representam a maior percentagem dos custos referentes a este processo, e a este custo está atrelado frequência de remoção do componente, ou seja, a sua performance em campo. Sabendo que, devido à grande dificuldade de um reparador que não seja o próprio fabricante da peça, obter a capacidade e a certificação para prover reparos, e a fim de manter as garantias acordadas no momento da compra da unidade nova, majoritariamente todos os reparos são feitos com os próprios fornecedores originais de tais sistemas. Sendo assim fica evidente que os principais fatores que virão a influenciar os custos são relacionados aos próprios fornecedores de peças utilizadas fabricação das aeronaves. Portanto, é de extrema importância que os valores relativos ao reparo, e ao desempenho das peças, sejam acordados em conjunto com os custos de peças novas para fabricação de aeronaves em contratos de longa duração, e controlados para que se possa obter vantagem competitiva tanto no mercado de serviços pós-venda, quanto na venda de aeronaves novas. (WU, 2004).

Figura 4: Os processos envolvidos no serviço de estoque compartilhado



Fonte: Adaptado de Perote (2014).

## 2.4 PROCESSO DE PROCURA E SELEÇÃO DE FORNECEDORES

É durante o processo de procura e seleção de fornecedores, o qual ocorre durante a fase de desenvolvimento de novos programas, que os parceiros estratégicos serão definidos. Portanto é um momento crítico em que a escolha do fornecedor correto é decisiva para aumentar a competitividade do produto. Para se definir qual o fornecedor mais eficiente nestes quesitos, o fabricante de aeronaves se utiliza de critérios de seleção, que precisam estar alinhados com todas as atividades as quais a empresa enfrentará, ou seja, critérios corporativos. (FERREIRA, 2011)

Segundo Faria e Vanalle (2006), os critérios mais comumente usados são:

I) Preço: Os acordos de preço são normalmente os pontos mais discutidos, pois impactam diretamente no resultado financeiro da empresa. As discussões entre fabricantes e fornecedores giram em torno do valor de venda dos sistemas para produção, para o pós-venda, além de valores médios de reparo e também a metodologia para variação anual destes valores, que deve ser atrelada a indicadores financeiros de mercado.

II) Qualidade: O uso de parceiros na produção de uma aeronave deve acontecer sempre com a intenção de utilizar a tecnologia e a experiência destes especialistas nos sistemas para garantir um processo de melhoria contínua, com produtos de qualidade que tenham uma durabilidade e confiabilidade adequada. Dentro desde fatores são discutidos os valores de confiabilidade de garantida, além do período de garantia, tanto de peças novas quanto de peças reparadas.

III) Desempenho de entregas: Para que toda a cadeia de suprimentos possa fluir bem, é necessário que todas as partes tenham tempos de entregas acordados, assim a cadeia de suprimentos consegue se planejar de forma mais efetiva. Dentro deste fator são discutidos e acordados os tempos garantidos de entrega de peças novas e de reparos, além da definição do percentual de atingimento dessas metas.

IV) Flexibilidade: Esta característica é a que define a capacidade do fornecedor em responder de forma adequada as variações de demanda do fabricante, ajustando seus processos para poder atender com rapidez e precisão as novas demandas.

V) Análise financeira: Empresas com uma boa estrutura financeira, reputação e posição no mercado, tem melhores condições de cumprir tudo o que será acordado. Isto se dá devido ao fato de possuírem um potencial financeiro, e alto volume de caixa, o que dá segurança para momentos de instabilidade e possíveis crises.

VI) Análise de Critérios Administrativos: O fornecedor a ser contratado precisa estar legalmente constituído para atuar no ramo, com a mão de obra remunerada corretamente, respeitando todos os direitos trabalhistas para que não haja problemas futuros.

O processo de procura e seleção de fornecedores acontece da seguinte forma: O fabricante coloca no mercado a oportunidade dos fornecedores desenvolverem e fornecerem sistemas específicos via o processo de licitação, no qual, após a assinatura de um acordo de confiabilidade, é enviado para uma lista de possíveis fornecedores um documento contendo toda informação básica necessária a respeito do novo programa, além dos requisitos técnicos que o sistema deverá atender. Caso o fornecedor tenha interesse, ele retornam essa primeira comunicação, e então apresenta o projetos proposto. Após evoluírem no desenvolvimento das propostas tecnicamente, as negociações começam a surgir em torno dos valores comerciais e das performances garantidas, e é nesse momento aonde a integração entre as áreas de produção e de pós-venda precisam trabalhar em conjunto, para escolherem a proposta que trará mais benefícios para empresa como um todo. (RODRIGUES, 2013)

## 2.5 CUSTO DE MANUTENÇÃO AERONÁUTICO

Os processos de manutenção de qualquer equipamento podem ser definidos como o conjunto de atividades, e recursos aplicados para assegurar e garantir que sua funcionalidade seja contínua dentro de parâmetros adequados de disponibilidade, qualidade, custos e vida útil. Seus principais objetivos são manter os equipamentos em condições de pleno funcionamento pelo maior tempo possível sem falhas, reduzindo a frequência das interrupções de serviço e seus respectivos impactos, além de estender a vida útil do sistema em si. (VIANA, 2002)

Nilsson (2007), afirma que para gerenciar os processos de manutenção, as atividades podem ser divididas em três principais grupos:

I) Manutenção Programada: São tarefas de manutenção de remoção ou revisão que, devido a já sabida taxa de falha do sistema, são feitas obrigatoriamente após dado período de tempo, independente do estado de funcionamento do mesmo. No caso da aviação, tal período pode ser definido com base nas horas voadas, ou tempo de instalação da unidade na aeronave, dependendo do sistema.

II) Manutenção não programada: Esta tarefa de manutenção só ocorre após a falha do equipamento, e tem como função a substituição e reparo da unidade com mal funcionamento. Este tipo de manutenção possui alto impacto financeiro, pois requer a remoção não prevista de

uma peça do estoque, além de muitas vezes acabarem ocasionando paradas não planejadas, causando atrasos e inclusive cancelamento de voos.

III) Manutenção preditiva: Pode ser definida como todas as atividades que são tomadas para que a falha não venha a ocorrer, e que quando aplicadas de forma ordenada durante períodos nos quais as aeronaves já estão paradas, são muito eficientes e baratas. No entanto, não é aplicada por todos os operadores já que não são obrigatórias, e sim boas práticas.

Os custos das atividades envolvidas durante um evento de manutenção aeronáutica são normalmente controlados pelo DMC (Custos diretos de manutenção), indicador que os operadores utilizam para controlar os custos com materiais e mão de obra que estes encontram durante o processo de manutenção da aeronave, deixando de fora os custos administrativos e operacionais. Este indicador recebe regularmente os dados reais do campo, e então é feita uma análise do valor médio por um determinado período de tempo a fim de se obter previsibilidade. É constatado que tais custos são altamente impactados pela confiabilidade dos componentes e design da manutenibilidade da aeronave. (WANG, 2014)

O modelamento destes custos diretos de manutenção, são utilizados para previsibilidade, para subsidiar decisões de otimização das paradas de manutenção programadas, e para medir a eficácia de uma modificação de produto. No entanto, tal modelamento costuma ocorrer apenas após a aeronave já ter iniciado a operação, e não leva em consideração a análise de cenários de negócios, portanto não auxilia corretamente a tomada de decisão, fazendo com que corriqueiramente a empresa tome decisões equivocadas, sem uma base de informações acuradas.

### 3 METODOLOGIA E IMPLEMENTAÇÃO DA FERRAMENTA

Este capítulo tem a função de definir os métodos de pesquisa que serão utilizados ao longo do trabalho, e as etapas para implementação da ferramenta.

#### 3.1 MÉTODOS DE PESQUISA

A pesquisa que será feita neste trabalho pode ser classificada como aplicada, visto que esta busca gerar conhecimento para a aplicação prática e dirigida a solução de problemas os quais possuem problemas e objetivos previamente definidos.

No que se refere a sua abordagem, esta pode ser definida como qualitativa, pois possui como objetivo a compreensão dos processos ocorridos durante o suporte pós-venda, e seus respectivos comportamentos a respeito dos custos os quais uma fabricante de aeronaves oferecendo um pacote de serviços de estoque compartilhado irá se deparar, quantificando os custos de manutenção, porém sem uma análise estatística dos valores.

O objetivo final desta pesquisa é considerado como exploratório, uma vez que esta busca explorar o problema para obter informações para uma investigação mais detalhada, procurando tornar mais compreensível ou construir hipóteses.

#### 3.2 METODOLOGIA DO TRABALHO

A metodologia que será aplicada neste trabalho tem como base o método de Custeio Baseado em atividades, também conhecido como método ABC proposto por Gonçalves (2006) e por Mahal (2015, apud CHEN, 1996), pois este método de custo possui o objetivo analisar com precisão as atividades desenvolvidas em uma empresa, utilizando direcionadores para alocar as despesas e custos indiretos de uma forma realista. O grande diferencial deste método, é que ele não considera que serviços consomem recursos, e sim que serviços consomem atividades, que por sua vez consomem recursos.

Para a aplicação de tal método é necessário compreender o ambiente operacional, e todos os processos envolvidos no suporte ao pós-venda de uma fabricante de aviões que oferece um pacote de serviço de estoque compartilhado para seus clientes, e então definir os direcionadores de custos para possibilitar a construção de um modelo para prever e visualizar quais serão os custos ao longo do tempo aos quais a fabricante estará sujeita, de acordo com os valores a serem contratados durante o período de procura e seleção dos fornecedores.

Este modelo apresenta as seguintes cinco fases principais:

- Primeira fase: Entender o ambiente operacional por trás do processo de manutenção de uma aeronave, identificando todas as áreas envolvidas no processo.

- Segunda fase: Mapeamento de todas as etapas e atividades envolvidas na manutenção de aeronaves e as obrigações as quais um fabricante de aeronaves irá se deparar ao oferecer um pacote de serviços de estoque compartilhado, considerando todas as atividades e recursos necessários, definindo os direcionadores primários de custos, e então calculando os custos primários.

- Terceira fase: Análise dos fatores indiretos ao processo de manutenção de aeronaves os quais possuem influências nos custos de manutenção, definindo os direcionadores secundários do custo operacional de manutenção, e então, os atribuindo aos direcionadores aos custos primários.

- Quarta fase: Análise dos padrões de mercado a respeito dos critérios utilizados no momento da procura e seleção de fornecedores, e comparação com os fatores verificados acima que são de responsabilidade de fornecedor que serão inseridos na ferramenta para no momento da procura e seleção para ser feita a comparação.

- Quinta fase: Aplicação do modelo em uma situação de procura e seleção hipotética, utilizando valores de referências de dois sistemas semelhantes, porém de fornecedores diferentes, aplicando os valores contratados que os dois fornecedores propuseram.

### 3.3 IMPLEMENTAÇÃO DA FERRAMENTA

Neste capítulo será detalhado todo o passo a passo do desenvolvimento do modelo, e as etapas necessárias para a implementação da ferramenta.

#### 3.3.1 Primeira fase: Mapeamento do ambiente operacional

O passo inicial desta pesquisa é a compreensão das principais etapas que compreendem o processo de manutenção de uma aeronave, desde o momento da falha, até a solução do problema e liberação desta para voo, mapeando os recursos que são necessários durante cada uma das atividades, analisando quais são as partes envolvidas em cada etapa para definir quais são os custos primários atrelados ao processo.

O processo de manutenção de aeronaves tem início quando esta tem uma falha inesperada, ou quando chega o momento de uma parada planejada pelo plano de manutenção.

Neste momento o operador procura um centro de serviço para a retirada do componente falhado, e instalação do componente funcionando, este podendo ser novo, ou reparado.

Após a retirada de um componente falhado de uma aeronave, este será enviado ao fornecedor do sistema para que seja feito o reparo desta unidade. Finalizado o processo de reparo, a unidade volta para o estoque do provedor de serviços, e então ficará disponível para uma próxima demanda.

A fim de não impactar a operação da companhia aérea e garantir um alto nível de despachabilidade da aeronave, é obrigação do fabricante de aeronaves provedor de atendimento ao campo manter um estoque disponível. Tal estoque é composto de unidades novas e reparadas, no entanto, considerando que este modelo será utilizado em um momento de procura e seleção de fornecedores prévio a entrada em serviço das aeronaves, este precisará comprar componentes novos para a criação do estoque inicial, e conforme a frota suportada crescer de tamanho, adquirir mais unidades para que o estoque esteja devidamente adequado de acordo com as estratégias de planejamento.

### **3.3.2 Segunda fase: Definição dos custos primários**

Nesta fase será analisada detalhadamente todas as atividades que contemplam as etapas definidas na fase anterior, para que seja possível verificar quais os recursos são consumidos, definir quais são os direcionadores primários de custos, e então conseguir calcular os custos primários do processo de suporte ao campo oferecido pelas fabricantes de aeronaves.

A etapa inicial do processo é a que ocorre nos centros de serviços aeronáuticos, onde os técnicos mecânicos são responsáveis pela remoção do componente falhado, e substituição por um componente funcionando. Para tal, as atividades que ele necessita realizar na ordem são:

I) Identificação do componente falhado: As aeronaves possuem diversos sistemas que avisam ao piloto que algo não está se comportando da forma correta, e mesmo que os sistemas tentem ser os mais precisos o possível, devido à complexidade do produto, este aviso não necessariamente indica qual o componente exato que está falhado e precisa de substituição. Portanto o mecânico que fará o atendimento precisa analisar qual foi a mensagem que indicou a falha, e com o auxílio do manual de manutenção da aeronave e com as atividades pré-definidas para solução de falhas, isolar o componente defeituoso para que se possa substituí-lo.

II) Remoção do componente falhado: Após a identificação de qual o componente que ocasionou a falha, é preciso removê-lo para que se possa substituir por um componente novo. No entanto, este processo pode ser complicado e demorado dependendo de onde este componente se localiza. Devido ao reduzido espaço que os sistemas precisam ocupar para que o espaço útil da aeronave seja priorizado, muitas vezes o acesso até determinados componentes é difícil e pode haver a necessidade de remover outros sistemas para que se possa chegar até a unidade falhada.

III) Substituição do Componente falhado: Após a remoção, é necessária a substituição do componente falhado por um em bom estado, a complexidade desta atividade varia de acordo com o componente e de suas conexões.

IV) Verificação de consumíveis: Feita a substituição do componente, é feita a verificação da necessidade de substituir itens consumíveis, como o óleo, parafusos, arruelas e o-rings. Tais itens são substituídos mesmo que ainda em bom estado, pois são itens de menor custo aquisitivo e que podem vir a impactar a operação do componente novo com o passar do tempo.

V) Relatório de manutenção: Finalizado todo o processo de manutenção na aeronave, o mecânico responsável pela atividade precisa preencher o relatório de manutenção, onde ele indicará qual foi o monitor na aeronave que evidenciou a falha, qual foi o procedimento feito, qual o número de série da unidade removida e o da instalada, indicando quantas horas foram necessárias para completar o serviço e quais componentes menores da sua oficina ele utilizou. Este relatório serve tanto para deixar registrado todo o ocorrido e então alimentar bases de dados de confiabilidade, quanto para dar subsídio ao valor a ser cobrado do fabricante de aeronaves responsável por suportar aquela aeronave.

VI) Envio da peça para reparo: Fica de responsabilidade do centro de serviços embarcar a peça falhada para a fabricante de aeronaves, que por sua vez, irá enviá-la para o fornecedor do sistema para que esse dê sequência no processo de reparo.

Todas as atividades relatadas acima feitas no centro de serviço e consomem o recurso mão de obra, que possui como direcionador de custos primário a taxa Homem/Hora praticada no centro de serviço, ao qual definiremos a variável MH, o valor dos materiais consumidos no processo definido pela variável M, e as horas reportadas pelo centro de serviço, definido pela variável H. Podemos assim, definir este custo primário com a variável C1.

A segunda etapa do processo de manutenção de aeronaves tem início na chegada do componente falhado ao fornecedor de sistemas para que este possa seguir com o processo de reparo.

Ao receber o componente falhado, a primeira atividade que o fornecedor de sistemas fará é a análise do componente em bancada, para que se possa definir primeiramente, se a falha de fato ocorreu. Pode vir a ocorrer, que por alguma falha no processo de isolamento da falha, o componente removido não aparentasse falha, neste caso, o fornecedor de sistema emite uma documentação aprovando que o componente está funcionando corretamente, e cobrará uma taxa pelo tempo que este ficou na bancada e pela documentação emitida. Este evento é caracterizado como um NFF (No Fault Found), ou seja, um evento de não falha.

No caso deste componente de fato aparentar falha, o fornecedor irá fazer a análise do modo falha, determinar qual foi o motivo pela falha, verificar quais os subcomponentes que precisam ser trocados, ou remanufaturados, para que o sistema possa voltar ao seu funcionamento correto. O valor cobrado pelo fornecedor para fazer o reparo vai variar de acordo com os subcomponentes necessários. Ele então emite um documento informando o que foi feito na unidade, afirmando que ela está operacional, e cobra um valor de acordo com o trabalho feito.

O fabricante de aeronaves ao receber a cobrança, analisa se ela está de acordo, verifica se é financeiramente viável prosseguir com o reparo, e autoriza o fornecedor a seguir com o processo.

Do ponto de vista do modelamento de custos, todas as atividades acima utilizam o recurso de subcomponentes e o tempo em bancada, tendo como direcionador primário de custos o modo de falha, ou a não falha. A este Custo primário definiremos a variável C2. Para os casos em que a falha venha a ocorrer, definiremos a variável do custo do reparo com R. No caso da falha não ocorrer, definiremos o custo da não falha com NF.

A terceira etapa do processo de manutenção seria a de manter o estoque disponível em uma quantidade adequada com a demanda, para que se consiga obter um nível de serviço adequado ao cliente, no entanto sem penalizar a fabricante de aeronaves com um estoque acima do necessário.

O estoque é composto por peças novas, e pelas peças reparadas que retornam do processo de reparo. Como já estamos considerando o custo do processo de reparo nos Custos primários acima, para montar o estoque inicial, e ir aumentando a quantidade de peças disponíveis de acordo com o crescimento da frota suportada, é necessário que o fabricante de aeronave compre novas peças pelo processo de compra que pode ocorrer de duas formas.

A primeira, apenas utilizadas para sistemas mais simples, ou para subcomponentes com baixa demanda, é o modelo de cotação, aonde o valor varia de acordo com o fornecedor e da quantidade de peças compradas.

A segunda forma, mais segura e amplamente utilizada para sistemas, é o de contratação de valores fixos para os sistemas a serem adquiridos, desta forma se ganha tempo no processamento da compra, pois não é necessário analisar cotações, e se ganha previsibilidade, pois já se sabe previamente o valor do componente a ser comprado.

Podemos verificar assim, que a atividade de manter o estoque disponível consome o recurso de peças novas, e que o direcionador deste custo, é o preço deste componente, aqui definido com a variável P, e para fins de modelamento será constante devido ao processo de compras com valores contratados utilizados. Definimos assim a variável C3 para indicar este custo primário.

Analisadas todas as atividades envolvidas no processo de manutenção de aeronaves, conseguimos então verificar quais os recursos que elas consomem, quais são os direcionadores primários de custos, e então definirmos os custos primários que terão impacto no caixa da fabricante de aeronaves. São eles:

C1 – Custo com o centro de serviço; consome o recurso de mão de obra, e possui como direcionador primário a taxa homem-hora praticada pela oficina, e as horas consumidas, e o material utilizado.

C2 – Custo de reparo de componente; consome o recurso de valor do reparo, e possui como direcionador primário o modo de falha.

C3 – Custo de estoque; consome o recurso de unidades novas, e possui como direcionador o preço do componente.

### **3.3.3 Terceira fase: Cálculo dos direcionadores secundários**

Após a análise dos direcionadores primários de custo, foi verificado que existem fatores operacionais externos as atividades de manutenção que impactam os indicadores primários, portanto é necessário identificá-los e verificar como que estes influenciam os custos primários.

Os fatores externos são considerados direcionadores secundários de custos, pois estes não são diretamente ligados as atividades de manutenção. São eles que de fato influenciarão a quantidade de remoções ocorridas em certo período de tempo, e a quantidade de peças necessárias para compor o estoque.

Analisando o ambiente operacional, verificou-se que as equações de Custo direto de manutenção DMC (Direct Maintenance cost) presentes na bibliografia conseguem endereçar a

previsibilidade da frequência de tais remoções, e seus respectivos impactos financeiros. Para tal precisaremos adicionar ao modelo os seguintes fatores:

MTBF (Mean time between Failure) – Tempo médio entre falhas, este fator é definido como o número horas voadas em determinado período dividido pelo número de falhas ocorridas neste período.

MTBUR (Mean time between unscheduled removal) – Tempo médio entre remoções não programadas, este fator é definido como o número de horas voas em determinado período dividido pelo número de falhas ocorridas neste período.

De acordo com Khan (2000), a equação (1) é utilizada para calcular o Custo de Manutenção Direta (DMC) retorna um valor em dólares por hora voada e apresenta a seguinte forma:

$$\begin{aligned} \text{Equação 1 – Cálculo do DMC} & \qquad \qquad \qquad (1) \\ \text{DMC} = & \left( \frac{\text{Custodoreparo}}{\text{MTBF}} + \left( \frac{1}{\text{MTBUR}} - \frac{1}{\text{MTBF}} \right) * \text{Custodanãofalha} \right) \\ & + \left( \frac{\text{Horastrabalhadas}}{\text{MTBUR}} * \text{Taxahorahomem} \right) * \text{QPA} \end{aligned}$$

Sendo:

MTBUR      Tempo médio entre remoções não programadas

MTBF        Tempo médio entre falhas

QPA         Quantidade por aeronave

Tendo em vista que o resultado da fórmula acima sai na unidade custos por hora de voo, a fim de criar um modelo que o resultado saia apenas em dólares, será necessário incluir no modelo uma variável que represente as horas voadas de toda a frota suportada para multiplicar o resultado da equação (1).

No momento em que o fabricante define o plano de negócios, com ajuda da inteligência de mercado, é definido o número esperado de entregas anuais de aeronaves, o tempo esperado em que ela ficará em produção, e qual a expectativa de horas voadas por tais aeronaves, com base em aeronaves da mesma categoria. Portanto precisaremos inserir ao modelo mais três variáveis, a de aviões a serem entregues por ano definido aqui como N, o tempo em anos desde a entrada em serviço do programa, definido com A, e as horas de voos anuais média por aeronave, definidas como HV. Dessa forma, o resultado sairá em custos anuais, e a fim de ter

um modelamento que represente o valor acumulado ao longo dos anos de operação, será necessário incluir os operados de somatório de zero, até o ano A que se deseja fazer a análise.

É importante deixar claro que, o valor A não representa o tempo em vida útil, e sim o ano em que se deseja fazer a análise. Portanto para a confecção do gráfico ao longo do tempo, será essa variável que variará no eixo das abcissas.

Outro fator que o DMC não inclui, são os materiais consumíveis utilizados no momento da substituição do componente. Portanto a variável M, que representa o preço destes materiais será adicionado na componente C1 dos custos primários.

Sendo assim, podemos definir que os direcionadores secundários de custo relacionados aos custos primários C1 e C2 são: o tempo médio entre falhas, o tempo médio entre remoções, o número de aeronaves entregues, e média anual de horas voadas. Atrelando eles aos direcionadores primários de custo, dividindo a equação do DMC entre as duas componentes C1 e C2, e adicionando os fatores de materiais utilizados, obtemos as seguintes equações:

Equação 2 – Cálculo do custo primário C1 com o centro de serviço (2)

$$C1 = \sum_{i=0}^A \left( \frac{(H * MH) + M}{MTBUR} \right) * N * i * HV * QPA$$

Equação 3 – Cálculo do custo primário C2 anual com reparo de componente (3)

$$C2 = \sum_{i=0}^A \left( \left( \frac{R}{MTBF} + \left( \frac{1}{MTBUR} - \frac{1}{MTBF} \right) * NF \right) * N * i * HV \right) * QPA$$

Sendo:

R	Custo do reparo
NF	Custo da não falha
MTBUF	Tempo médio entre falhas
MTBUR	Tempo médio entre remoções inesperadas
N	Número de aviões entregues por ano
HV	Média de horas anuais voadas por aeronave
i	Operador para o somatório
A	Anos de operação desde o início do programa
QPA	Quantidade por aeronave

Para definir os direcionadores de custos secundários da componente C3, que são relacionados às quantidades de peças necessárias para suportar a frota em campo, é necessário entender qual a estratégia de planejamento utilizada.

O planejamento de estoque de peças de reposição aeronáutica possui características de baixa demanda (demanda inferior a 300 unidades por ano), alto custo aquisitivo, alto impacto na operação e demanda variável.

Para garantir que sempre que uma peça seja solicitada, ela estará disponível, o investimento de estoque necessário é muito alto. Portanto o modelo mais comum a ser utilizado na indústria aeronáutica para planejamento de estoques utiliza a distribuição de Poisson, pois este fornece a probabilidade de ocorrência de um determinado nível de consumo tomando-se como base a sua média histórica, além de pressupor uma independência entre as ocorrências. Desta forma é possível calcular o tamanho eficiente de estoque, de forma a garantir um nível de serviço aceitável.

A equação (4) da distribuição de Poisson é definida pelo autor Costa Neto (1987), como a probabilidade P de uma demanda X ocorrer em um intervalo de tempo é a seguinte, sendo  $\lambda$  a taxa de ocorrência média:

$$\text{Equação 4 – Formula de Poisson} \quad (4)$$

$$P = \frac{\lambda^x * e^{-\lambda}}{x!}$$

Khan (2000) define como a taxa de ocorrência média de demanda para fins de planejamento de estoque aeronáutico como a Exposição de peças sobressalentes SE (Spare Exposures), e que ela se comporta conforme a equação (5), levando em consideração o tempo médio de logística reversa em dias, o número médio de horas anuais voadas por aeronave, e o número de aeronaves suportadas.

$$\text{Equação 5 – Formula de exposição de peças sobressalentes SE (Spare Exposure)} \quad (5)$$

$$SE = \left( \frac{\text{Tempo de logística reversa} * \text{Horas Voadas Anuais} * \text{Aeronaves Voando} * QPA}{\text{Tempo médio entre remoções não programadas}} \right) / 365$$

Utilizando a equação (5) proposta por Khan (2000), e aplicando a ela as variáveis definidas nos tópicos acima, a fim de deixa-la própria para o modelo chegamos a equação (6), e a definindo como  $\lambda$  para atrela-la a equação de Poisson, temos a seguinte equação:

Equação 6 – Cálculo da taxa de ocorrência média  $\lambda$

(6)

$$\lambda = \left( \frac{(TAT + T) * HV * A * N * QPA}{MTBUR} \right) / 365$$

Sendo:

TAT	Tempo médio de reparo do fornecedor
T	Tempo de logística
HV	Média de horas anuais voadas por aeronave
N	Numero de aviões entregues por ano
HV	Média de horas anuais voadas por aeronave
A	Anos de operação desde o início do programa
MTBUR	Tempo médio entre remoções inesperadas
QPA	Quantidade por aeronave

Para definir qual o tamanho do estoque necessário para atender a demanda da frota, ou seja, a quantidade de unidades que o fabricante de aeronaves precisa ter em estoque, se utiliza a equação (4) da distribuição de Poisson, que aplicando o  $\lambda$  calculado acima irá mostrar a probabilidade de X remoções ocorrerem. Para determinar o tamanho do estoque, é necessário definir qual o nível de serviço que será aplicado, ou seja, qual o percentual de vezes que um cliente terá sua demanda atendida.

Costa Neto (1987) informa que a resposta do P de Poisson representa a possibilidade de ocorrerem exatamente X demandas no período de tempo, portanto para garantir o nível de serviço de 0 a X demandas, teremos que utilizar novamente o Somatório, no qual quando este apresentar um valor igual ou acima do percentual do nível de serviço, saberemos quantas demandas podemos ter, portanto, quantas unidades precisam estar em estoque.

Portanto aplicando o somatório na equação (4), obtemos a equação (7)

Equação 7 – Cálculo da quantidade necessária de estoque para atender o nível de serviço

$$\sum_{X=0}^N \left( \frac{\lambda^X * e^{-\lambda}}{X!} \right) \geq NS \quad (7)$$

Sendo:

- N Quantidades de peças necessárias no estoque
- $\lambda$  Taxa de ocorrência média
- NS Nível de serviço
- X Operador matemático para o somatório referente a demandas
- e Numero de Euler

A equação de Poisson é resolvida de modo iterativo, portanto não há como endereçá-la diretamente ao custo de estoque. Sendo assim, a equação (8) que modela o custo primário de estoque é resolvida da seguinte forma, com a condição de cumprir os requisitos das equações anteriores:

Equação 8 – Cálculo do custo primário de estoque (8)

$$C3 = N * P$$

Sendo:

- N Quantidades de peças necessárias no estoque
- P Preço da peça nova

### **3.3.4 Quarta fase: Análise dos critérios de comparação na procura e seleção de fornecedores**

A quarta fase do projeto consiste em analisar os critérios padrões para seleção de fornecedores utilizados pelo mercado, e os correlacionar com os fatores encontrados nas etapas acima que possuem influencia do fornecedor. Feito isso será desenvolvido uma proposta de quais fatores deverão ser garantidos pelos fornecedores de sistemas e comparados no momento da procura e seleção. Estes fatores servirão de entrada para a ferramenta, para que se possa fazer a comparação entre duas propostas no momento da procura e seleção.

No momento em que os fornecedores decidem participar de um processo de procura e seleção para um novo desenvolvimento de produto, é de dever do fabricante comparar tecnicamente as propostas para assegurar que o sistema a ser desenvolvido atenderá as especificações técnicas, verificar a reputação e o histórico a empresa que ele está contratando, checar se esta possui as instalações e oficinas devidamente distribuídas em pontos estratégicos

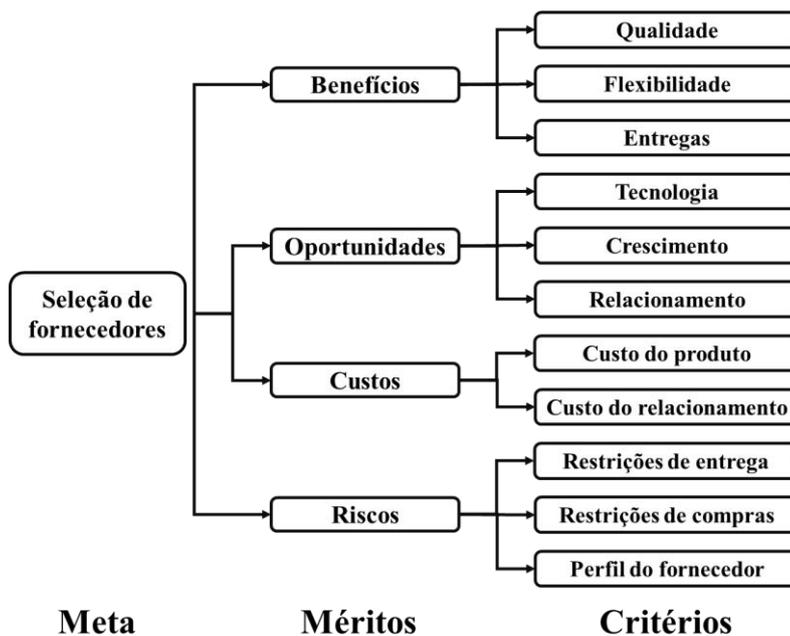
pelo mundo, e se este é capaz de atender a demanda de materiais do fabricante tanto para produção quanto para o pós-venda.

No entanto, para garantir que tal sistema irá desempenhar conforme o esperado, e que o fornecedor dará o suporte técnico e de materiais necessário para o fabricante, durante o processo de procura e seleção, é negociado entre as duas partes um contrato de suprimentos que contém garantias, tanto de desempenho, como de suporte de materiais e de preços. Este contrato é assinado por ambas as partes, e os valores e condições ali acordados são acompanhados durante toda a vida a do programa.

Os valores contratados no começo do programa são estimativas do que se espera ver no campo, pois o sistema ainda não está desenvolvido, no entanto é uma ótima referência a fim de comparar duas propostas diferentes, e no caso de o fornecedor não atingir tais performances, penalidades são aplicadas.

A literatura não apresenta exatamente o que deve ser incluído no contrato, pois cada nicho de mercado possui suas especificidades e confidencialidade. No entanto, Lee (2009) apresenta uma proposta de modelo para seleção de fornecedores levando em consideração méritos que são divididos em benefícios, oportunidades, custos e riscos. Tais méritos são novamente divididos em critérios para a seleção conforme podemos ver na figura 5.

Figura 5: Modelamento de Critérios para procura e seleção de fornecedores



Fonte: Adaptado de Lee (2009).

A partir do esquema descrito acima, foi possível verificar que os méritos oportunidades e riscos possuem influência no processo de procura e seleção e devem ser devidamente verificados na hora da seleção. No entanto, eles não possuem critérios tangíveis aplicáveis à ferramenta desenvolvida neste trabalho, portanto não serão considerados.

Os méritos Benefícios e Custos, no entanto, possuem critérios que vão ao encontro dos fatores que influenciam os custos do pós-venda e que estão sendo modelados e aplicados neste trabalho. Detalhando tais critérios, e os adaptando ao que é utilizado atualmente nos padrões de mercado aeronáutico, chegamos a seguinte proposta de fatores a serem considerados e contratados no momento da procura e seleção:

Fatores do critério qualidade:

- Tempo médio entre remoções não programadas: Este indicador é bem semelhante com o descrito acima, no entanto ele também considera as remoções que ao final da análise em bancada foram constatados como não falhados, portanto uma remoção desnecessária.

- Tempo médio entre falhas garantido: Este é um indicador de performance do sistema, é tempo médio em horas voadas que o componente falhará, novamente é um valor médio, ou seja, podem ocorrer falhas antes ou depois desse período, mas o fornecedor garante que na média anual este valor será atingido.

Fatores do critério entregas:

- Tempo de reparo: Este fator é o tempo em dias que o fornecedor garante que conseguirá concluir o processo de reparo.

Fatores do Critério custos do produto:

- Preço de peça: Antes mesmo do sistema estar desenvolvido, existe um acordo de qual será o preço dos componentes, sejam eles para atender a linha de produção, ou para suportar o campo. Este preço é fixo e sofre variações anuais de acordo com índices financeiros pré-definidos.

- Custo do reparo: Este fator é referente ao preço que o fabricante pagará no processo de reparo, ele pode ser um valor fixo, ou pode ser um valor médio anual a ser atingido, ou seja, podem existir reparos acima ou abaixo deste valor, mas na média anual, o valor tem que estar dentro deste custo contratado.

- Custo da não falha: Este é um valor fixo que o fornecedor cobra por um componente que foi enviado para reparo, mas que não apresentou falha.

### **3.3.5 Quinta fase: aplicação do modelo em uma situação de procura e seleção hipotética**

Na quinta e última fase da pesquisa o modelo será aplicado a uma situação hipotética de procura e seleção a fim de comparar duas propostas de diferentes fornecedores para o desenvolvimento de sistema para um novo programa.

Depois de mapeados todas as áreas envolvidas, as atividades, os recursos necessários, os custos primários, seus direcionadores, a definição de como o meio operacional impacta nos custos, e dos valores de alguns fatores que serão garantidos por contrato, será desenvolvido uma ferramenta com o auxílio do Microsoft Excel, na qual o usuário imputará os dados referentes as propostas dos fornecedores, além de dados operacionais de referência.

Os valores a serem imputados são de sistemas semelhantes, mas de dois fornecedores diferentes que já estão em operação, mas a fim de simular um sistema de procura e seleção, serão considerados os valores contratados, e não os reais. Os componentes e fornecedores terão seus nomes não identificados, e os valores serão multiplicados por um fator a fim de manter o sigilo.

Os valores operacionais quanto ao numero de aeronaves a serem entregues por ano, será definido de acordo com o número de aeronaves de um determinado modelo entregues até o momento, dividido pelos anos de operação.

As horas voadas serão definidas de acordo com a média anual de horas voadas por aeronaves executivas, informada pelo portal de estatísticas de pesquisas de mercados [www.statista.com/](http://www.statista.com/).

Os valores operacionais referentes às horas de mão de obra serão os apresentados pelos centros de serviço para remoção e instalação dos componentes nos relatórios de manutenção.

A taxa homem/hora cobrada varia de acordo com o centro de serviço, portanto utilizaremos um valor médio dos apresentados no Brasil.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo será aplicado o modelamento descrito nos capítulos acima para o desenvolvimento da ferramenta que mostrará visualmente o comportamento financeiro no pós-venda de duas diferentes propostas para o desenvolvimento de um sistema.

### 4.1 MAPEAMENTO DO AMBIENTE OPERACIONAL

O começo da aplicação da ferramenta é dado pela análise do ambiente aonde ela será utilizada, o estudo de caso dessa pesquisa será feito com base nas operações de uma empresa do setor aeronáutico que produz aviões executivos, comerciais e de defesa, que possui operações nos continentes Americanos, Europa, Ásia e África, e que possui clientes operando por todo o mundo.

Devido ao grande aporte financeiro necessário para começar a suportar clientes ao redor do mundo, essa companhia foi concebida inicialmente com a estratégia de produzir aviões comerciais, porém o suporte para o pós-venda em questão de componentes seria feito majoritariamente pelos fornecedores, que fariam contato direto com o cliente oferecendo seus serviços de reparo e manutenção, enquanto o suporte oferecido pela fabricante seria mais limitado a aeronave como um todo.

Com o passar do tempo e o aumento de maturidade desta empresa, foi sendo adicionada ao seu portfólio aeronaves para área de defesa, e de aviação executiva. Aproveitando o momento de crescimento, e as vantagens que o mercado pós-venda a intenção de expandir a área de serviços de suporte veio à tona, e hoje ela além de produzir aeronaves, também, possui uma forte área de serviços oferecidos aos clientes, e para cada tipo de aeronave, existe um modelo de negócios diferente.

Os pacotes de serviços possuem as suas peculiaridades dependendo do nicho de aviação, na aviação comercial, o pacote mais comum é que contempla apenas a disponibilidade do estoque compartilhado, ou troca de uma peça falhada por uma peça reparada por um valor por unidade, já na aviação de defesa, os pacotes são extremamente customizados, e vão desde apenas serviços de reparo, até pacotes que contemplam manutenção, estoque, treinamentos e inclusive serviços de radares e equipamentos bélicos, dependendo da demanda do cliente.

O nicho da aviação ao qual esta pesquisa será aplicada é o da aviação executiva, onde o pacote de serviços oferecido funciona da seguinte forma: O cliente fica responsável por

reportar as horas voadas, e ele paga uma taxa mensalmente baseado nas horas que ele operou a aeronave, toda a parte de manutenção fica de responsabilidade do fornecedor, que arca com todas as atividades, desde ter o estoque disponível, pagar os custos relativos aos centros de serviço, e também o valor do reparo dos componentes.

Neste modelo de negócio, o cliente se beneficia de não precisar ter contato com cada um dos fornecedores, também não precisa se preocupar com o quanto os centros de serviços estão cobrando, e nem planejar ter um estoque próprio. Esse pacote de serviços é especialmente benéfico para os clientes da aviação executiva, visto que estes normalmente operam poucas aeronaves, e não possuem uma grande equipe para fazer a gestão de diversos fornecedores.

O fabricante de aeronaves se beneficia deste modelo, pois este possui um grande volume de operações tanto com fornecedores, quanto com os centros de serviço, portanto consegue ter custos menores em cada uma das etapas do que os clientes conseguiriam, portanto oferecem um preço vantajoso para o cliente, e com uma boa margem de lucro.

#### 4.2 DEFINIÇÃO DOS CUSTOS PRIMÁRIOS

Para definir quais são os custos primários, e então definir quais são seus direcionadores de custo, utilizando o método de custeio ABC, é necessário primeiramente analisar quais são as atividades envolvidas no processo de manutenção.

O processo se dá início quando uma aeronave apresenta algum tipo de falha que é informada ao piloto via os monitores no painel. A partir desse momento ele procura o centro de serviços, que tomará as seguintes ações para sanar a pane:

Primeiramente o técnico de manutenção utilizará o manual de manutenção da aeronave para conseguir identificar qual é o componente que apresenta a falha (Atividade 1), após identificado qual o componente falhado, ele precisa fazer o acesso até ele, e removê-lo (Atividade 2), após a remoção, ele fará a instalação do componente novo, e substituirá os materiais consumíveis, como porcas, parafusos, lubrificantes, caso seja necessário (Atividade 3). Feita a substituição, o técnico redigirá um relatório de manutenção, detalhando qual foi a falha ocorrida, qual componente foi substituído, e quantas horas foram gastas no processo (Atividade 4). Após finalizado o relatório de manutenção, ele embalará o componente removido, e o enviará para reparo (Atividade 5).

Quando o componente chega ao fornecedor, ele fará uma análise em bancada para verificar se o item realmente falhou (Atividade 6), caso o resultado seja positivo ele fará a

substituição dos subcomponentes e remanufaturar outros conforme o manual de manutenção do componente, e da falha ocorrida (Atividade 7).

Ao mesmo tempo em que unidade reparada é enviada para o fornecedor, o fabricante precisa possuir um estoque de peças boas em bom estado para enviar ao cliente (Atividade 8).

Após estudar todo o processo foi identificado que as atividades de 1 a 5 consomem o recurso mão de obra, e a atividade 4 consome o recurso de materiais consumíveis, e que os direcionadores primários de custo são as horas gastas em cada etapa, e o preço dos consumíveis, podemos assim atrelar essa etapa ao custo primário C1.

A atividade seguinte é a 6, aonde foi verificado que recurso consumido são os subcomponentes e o tempo em bancada, no qual o direcionador de custo é o modo de falha ou não falha, a esta etapa definimos o custo primário C2.

A última atividade, a 7, se pode verificar que o recurso consumido são as peças novas, tendo como direcionador de custo o preço delas, então atrelamos a ela o custo primário C3.

Após analisarmos todas atividades, recursos e direcionadores primários de custos, e analisando um relatório de manutenção de um componente hidráulico foi possível montar o seguinte quadro.

Como os valores de peças, reparos e não falhas são referentes aos fornecedores, eles serão inclusos nas próximas etapas.

Em uma pesquisa de campo também foi verificado que o custo médio da hora/homem utilizado pelos centros de serviços é de R\$160,00.

Quadro 1 – Atividades e recursos de C1

<b>C1</b>	Recurso mão de obra (horas)	Recurso material utilizado (R\$)
Atividade 1	2	
Atividade 2	3	
Atividade 3	1	
Atividade 4	0,5	R\$ 500,00
Atividade 5	1	
Taxa Homem/Hora	R\$ 160,00	

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 2 – Atividades e recursos de C2

<b>C2</b>	Recurso subcomponentes	Recurso Tempo de bancada
Atividade 6	Custo do reparo	Custo da não falha

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 3 – Atividades e recursos de C3.

<b>C3</b>	Recurso Peça nova
Atividade 7	Custo da peça nova

Fonte: Elaborado pelo autor

### 4.3 CALCULO DOS DIRECIONADORES SECUNDÁRIOS

Após definidos os custos primários, e seus direcionadores primários, foi identificado que eles não eram suficientes para modelar todo o processo, visto que eles endereçam todas as atividades envolvidas no processo de manutenção, no entanto não endereçam a frequência em que elas acontecem.

Para tal, foi necessário analisar o ambiente operacional, e verificar quais são os fatores externos as atividades de manutenção que possuem impacto nos custos de pós-venda, ou seja, os direcionadores secundários de custos.

Analisando as etapas nos centros de serviços, e nos processos de reparo, foi identificado que a frequência de remoção de unidades, e a frequência de falhas nessas unidades impactam o quanto a fabricante de aeronaves terá que gastar anualmente para atender o campo.

Outro parâmetro que impacta o custo total do pós-venda é a quantidade de aeronaves suportadas, e o quanto elas voam.

Considerando que esta ferramenta será utilizada no momento de procura e seleção de fornecedores, este valor ainda não existe, no entanto, no momento em que uma fabricante faz a análise de mercado, e define o seu plano de negócios, ela prevê uma quantidade de entregas anuais que pretende atingir, e fazendo uma análise com aeronaves da mesma categoria, é possível prever quantas horas é esperado que os clientes voem.

De acordo com o portal de estatísticas e pesquisas de mercado <https://www.statista.com/>, a média de horas voadas anuais de uma aeronave executiva é de 150 horas anuais.

Verificando o número de entregas de uma família de jatos executivos, e dividindo pelos anos desde sua entrada em serviço, foi possível chegar na média de 55 aeronaves entregues por ano.

A fim de definir os direcionadores secundários de custos relativos aos custos primários de estoque C3, foi necessário verificar o modelo de planejamento de estoque mais apropriado, e foi constatado que além dos fatores definidos acima, o tempo médio de reparo do fornecedor TAT, tempo de logística e nível de serviço também impactam a quantidade de peças necessárias para suportar a frota.

Analisando o padrão de mercado e a bibliografia, foi verificado que o nível de serviço mais utilizado na aviação é de 95%.

Para o tempo de logística, como os componentes normalmente viajam de um país para outro, e devido ao fato de serem componentes aeronáuticos de alto valor, os processos aduaneiros e de frete são longos e podem chegar a 30 dias.

Desta forma foi possível determinar quais são os direcionadores secundários de custos relativos aos custos primários C1, C2 e C3, conforme podemos ver abaixo.

Novamente como os valores de MTBUR, MTBF e TAT são referentes aos fornecedores, eles serão apresentados nas próximas etapas.

Quadro 4 – Direcionadores de custos secundários de C1

<b>Direcionadores secundários de C1</b>	<b>Valores</b>
Tempo médio entre remoções	MTBUR
Numero de aeronaves entregues por ano	55
Horas médias voadas anualmente por aeronaves	150

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 5 – Direcionadores de custos secundários de C2.

Direcionadores secundários de C2	Valores
Tempo médio entre remoções	MTBUR
Tempo médio entre falhas	MTBF
Numero de aeronaves entregues por ano	55
Horas médias voadas anualmente por aeronaves	150

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 6 – Direcionadores de custos secundários de C3.

Direcionadores secundários de C3	Valores
Tempo médio entre remoções	MTBUR
Tempo médio entre falhas	MTBF
Numero de aeronaves entregues por ano	55
Horas médias voadas anualmente por aeronaves	150
Nível de serviço	95%
Tempo médio de reparo	TAT
Tempo de logisitica em dias	30

Fonte: Elaborado pelo autor

Após a definição dos direcionadores secundários de custos, foi necessário analisar qual o comportamento deles em relação aos direcionadores primários. Para tal, conforme explicado na metodologia, foram utilizadas as equações de custos diretos de manutenção DMC, e a fórmula de distribuição de Poisson propostas por Khan (2000), atrelando a elas as variáveis encontradas nos processos foram definidas as seguintes equações para o modelamento de custos:

Cálculo do custo primário C1 com o centro de serviço

$$C1 = \sum_{i=0}^A \left( \frac{(H * MH) + M}{MTBUR} \right) * N * i * HV * QPA$$

Cálculo do custo primário C2 anual com reparo de componente

$$C2 = \sum_{i=0}^A \left( \left( \frac{R}{MTBF} + \left( \frac{1}{MTBUR} - \frac{1}{MTBUF} \right) * NF \right) * N * i * HV * QPA \right)$$

Cálculo do custo primário de estoque

$$C3 = N * P$$

Com as condições de:

$$\lambda = \left( \frac{(TAT + T) * HV * A * N * QPA}{MTBUR} \right) / 365$$

$$\sum_{X=0}^N \left( \frac{\lambda^X * e^{-\lambda}}{X!} \right) \geq NS$$

#### 4.4 ANÁLISE DOS CRITÉRIOS DE COMPARAÇÃO NA PROCURA E SELEÇÃO DE FORNECEDORES

Após aplicar o método de custeio baseado em atividades ABC, e definir quais as equações que melhor modelam os custos de manutenção, nesta etapa será analisado quais são os fatores a serem garantidos por fornecedores no momento da sua contratação de acordo com a metodologia proposta que possuem impacto nos custos de pós-venda, pois são eles que servirão como as variáveis a serem comparadas entre diferentes propostas.

Estes fatores possuem valores previstos a ocorrer no campo, no entanto como no momento da procura e seleção, os sistemas ainda não foram desenvolvidos, os valores reais apresentados em campo podem variar a partir da entrada em serviço das aeronaves, no entanto no momento da tomada de decisão, são eles que servem de parâmetro, visto que existem penalidades para o caso de não cumprimento deles.

Conforme apresentado na metodologia, os fatores são: Custo da peça (P), Custo do reparo (R), custo da não falha (NF), tempo médio entre falhas (MTBF), tempo médio entre remoções inesperadas (MTBUR), tempo médio de reparo (TAT).

Foram analisados dois componentes de sistemas semelhantes, que vão uma unidade por avião, portanto o QPA é 1, porém de fornecedores diferentes, os valores propostos no momento da contratação foram multiplicados por um fator para manter o sigilo.

Quadro 7 – Fatores com valores propostos na procura e seleção

<b>Fatores com valores contratados com os fornecedores</b>	<b>Variável</b>	<b>Fornecedor A</b>	<b>Fornecedor B</b>
Custo de peça	P	R\$ 50.000,00	R\$ 30.000,00
Custo Médio do reparo	R	R\$ 3.000,00	R\$ 4.000,00
Custo da não falha	NF	R\$ 500,00	R\$ 1.000,00
Tempo médio entre falhas	MTBF	50000	40000
Tempo médio entre remoções inesperadas	MTBUR	40000	35000
Tempo de reparo	TAT	30	60

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.5 APLICAÇÃO DO MODELO EM UMA SITUAÇÃO DE PROCURA E SELEÇÃO HIPOTÉTICA

Tendo definido todas as equações que modelam os custos do pós-venda, e definidos todos os fatores que impactam tais custos, foi possível desenvolver a ferramenta em Microsoft Excel para simular um processo de procura e seleção.

Todas as equações C1, C2 e C3 variam de acordo com o ano em que se deseja fazer a análise. A fim de mostrar um resultado ao longo do tempo para facilitar a visualização do cenário futuro, a ferramenta apresenta os resultados do somatório dos três custos principais em um gráfico que usa no eixo das coordenadas o custo total ( $C1 + C2 + C3$ ), e no eixo das abcissas os anos de operação A, desta forma o executivo que for utilizá-la conseguirá ver qual o comportamento de cada uma das propostas e fazer a seleção da forma que mais esteja alinhada com a estratégia da companhia.

Para facilitar os inputs das variáveis operacionais e dos centros de serviço, a ferramenta apresenta, além do quadro 7 de informações dos fornecedores, dois quadro auxiliares a respeito dos fatores operacionais, e dos fatores dos centros de serviço.

Quadro 8 – Fatores Operacionais

<b>Fatores operacionais previstos no desenvolvimento do programa</b>	<b>Variável</b>	<b>Valor</b>
Aviões entregues por ano	N	55
Média de horas voadas anuais por aeronave	HV	150
Nível de serviço	NS	95%
Tempo de logística	T	30

Fonte: Elaborado pelo autor

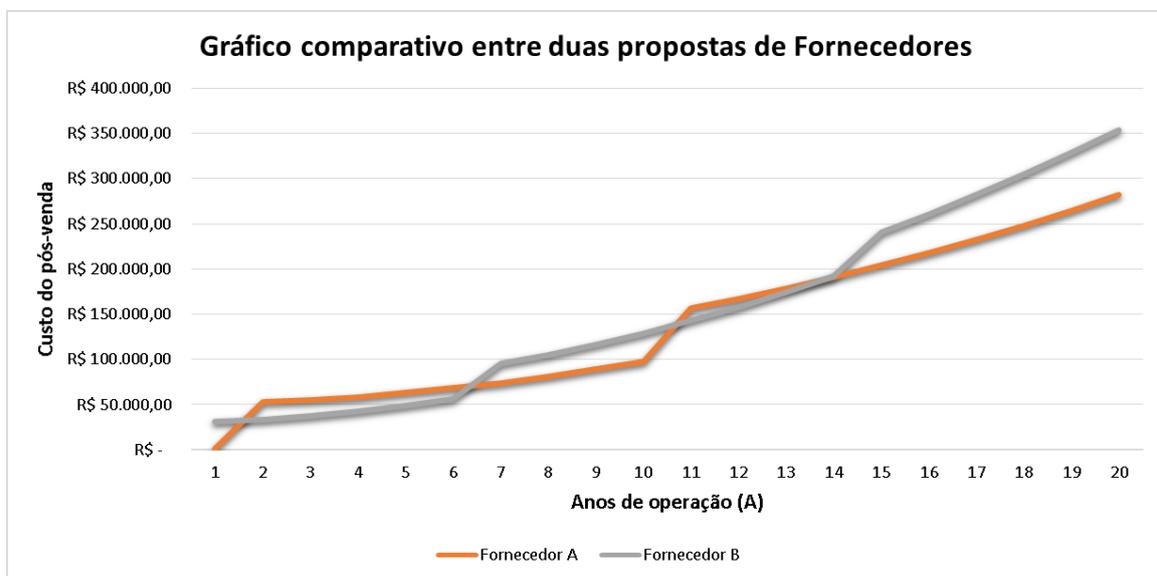
Quadro 9 – Fatores dos centros de serviço

Fatores que impactam o centro de serviço	Variável	Valor
Horas de Mão de obra no centro de serviço	$\Sigma H$	7,5
Identificação do componente falhado	H1	2
Remoção do componente falhado	H2	3
Substituição do componente falhado	H3	1
Relatório de manutenção	H4	0,5
Envio da peça para reparo	H5	1
Materiais consumíveis	M	R\$ 500,00
Taxa hora homem	HM	R\$ 160,00

Fonte: Elaborado pelo autor

Após imputados todos os fatores indicados nos quadro acima na ferramenta, o modelo que contém as equações somadas de C1, C2 e C3 calculou o seguinte gráfico:

Gráfico 1 – Resultado da comparação entre os dois fornecedores



Fonte: Elaborado pelo autor

O fornecedor A fez uma proposta de um componente com um custo de aquisição mais alto do que o fornecedor B, no entanto, apresenta um custo de reparo mais competitivo e uma garantia de performance superior.

Essa é uma situação na qual decidir qual o fornecedor que apresentará menores custo de pós-venda ao longo do tempo não é possível apenas visualizando os números propostos, visto

que o comportamento dos fatores que impactam estes custos não são lineares e possuem interação entre si, fazendo com que a análise intuitiva não seja possível.

Ao verificar o comportamento do gráfico, é possível concluir que o fornecedor A inicialmente se mostra menos competitivo, visto que nos primeiros anos de operação o estoque inicial está sendo comprado, e por ele possuir um preço de peça mais elevado, faz com que seja necessário um desembolso maior, além do que, por ser o começo do programa, poucas aeronaves estão em operação, portanto seu diferencial em performance e preço de reparo ainda não é significativo.

No entanto, a partir do sétimo ano em operação, a menor confiabilidade do componente oferecido pelo fornecedor B, atrelado ao seu maior tempo de reparo, faz com o fabricante de aeronaves seja obrigado a aumentar o seu estoque de peças de reposição para garantir o atendimento ao cliente dentro do nível de serviço, fazendo com que mesmo possuindo um preço mais elevado, o fornecedor A seja uma melhor opção.

Esse comportamento varia um pouco durante 11º e o 14º ano de operação, mas a partir disso, após o estoque estar mais estabilizado, as melhores condições de reparo e confiabilidade do Fornecedor A fazem com que ele possua uma vantagem significativa quanto aos custos de pós-venda.

A análise feita acima só é possível pois a ferramenta desenvolvida apresenta os resultados de forma gráfica e simples, a ausência desta análise faz com que muitas vezes o executivo tomador de decisão opte pela opção com o menor preço de aquisição, visto que este é um fator de fácil comparação, no entanto ao longo da vida útil do programa ela irá se mostrar menos vantajosa.

Um ponto importante do resultado exposto pela ferramenta, é que ela sozinha não é capaz de indicar qual a melhor escolha para a fabricante de aeronaves, esta decisão precisa estar atrelada ao plano estratégico da companhia, por exemplo, caso seja decidido que programa novo deve apresentar maiores lucros nos primeiros anos de operação do que no final da vida útil dele, a decisão mais adequada seria a seleção do fornecedor B, visto que até o sexto ano de operação ele se apresenta mais vantajoso.

## 5 CONCLUSÃO

O aumento da importância do mercado pós-venda, e todo o valor financeiro que envolve estas atividades, além da diminuição das margens de lucro relacionada a vendas de produtos, evidencia uma mudança de comportamento do mercado na qual os clientes começam a buscar serviços e soluções, e não apenas produtos.

Estamos na era de serviços, isto é fato, e uma empresa que venha a trabalhar neste nicho de negócio irá se deparar com um mercado de alta e constante lucratividade, com valores de investimento relativamente menores do que os de produção, o que trará resultados financeiros expressivos visto que independente do nível das vendas, a operação das aeronaves e por consequência, as atividades de manutenção, são contínuas.

Não só benefícios financeiros, a atuação no pós-venda aeronáutico garante uma aproximação maior do cliente, que enxerga no atendimento ao campo um diferencial, gerando assim uma satisfação deste com o produto, o que acaba por criar um diferencial competitivo para a fabricante de aeronaves que possui foco nesta área perante seus concorrentes, facilitando a fidelização dos clientes, e por consequência, aumento nas vendas.

Durante o desenvolvimento do trabalho, a fim de verificar os custos envolvidos no pós-venda, foi utilizado o método de custeio baseado em atividades ABC, proposto por Gonçalves (2006) e por Mahal (2015, apud CHEN, 1996). Este tem como objetivo analisar o processo e suas atividades detalhadamente, o que permite uma visualização completa de todo o cenário, facilitando a definição de quais fatores os fornecedores possuem impacto, para então utilizá-los como requisitos de contratação e de comparação.

A primeira fase do método é a de análise do cenário, nela foi observado todo o processo e as atividades envolvidas durante eventos de manutenção aeronáutica, desde o momento da parada de uma aeronave até o retorno desta para o campo. Nesta etapa foi verificado que os três custos principais que dominam as atividades do pós-venda são os custos com o centro de serviço, do reparo do componente e de estoque. Também foram definidos os direcionares primários de custos, sendo que os custos da peça nova e do reparo de componente possuem relação com o fornecedor, enquanto que o tempo e custo da mão de obra da oficina não eram impactados por características dos fornecedores.

Após definição dos direcionares primários de custos, foi verificado que eles não eram suficientes para representar os custos de pós-venda ao longo do tempo, visto que não refletiam a frequência dos eventos. Portanto na segunda fase do método o ambiente operacional foi novamente analisado, e foi verificado que existem fatores externos à atividade da manutenção

que impactam no custo do pós-venda. Sendo eles a frequência de remoções e falhas, que são características dos fornecedores, além de horas voadas anuais e número de aviões em operação. Foi então necessário verificar como estes direcionadores secundários de custos influenciam os direcionadores primários de custos definidos anteriormente.

A fim de representar o comportamento destes direcionadores primários e secundários de custos, e desenvolver um modelamento matemático que representasse os custos do pós-venda ao longo do tempo, foi utilizada a fórmula de Custo Direto de Manutenção DMC, para modelar os custos primários de Centro de Serviços e de Reparo de Componente, e as fórmulas e de planejamento de estoque baseado na distribuição de Poisson, para modelar o custo primário de Estoque, conforme proposto por Khan (2000).

Foi então, possível concluir que a inter-relação entre todos os fatores é complexa, o que evidenciou a dificuldade na tomada de decisão de qual fornecedor escolher no começo do programa para obter melhores resultados financeiro, e que, analisar individualmente cada um dos fatores, pode acarretar em uma decisão errada. Portanto a utilização de uma ferramenta que modele todo o comportamento das atividades do pós-venda é fundamental.

Tal efeito foi comprovado quando aplicado a uma situação de procura e seleção entre fornecedores de sistemas hidráulicos, no qual caso a escolha mais óbvia do fornecedor que possui o menor preço do componente novo, acabou sendo a opção mais cara com o passar do tempo, visto que após se estabilizar o estoque, os custos com reparo e oficina acabaram sendo predominantes, e o fornecedor que apresenta a maior confiabilidade do produto se mostrou mais vantajoso.

Outra conclusão que foi possível ter com a aplicação a uma situação real foi a de que a decisão de qual o fornecedor mais vantajoso deve estar de acordo com a estratégia da empresa, visto que o fornecedor com a peça mais barata possui vantagem financeira perante o concorrente nos primeiros anos de operação, portanto se o objetivo da empresa for maximizar os lucros no começo do programa, ele seria a escolha mais assertiva.

Este trabalho foi desenvolvido inteiramente com foco na indústria aeronáutica, no entanto, a metodologia utilizada permite com que, adaptando os fatores utilizados no modelamento e comparados entre as propostas, tal ferramenta pode ser utilizada em diferentes nichos de mercado, desde que estes possuam atendimento ao cliente com manutenção, como por exemplo, pode ser utilizado no setor de maquinários industriais e equipamentos agropecuários, visto que estes possuem um alto nível de manutenção com um grande impacto financeiro, o que possibilita abordagem de venda de serviços.

Para pesquisas futuras, é indicado que seja mapeado junto ao processo do pós-venda os custos de produção, visto que o fornecedor e os requisitos contratados no começo do programa são validos tanto para suporte ao campo, quanto para linha de produção de aeronaves novas, desta forma, a tomada de decisão fica mais evidente e fácil, pois a ferramenta considerará a empresa como um todo.

Além disso, há oportunidades no sentido de adaptar a ferramenta para verificar o potencial financeiro de modificações de produto, no qual o fornecedor cobra um valor não recorrente, e as vezes, inclusive com aumento no preço da peça, mas, em contrapartida, garante uma confiabilidade maior. A mesma dificuldade encontrada na procura e seleção é vista aqui, visto que os fatores possuem as mesmas correlações, com a influência de outros fatores, portanto a utilização de um modelo que verifique como a proposta de melhoria irá se portar no futuro tem um bom potencial.

## REFERÊNCIAS

- ANDERSON, James C.; NARUS, James A. Capturing the value of supplementary services. **Harvard Business Review**, Watertown, v. 73, n. 1, p. 75-83, 1995.
- ANDRADE, Jefferson Reis Guimaraes; OLAVE, Maria Elena Leon. Internacionalização e cooperação: imperativos para os pequenos e médios negócios. **Revista de Gestão e Organizações Cooperativas**, Santa Maria, v. 2, n. 4, p. 01-16, 2015.
- BARCELLO, R.; SCHELELA, S. S. **Marketing e vendas**. Curitiba: ECTEC, 2012.
- BORCHARDT, Miriam; SELLITTO, Miguel Afonso; PEREIRA, Giancarlo Medeiros. Serviços de pós-venda para produtos fabricados em base tecnológica. **Revista Produção Online**, Santa Catarina, v. 8, n. 2, 2008.
- BORENSTEIN, Severin; ROSE, Nancy L. Competition and price dispersion in the US airline industry. **Journal of Political Economy**, Chicago, v. 102, n. 4, p. 653-683, 1994.
- BURGO, Rodrigo Navarro Sanches; RIBEIRO, Talita Cristina dos Santos; RODRIGUES, Vanessa. Supply chain management: uma introdução à um modelo de gestão da cadeia de suprimentos para obtenção de diferencial competitivo. **Revista Científica Eletônica de Administração**, Garça, v. 5, n. 9, 2005.
- CANADAY, Henry. **Aircraft spare parts pooling: art or science?** 2016. Disponível em: <<https://www.mro-network.com/maintenance-repair-overhaul/aircraft-spare-parts-pooling-art-or-science>>. Acesso em: 13 out. 2018.
- CHEN, F. Frank. Activity-based approach to justification of advanced factory management systems. **Industrial Management and Data Systems**, Bingley, v. 96, n. 2, p. 17-24, 1996.
- CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter. **Gestão da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operações**. 4. ed. Brasília: Editora Pearson, 2011.
- COHEN, Morris; AGRAWAL, Narendra; AGRAWAL, Vipul. Winning in the aftermarket. **Harvard Business Review**, Watertown, v. 84, p. 129-138, 2006.
- COSTA NETO, P. L. O. **Estatística**. 7. ed. São Paulo: Editora Blucher Ltda, 1987.
- DE FLORIO, Filippo. **Airworthiness: an introduction to aircraft certification and operations**. 3. ed. Cambridge: Editora Butterworth-Heinemann, 2016.
- EIRIZ, V. Proposta de tipologia sobre alianças estratégicas. **Revista de Administração Contemporânea**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 2, p. 65-90, 2001.
- FARIA, P. O.; VANALLE, R. M. Critérios para a seleção de fornecedores: uma análise das práticas de grandes empresas industriais do Estado do Espírito Santo. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26., 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2006.

FARRIS, I. I. et al. Aftermarket support and the supply chain: exemplars and implications from the aerospace industry. **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management**, Bingley, v. 35, n. 1, p. 6-19, 2005.

FERREIRA, Vanessa de Lima et al. As estratégias na relação com fornecedores: o caso Embraer. **Gestão e Produção**, São Carlos v. 18, n. 2, p. 221-236, 2011.

FIGUEIREDO, K. **A logística do pós-venda**. 2002. Disponível em: <<http://www.ilos.com.br/web/a-logistica-do-pos-venda/>>. Acesso em: 01 out. 2018.

FLEURY, Paulo Fernando; WANKE, Peter; FIGUEIREDO, Kleber Fossati. **Logística empresarial: a perspectiva brasileira**. São Paulo: Editora Atlas SA, 2000.

GALLAGHER, Tim; MITCHKE, Mark D.; ROGERS, Matthew C. Profiting from spare parts. **The McKinsey Quarterly**, Seattle, v. 2, p. 1-4, 2005.

GONÇALVES, José Ernesto. Processo, que processo? **RAE**, São Paulo, v. 40, p. 8-19, 2000.

GONÇALVES, M. A.; CARVALHO, P. V.; REZENDE, B. M. Teoria e prática na implementação do método de custeio ABC na produção: um estudo de caso em uma grande empresa metalúrgica de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO–SIMPEP, 2006, Bauru. **Anais...** Bauru: UNESP, 2006.

GUERRA, João Henrique Lopes. O modelo de integração de sistemas da indústria aeronáutica: fatores motivadores. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 18, n. 2, p. 251-264, 2011.

GUERRA, João Henrique Lopes. **Purchasing management in an aircraft manufacturer: an analysis from the perspective of flexible supply chain management**. 2011. 318 f. Tese (Doutorado em Ciências Exatas e da Terra) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

GUPTA, Sunil; LEHMANN, Donald R.; STUART, Jennifer Ames. Valuing customers. **Journal of marketing research**, Chicago, v. 41, n. 1, p. 7-18, 2004.

IATA. **Aberdeen**, 2005. Disponível em: <<https://www.iata.org/about/Documents/iata-annual-review-2014.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2018.

KARSTEN, Frank; BASTEN, Rob. Spare parts inventory pooling: how to share the benefits? **BETA publicatie: working papers**, Eindhoven, v. 372, 2012.

KHAN, Khalid A.; HOUSTON, Graeme. Design optimization using life cycle cost analysis for low operating costs. In: RTO AVT SPECIALISTS' MEETING ON DESIGN FOR LOW COST OPERATION AND SUPPORT, 1999, Ottawa. **Anais...** Ottawa: Bombardier Aerospace, 1999.

KILPI, Jani; VEPSÄLÄINEN, Ari PJ. Pooling of spare components between airlines. **Journal of Air Transport Management**, Amsterdã, v. 10, n. 2, p. 137-146, 2004.

LEE, Amy Hi. A fuzzy supplier selection model with the consideration of benefits, opportunities, costs and risks. **Expert systems with applications**, Amsterdã, v. 36, n. 2, p. 2879-2893, 2009.

LEE, S. G. et al. Product lifecycle management in aviation maintenance, repair and overhaul. **Computers In Industry**, Amsterdã, v. 59, n. 2-3, p.296-303, mar. 2008.

LITTLE, Arthur D. Are you ready for the battle? **Automotive Insight**, Bruxelas, mar. 2015.

MAHAL, Ishter; HOSSAIN, A. Activity-based costing (ABC): an effective tool for better management. **Research Journal of Finance and Accounting**, Nova York, v. 6, n. 4, p. 66-74, 2015.

MATTHYSSENS, Paul; VANDENBEMPT, Koen. Creating competitive advantage in industrial services. **Journal of Business and Industrial Marketing**, Bingley, v. 13, n. 4-5, p. 339-355, 1998.

MAUSS, César Volnei; COSTI, Ricardo Miguel. **O método de custeio ABC como instrumento de gestão**. São Leopoldo: Atlas, 2004.

MAXIMIANO, Antonio Cesar Amaru. **Introdução à administração**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1989.

MONTORO, Guilherme Castanho Franco; MIGON, Marcio Nobre. **Cadeia produtiva aeronáutica brasileira: oportunidades e desafios**. Rio de Janeiro, Editora: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2009.

NILSSON, Julia; BERTLING, Lina. Maintenance management of wind power systems using condition monitoring systems—life cycle cost analysis for two case studies. **IEEE Transactions on energy conversion**, Vancouver, v. 22, n. 1, p. 223-229, 2007.

NOVAES, Antonio. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição**. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2016.

OLIVA, Rogelio; KALLENBERG, Robert. Managing the transition from products to services. **International journal of service industry management**, Bingley, v. 14, n. 2, p. 160-172, 2003.

OLIVEIRA, Luiz Guilherme. **A cadeia de produção aeronáutica no Brasil: uma análise sobre os fornecedores da Embraer**. 2005. 226 f. Tese (Doutorado em Política Científica e Tecnológica) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

PARDESSUS, Thierry. Concurrent engineering development and practices for aircraft design at Airbus. In: INTERNATIONAL COUNCIL OF AERONAUTICAL SCIENCES CONFERENCE, 24., 2004, Yokohama. **Proceedings...**Yokohama, 2004.

PEROTE FILHO, J. **Proposta de modelo de previsão de custos de reparo em um serviço de disponibilidade de componentes de aeronaves**. 2014. 91 f. Tese (Mestrado em

Engenharia Aeronáutica e Mecânica, área Produção) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), São José dos Campos, 2014.

PORTER, Michael. **Estrategia competitiva**. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2004.

RODRIGUES JUNIOR, Francisco; OSIRO, Lauro; CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. Métodos de decisão multicritério para seleção de fornecedores: um panorama do estado da arte. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 20, n. 4, p. 781-801, 2013.

ROSSETTI, Christian; CHOI, Thomas Y. On the dark side of strategic sourcing: experiences from the aerospace industry. **Academy of Management Executive**, Nova York, mar. 2005.

SELLITTO, Miguel Alfonso et al. Prioridades estratégicas em serviços de pós-venda de uma empresa de manufatura de base tecnológica. **Gestão da Produção**, São Carlos, v. 18, mar. 2011.

UHLMANN, Eckart; BAUMGARTEN, Jeannette. MRO: challenge and chance for sustainable enterprises. **Procedia**, Cranfield, v. 11, p. 239-244, mar. 2013.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM: planejamento e controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda, 2002.

WANG, Huawei; GAO, Jun; WU, Haiqiao. Direct maintenance cost prediction of civil aircraft. **Aircraft Engineering and Aerospace Technology: an international journal**, Bingley, v. 86, n. 5, p. 406-414, 2014.

WISE, Richard; BAUMGARTNER, Peter. Go downstream: the new profit imperative in manufacturing. **Harvard Business Review**, Watertown, abr./ago. 1999.

WU, H. et al. Methods to reduce direct maintenance costs for commercial aircraft. **Aircraft Engineering and Aerospace Technology**, Bingley, v. 76, p. 15-18, mar. 2004.

ZIGGERS, Gerrit Willem. The reinforcing effect of a firm's customer orientation and supply base orientation on performance. **Industrial Marketing Management**, Bingley, v. 52, mar. 2016.