

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

Laís Rezende Serrano Conti

**MELHORIA DO SISTEMA DE GESTÃO DE
FERRAMENTAIS DE MANUTENÇÃO AERONÁUTICA
UTILIZANDO A TECNOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO
AUTOMÁTICA DE DADOS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Engenharia de Produção

Orientador: Prof. José Arnaldo Barra Montevechi, PhD.

Setembro de 2011

Itajubá - MG

CONTI, Lais R.S. *Melhoria do Sistema de Gestão de Ferramentais de Manutenção Aeronáutica utilizando a Tecnologia de Identificação Automática de Dados*. Itajubá: UNIFEI, 2011, 153p. (Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá).

Palavras-chave: Manutenção Aeronáutica - Rastreabilidade – Ferramentais - Identificação Eletrônica - Código de Barras - Marcação Direta.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

Lais Rezende Serrano Conti

**MELHORIA DO SISTEMA DE GESTÃO DE
FERRAMENTAIS DE MANUTENÇÃO AERONÁUTICA
UTILIZANDO A TECNOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO
AUTOMÁTICA DE DADOS**

Dissertação aprovada por banca examinadora em 30 de setembro de 2011, conferindo ao autor o título de *Mestre em Ciências em Engenharia de Produção*.

Banca Examinadora:

Prof. José Arnaldo Barra Montevechi (Orientador)

Prof. Fernando Augusto Silva Marins (UNESP/GUAR)

Prof. Fabiano Leal (UNIFEI)

**Setembro de 2011
Itajubá - MG**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a equipe da empresa Intermec Technologies Corporation, especialmente a filial brasileira, pela imensa contribuição recebida para que este trabalho pudesse ser concretizado.

Muito tenho a agradecer à empresa na qual a pesquisa foi aplicada, especialmente ao Vice-Presidente de Operações, ao Diretor Adjunto de Operações, ao Diretor de Inovações e ao Gerente de Manutenção de Componentes, bem como aos mecânicos e inspetor que participaram da pesquisa, pela inestimável contribuição recebida no desenvolvimento deste trabalho.

Gostaria também de agradecer ao meu orientador, Prof. José Arnaldo Barra Montevechi e aos professores Edson de Oliveira Pamplona e Carlos Henrique Pereira Mello que, através de sua experiência e profundo conhecimento, puderam me auxiliar a conduzir este trabalho com êxito.

Agradeço à banca examinadora, Prof. Fernando Augusto Silva Marins e Prof. Fabiano Leal, pelas valiosas recomendações e conselhos recebidos.

Agradeço também ao aluno Marcel de Oliveira, por toda sua dedicação e participação no desenvolvimento do software desta pesquisa.

Não poderia deixar de agradecer a FAPEMIG, pelo suporte ao desenvolvimento da pesquisa.

Finalmente agradeço a meu marido Carlos Vitor, a meus filhos Lívia, Marina e Enzo, e a minha mãe Marízia, pela paciência e inestimável apoio recebido neste percurso.

RESUMO

Aeronaves são projetadas de forma a atenderem à requisitos de aeronavegabilidade, segurança e manutenibilidade. Nesse contexto, a aplicação de novas tecnologias, que possam contribuir para o aumento da segurança de vôo, através da melhoria da rastreabilidade e do aumento da eficiência na manutenção, é fundamental para a competitividade de empresas aeronáuticas. A tecnologia de identificação e captura automática de dados e sistemas de computação móvel - AIDC (*Automatic Identification and Data Capture*), quer seja através de código de barras ou da identificação por rádio-frequência, vem se disseminando mundialmente, notadamente na gestão de materiais, na medida em que possibilita aumentar a velocidade e a qualidade do fluxo de informações. O tema desta dissertação é a análise da contribuição dessa tecnologia como ferramenta de melhoria do sistema de gestão e utilização de ferramentais de manutenção aeronáutica; com enfoque na rastreabilidade da atividade e dos ferramentais. Na pesquisa, de natureza aplicada, de abordagem descritiva e qualitativa, foi utilizado o método da Pesquisa-Ação. A amostragem selecionada foi um processo específico de manutenção e o lote de ferramentais utilizados neste processo, na qual várias proposições de identificação eletrônica foram consideradas. Os tempos de preparação foram medidos antes e após a aplicação da tecnologia selecionada, para fins de análise comparativa dos benefícios alcançados. Os resultados demonstram que a tecnologia AIDC, mais especificamente com utilização de código de barras bidimensional *DataMatrix*, associada à tecnologia de marcação direta de peças – DPM (*Direct Parts Marking*) pode contribuir, de maneira significativa, para a melhoria da produtividade, da rastreabilidade e da redução de custos na atividade de manutenção e na gestão de ferramentais, neste caso, com benefícios mensuráveis.

Palavras-chave: Manutenção Aeronáutica. Rastreabilidade. Ferramentais. Identificação Eletrônica. Código de Barras. Marcação Direta de Peças.

ABSTRACT

Aircraft are designed to reach the requirements of airworthiness, security and maintainability. In this context, the application of new technologies that can contribute to increased flight safety by improving traceability and maintenance efficiency is essential for the competitiveness of aerospace companies. The Automatic Identification and Data Capture Technology - AIDC, either by barcode or radio frequency identification, has spread worldwide, especially in management materials, while enables to increase the speed and quality of information flow. The theme of this thesis is the analysis of the contribution of such technology as a tool for improving the management and use of aircraft maintenance tooling, with a focus on tracking the activity and tooling. In the research of applied nature, descriptive and qualitative approach, we used the method of Action Research. The sample selected was a specific maintenance process and the set of tools used in this process, in which several hypotheses of electronic identification were considered. The setup times were measured before and after applying the technology selected under the purposes of comparative analysis of the benefits achieved. The results show that the AIDC technology, specifically using two-dimensional bar code (DataMatrix), associated to Direct Parts Marking – DPM technology can contribute significantly to improve productivity, traceability and cost reduction in the maintenance activity and management tools, in this case with measurable benefits.

Keywords: Aircraft maintenance. Traceability. Tools. Electronic Identification. Barcode. Direct Parts Marking.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Crescimento da frota de aeronaves civis no Brasil – 1999 a 2010	17
Figura 2: Crescimento (%) acumulado da frota aérea civil no Brasil – 2000 a 2010	18
Figura 3: Acidentes na Aviação Civil brasileira – 2000 – 2011	19
Figura 4: Incidência (%) de fatores contribuintes em acidentes aéreos - Brasil 2000 – 2009	20
Figura 5: Percentual de acidentes por tipo de ocorrência – Aviação Geral – Brasil – 2000 a 2009	21
Figura 6: Sistemas de Identificação e Captura Automática de Dados (AIDC)	23
Figura 7: Exemplo de ferramental utilizado na manutenção.....	24
Figura 8: Tipos de Código de Barras	49
Figura 9: Exemplos de Códigos EAN e UPC	50
Figura 10: Estrutura do Código de Barras	50
Figura 11: Exemplo da marcação direta DPM de código GS1 DataMatrix	56
Figura 12: Exemplo de um GS1 <i>DataMatrix</i> impresso com Jato de Tinta Contínuo	58
Figura 13: Exemplo de um GS1 <i>DataMatrix</i> impresso usando Laser	59
Figura 14: Exemplo de marcação direta DPM por punção	59
Figura 15: Exemplo de utilização da tecnologia RFID	61
Figura 16: Componentes de um Sistema RFID	62
Figura 17: Exemplos de <i>tags</i> RFID	63
Figura 18: Estruturação para condução da Pesquisa-ação.....	67
Figura 19: Estrutura Organizacional da empresa (parcial).....	70
Figura 20: Fluxograma de Revisão Geral	75
Figura 21: Princípios da Codificação de Ferramentais de Definição Nacional	79
Figura 22: Fluxograma de desenvolvimento e fabricação de ferramental	81
Figura 23: Fluxograma de Inspeção Periódica de Ferramentais	83
Figura 24: Proposições e Cenários adotados para coleta de dados	92
Figura 25: Estrutura do software S.G.F. – parte A	103
Figura 26: Sistema de Gestão de Ferramentais – parte “A”, tela de entrada	105
Figura 27: Sistema de Gestão de Ferramentais – parte “A”, tela de <i>Login</i>	105
Figura 28: Sistema de Gestão de Ferramentais – parte “A”, tela de Menu	106
Figura 29: Sistema de Gestão de ferramentais – parte “A”, tela de seleção OS e FP	107

Figura 30: Sistema de Gestão de ferramentais – parte “A”, tela de seleção dos ferramentais	108
Figura 31: Sistema de Gestão de ferramentais – parte “A”, tela de validação	109
Figura 32: Sistema de Gestão de ferramentais – parte “A”, tela de saída	109
Figura 33: Fluxograma da Estrutura do Software SGF– parte “B”	111
Figura 34: Sistema de Gestão de Ferramental – parte B, tela do menu de opções	112
Figura 35: Sistema de Gestão de Ferramentais – parte “B”, tela de inserção da referência do ferramental	113
Figura 36: Sistema de Gestão de ferramental – parte “B”, tela de identificação do ferramental	113
Figura 37: Sistema de Gestão de ferramental – parte “B”, tela de localização do ferramental	114
Figura 38: Sistema de Gestão de ferramental – parte “B”, tela de finalização	114
Figura 39: Primeiro ferramental identificado com o código <i>GSI Matrix</i> , em superfície plana	117
Figura 40: Leitura do código <i>GSI Matrix</i> no primeiro ferramental, em superfície plana, através de leitor	117
Figura 41: Ferramental “B” identificado com o código <i>GS1 Matrix</i> , em superfície curva	118
Figura 42: Leitura do código <i>GS1 Matrix</i> no ferramental “B”, em superfície curva, através de leitor.	118
Figura 43: Comparação dos tempos médios de preparação de ferramentais (seg.) nos 2 cenários	122
Figura 44: Tempos (%) de mão-de-obra na preparação de ferramentais – Cenário 1	122

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Vantagens estratégicas através da inovação	30
Quadro 2: Exemplos de Agencias Reguladores Internacionais para a Aviação Civil	35
Quadro 3: Classificação dos Requisitos do RBHA 145	37
Quadro 4: Correlação entre a norma ISO e a Regulamentação Aeronáutica	41
Quadro 5: Sistema de etiquetagem recomendado pela ANAC e o adotado pela empresa....	44
Quadro 6: Tipos de códigos de barra bidimensional	52
Quadro 7: Normalização de Código de Barras conforme GS1	54
Quadro 8: Tipologia das Etiquetas RFID	64
Quadro 9: Classes das etiquetas EPC Global	65
Quadro 10: Características dos sistemas RFID europeus	65
Quadro 11: Funcionalidades do RFID, tecnologias e aplicação na manutenção	66
Quadro 12: Categoria dos ferramentais	77
Quadro 13: Diagnostico, delimitação de problemas e possíveis soluções	86
Quadro 14: Ciclos da Pesquisa –Ação	88
Quadro 15: Seleção da amostra	90
Quadro 16: Descrição das Etapas do Processo	91
Quadro 17: Estudo da aplicabilidade das etiquetas de Código de Barras e RFID	94
Quadro 18: Resultado detalhado da cronometragem em dois cenários	119
Quadro 19: Análise dos tempos médios de preparação dos ferramentais	123
Quadro 20: Ações para a reestruturação do sistema de gestão de ferramentais – Etapa 1	127
Quadro 21: Ações para a reestruturação do sistema de gestão de ferramentais – Etapa 2	128
Quadro A1 (Apêndice A): Requisitos para Manutenção, Manutenção Preventiva, Modificações e Reparos	142
Quadro A2 (Apêndice A): Abreviaturas de Diretrizes de Aeronavegabilidade	145

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

- AD: *Airworthiness Directive*. Fonte: IAC 3142-39-0200.
- ADC: *Automatic Data Capture*.
- AIDC: *Automatic Identification and Data Capture*.
- AIS: *Automatic Identification System*.
- ANAC: Agencia Nacional de Aviação Civil.
- BS: Boletim de Serviço. Fonte: IAC 3142-39-0200.
- CA: Certificado de Aeronavegabilidade. Fonte: IAC 3142-39-0200.
- CAARF: Certificado de Aeronavegabilidade para Aeronaves Recém-Fabricadas. Fonte: IAC 3142-39-0200.
- CBA: Código Brasileiro de Aeronáutica. Fonte: IAC 3142-39-0200.
- CENIPA: Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aéreos.
- CHE: Certificado de Homologação de Empresa. Fonte: IAC 3142-39-0200.
- CHETA: Certificado de Homologação de Empresa de Transporte Aéreo. Fonte: IAC 3142-39-0200.
- CHT: Certificado de Homologação de Tipo. Fonte: IS 43-001A.
- CHST: Certificado de Homologação Suplementar de Tipo. Fonte: IS 43-001A.
- CM: *Condition Monitoring*.
- CREA: Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia . Fonte: IAC 3142-39-0200.
- CT: Cartão de Trabalho (do manual correspondente)
- CTA: Centro Técnico Aeroespacial. Fonte: IAC 3142-39-0200
- CTNC: Comissão Técnica de Não-Conformidade
- DA: Diretriz de Aeronavegabilidade. Fonte: IAC 3142-39-0200
- DAE: Diretriz de Aeronavegabilidade de Emergência. Fonte: IAC 3142-39-0200
- DAC: Departamento de Aviação Civil. Fonte: IAC 3142-39-0200
- DIAM: Declaração de Inspeção Anual de Manutenção. Fonte: IAC 3142-39-0200
- DOU: Diário Oficial da União
- DPM: *Direct Parts Marking*
- DPMI: *Direct Parts Marking Identifiers*
- EAN: *European Article Number*
- EDI: *Electronic Data Interchange*

EO: Especificações Operativas. Fonte: IAC 3142-39-0200.

ERP: *Enterprise Resource Planning*.

FCDA: Ficha de Cumprimento de Diretriz de Aeronavegabilidade. Fonte: IAC 3142-39-0200.

FIAM: Ficha de Inspeção Anual de Manutenção. Fonte: IAC 3142-39-0200.

FIC: Ficha de Intervenção em Componentes.

FP: Ficha de Processo.

GPS: *Global Position System*.

HDTV: *High Definition TV*.

HT: *Hard Time*.

IAC: Instrução de Aviação Civil. Fonte: IAC 3142-39-0200.

IAM: Inspeção Anual de Manutenção. Fonte: IAC 3142-39-0200.

IATA: *International Air Transport Association*.

IFI: Instituto de Fomento e Coordenação Industrial. Fonte: IAC 3142-39-0200

LTL: *Life-time Limit*

MES: *Manufacturing Execution System*

MIL: *Military Specification*. Fonte: IAC 3149-21/43-0302

MTBF: *Mean Time Between Failure*

MTBR: *Mean Time Between Removals*

MTBUR: *Mean Time Between Unscheduled Removals*

NA: *Army/Navy Specification*. Fonte: IAC 3149-21/43-0302

NAS: *National Aerospace Standard*. Fonte: IAC 3149-21/43-0302

OC: *On Condition*

OCR: *Optical Character Recognition*

OSM: Ordem de Serviço de Manutenção

PLC: Controlador Lógico Programável

QR: *Quick Reply*

RAB: Registro Aeronáutico Brasileiro

RBHA: Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica. Fonte: IAC 3142-39-0200

RF: *Radio Frequency*

RFID: *Radio Frequency Identification*

RNC: Relatório de Não-Conformidade

RTLS: *Real Time Locating System*

SAE: *Society of Automotive Engines*. Fonte: IAC 3149-21/43-0302

SCM: *Supply Chain Management*

SERAC: Serviço Regional de Aviação Civil. Fonte: IAC 3142-39-0200

SERAC 5: Quinto Serviço Regional de Aviação

SQL: *Structured Query Language*

TBO: *Time Between Overhaul*

UPC: *Universal Product Code*

WMS: *Warehouse Management System*

SUMÁRIO

Capítulo 1 – Introdução	16
1.1 - Contexto e Justificativas	16
1.2 - Objetivos do Trabalho	25
1.3 – Delimitações do trabalho	25
1.4 – Método e Classificação da Pesquisa	26
1.5 – Estrutura do Trabalho	27
Capítulo 2 - Fundamentação Teórica	28
2.1 – Serviços, Tecnologia e Inovação	28
2.2 – A Manutenção Aeronáutica	31
2.2.1 – Processo de Manutenção <i>Hard Time</i> (HT)	32
2.2.2 – Processo de Manutenção <i>On Condition</i> (OC)	32
2.2.3 - Processo de Manutenção <i>Condition Monitoring</i> (CM)	33
2.3 - Regulamentação da manutenção aeronáutica	35
2.4 - A Rastreabilidade de Componentes e Peças Aeronáuticas	38
2.4.1 – Sistema de Identificação e Rastreabilidade de Partes	43
2.4.2 – Controle de Ferramentais e Requisitos de Calibração	44
2.5 – A Tecnologia da Identificação Eletrônica e Captura Automática de Dados	45
2.5.1 – A Tecnologia de Código de Barras	47
2.5.1.1 - Benefícios e Limitações	48
2.5.1.2 – Código de Barras Linear	50
2.5.1.3 – Código de Barras Bidimensional	51
2.5.1.4 – Regulamentação do Código de Barras no Brasil	52
2.5.1.5 – Tecnologia de Marcação de Código de Barras	55
2.5.2 - A Tecnologia de Rádio Frequência	60

2.5.2.1 - Benefícios e Limitações	62
2.5.2.2 - Etiquetas RFID (<i>Tags</i>)	63
Capítulo 3 – Pesquisa-Ação	67
3.1 – Fase Preliminar – Contexto e Propósito	69
3.2 – Unidade de análise e Critérios de Avaliação	70
3.2.1 – Seleção da Unidade de Análise	70
3.2.2 – Critérios de Avaliação	71
3.3 - Estrutura Conceitual da Situação Atual e Diagnóstico	72
3.3.1 - Procedimentos Operacionais de Manutenção de Componentes Mecânicos	73
3.3.1.1 – Classificação de ferramentais	76
3.3.1.2 – Codificação de ferramentais na fabricação	78
3.3.1.3 – Desenvolvimento de ferramentais	80
3.3.1.4 - Cadastro de ferramentais	82
3.3.1.5 – Verificação periódica de ferramentais	82
3.3.1.6 – Localização de Ferramentais	83
3.3.2 – Diagnóstico	84
3.4 - Definição dos ciclos de Pesquisa-Ação	88
3.4.1 – Ciclo 1: Critérios de seleção da amostra	89
3.4.2 – Ciclo 2: Análise das etapas do processo	91
3.4.3 – Ciclo 3: Coleta de dados	92
3.4.3.1 – Proposição 1: Identificação manual do ferramental	93
3.4.3.2 – Proposição 2: Identificação automática do ferramental	93
3.4.3.3 – Cenário 1: Preparação do ferramental antes do processo	97
3.4.3.4 – Cenário 2: Preparação do ferramental durante o processo	98
3.4.4 - , Ciclo 4: Desenvolvimento do software S.G.F.	99
3.3.4.1 – Descrição do Sftware SGF – Sistema de Gestão de Ferramentais	100

3.4.5 – Ciclo 5: Execução do Processo e Cronometragem	115
Capítulo 4 – Análise dos Resultados	120
4.1 – Análise dos Resultados (Ciclo 6).....	120
4.2 – Soluções propostas	125
4.3 – Planejamento e Implementação de Ações (Ciclo 7).....	126
Capítulo 5 – Conclusões	129
5.1 – Verificação dos Objetivos	129
5.2 – Sugestões para Trabalhos Futuros	
Referências Bibliográficas	143
Glossário	149
Apêndice A - Regulamentação da Manutenção Aeronáutica	141
A.1 - Requisitos de Aeronavegabilidade	142
A.2 - Limitações de Aeronavegabilidade	142
A.3 – Diretriz de Aeronavegabilidade (DA)	143
A.4 – Programas de Manutenção, Modificação e Reparo	146
A.5 – Requisitos do Manual de Manutenção	147
A.6 - Regras Gerais de Execução da Manutenção	148
A.7 – Registros de Inspeção e de Manutenção	148
A.8 – Aprovação de retorno ao Serviço (“Maintenance Release”).....	149
A.9 – Acompanhamento e Análise Continuada.....	150
A.10 – Período de Conservação de Registros de Manutenção	151
A.11. Aprovação para Retorno ao Serviço (<i>Maintenance Release</i>)	151
A.12. Acompanhamento e análise continuada	152

Capítulo 1 – INTRODUÇÃO

1,1 CONTEXTO E JUSTIFICATIVA

Nos primórdios da aviação, a manutenção era realizada à medida em que os problemas técnicos se apresentavam, o que muitas vezes implicava em várias horas de manutenção para cada hora voada da aeronave. As principais atividades de manutenção consistiam da revisão de quase todas as partes das aeronaves numa base periódica. Embora, à primeira vista, a aeronave e seus sistemas fossem bastante simples, a manutenção realizada desta forma tornava-se onerosa. Com a crescente complexidade das aeronaves e de seus sistemas de navegação, nos anos seguintes, os custos de manutenção aumentaram proporcionalmente (KINNISON, 2004).

O conceito moderno da manutenção é mais sofisticado; as aeronaves são projetadas para prover segurança, aeronavegabilidade e manutenibilidade. Requisitos de aeronavegabilidade são estabelecidos para o projeto, os materiais, os processos de fabricação, o desempenho, os parâmetros de vôo, os sistemas e os equipamentos de uma aeronave e seus componentes, visando garantir a segurança da operação. Segundo Kinnison (2004), programas detalhados de manutenção são criados no desenvolvimento de cada nova aeronave ou de modelos derivativos do existente. Este programa inicial de manutenção pode ser adaptado por cada operador visando compatibilizá-lo com a natureza de sua operação individual. Isso garante a aeronavegabilidade contínua em qualquer circunstância. Em suporte às empresas aeronáuticas individuais, somam-se os esforços, por parte dos fabricantes, companhias aéreas e órgãos reguladores, para melhorar as técnicas de desenvolvimento e manutenção e para manter a indústria da aviação na vanguarda.

O setor aeronáutico é considerado estratégico sob o ponto de vista tecnológico e da geração de empregos e figura como prioritário nas políticas públicas direcionadas ao desenvolvimento industrial e à inovação tecnológica. Trata-se de um setor condicionado pela internacionalização da produção e do desenvolvimento tecnológico, ao mesmo tempo em que a capacidade de inserção global e a competitividade estão, em alguma medida, ancoradas no desenvolvimento do sistema local de inovação (OLIVEIRA e PAULINO, 2008/2009).

Segundo dados da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC, 2009), relativo ao Registro Aeronáutico Brasileiro (RAB) de aeronaves no período de 1999 a junho de 2009, complementados com informações fornecidas pela Assessoria de imprensa da ANAC (ago.2011), relativo a 2009 e 2010, a frota aérea civil registrada no Brasil ultrapassou 13.000 aeronaves em 2010, incluindo desde jatos das grandes companhias aéreas, aviões e helicópteros particulares, táxi-aéreo, aeronaves usadas na agricultura, em escolas de aviação, em reportagens e vários outros usos, até mesmo balões e um dirigível. O crescimento da frota de aeronaves civis no Brasil, nos últimos 11 anos, está representado na Figura 1.

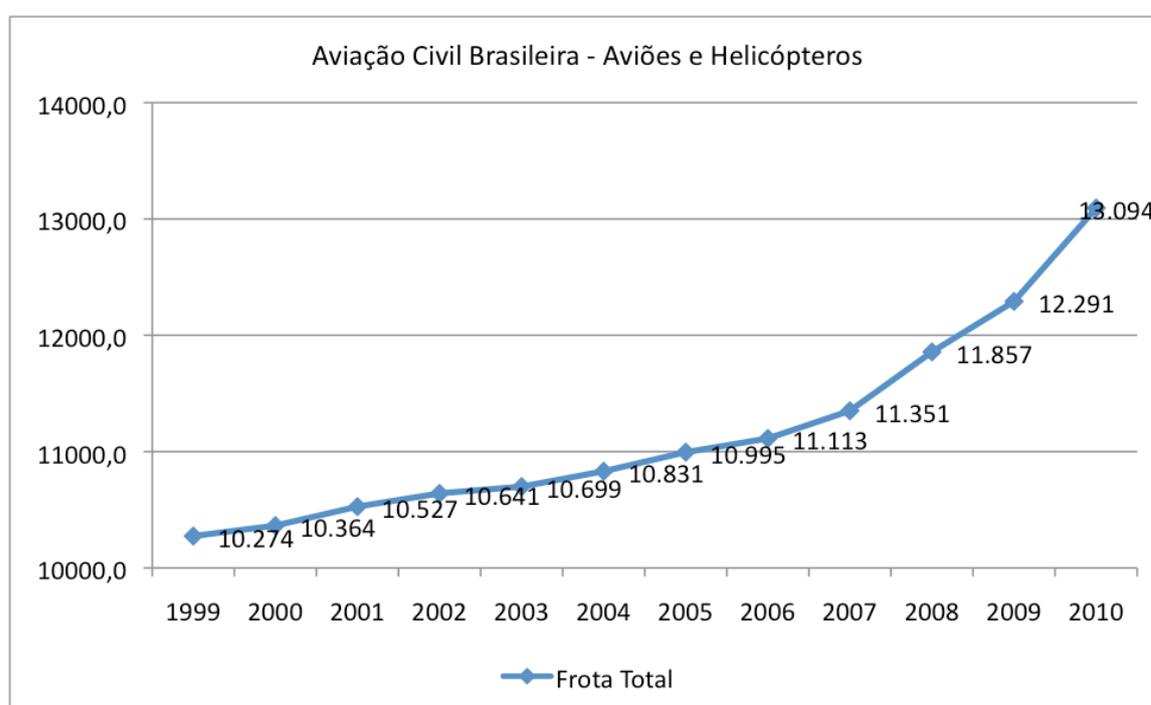


Figura 1: Crescimento da frota de aeronaves civis no Brasil – 1999 a 2010. Fonte: ANAC (2011)

Comparado ao número registrado há mais de uma década, de 10.274 aeronaves em dezembro de 1999, o crescimento foi superior a 27%. Se considerada a frota de aviões e helicópteros dos últimos 5 anos (2006 – 2010), o crescimento da frota foi cerca de 20% no período, como representado na Figura 2.

Os números consideram a quantidade de aeronaves registradas, porém como é natural, muitas deixaram de ser utilizadas enquanto novas aeronaves foram incorporadas à frota brasileira (ANAC, 2011).



Figura 2: Crescimento percentual acumulado da frota aérea civil no Brasil – 2000 a 2010. Fonte: ANAC (2011)

A frota de aeronaves civis, no Brasil, é dividida nos seguintes segmentos:

- Aviação Geral – operadores de aeronaves registradas como Serviços Aéreos Privados;
- Aviação Agrícola – operadores de aeronaves de fomento ou proteção da agricultura em geral registradas como Serviço Aéreo Especializado;
- Segurança Pública/Defesa Civil – operadores que realizam missões policiais ou de defesa civil.

Conforme relatório do CENIPA – Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aéreos, no Período de janeiro de 2001 a agosto de 2011 a aviação civil brasileira totalizou 983 acidentes aéreos, com perda de 1096 vidas em 290 acidentes fatais e perda total de 367 aeronaves, conforme apresentado na Figura 3. Cerca de 84% desses acidentes envolveram aviões e 16% envolveram helicópteros/ outros (CENIPA, Aviação Civil, 2011).

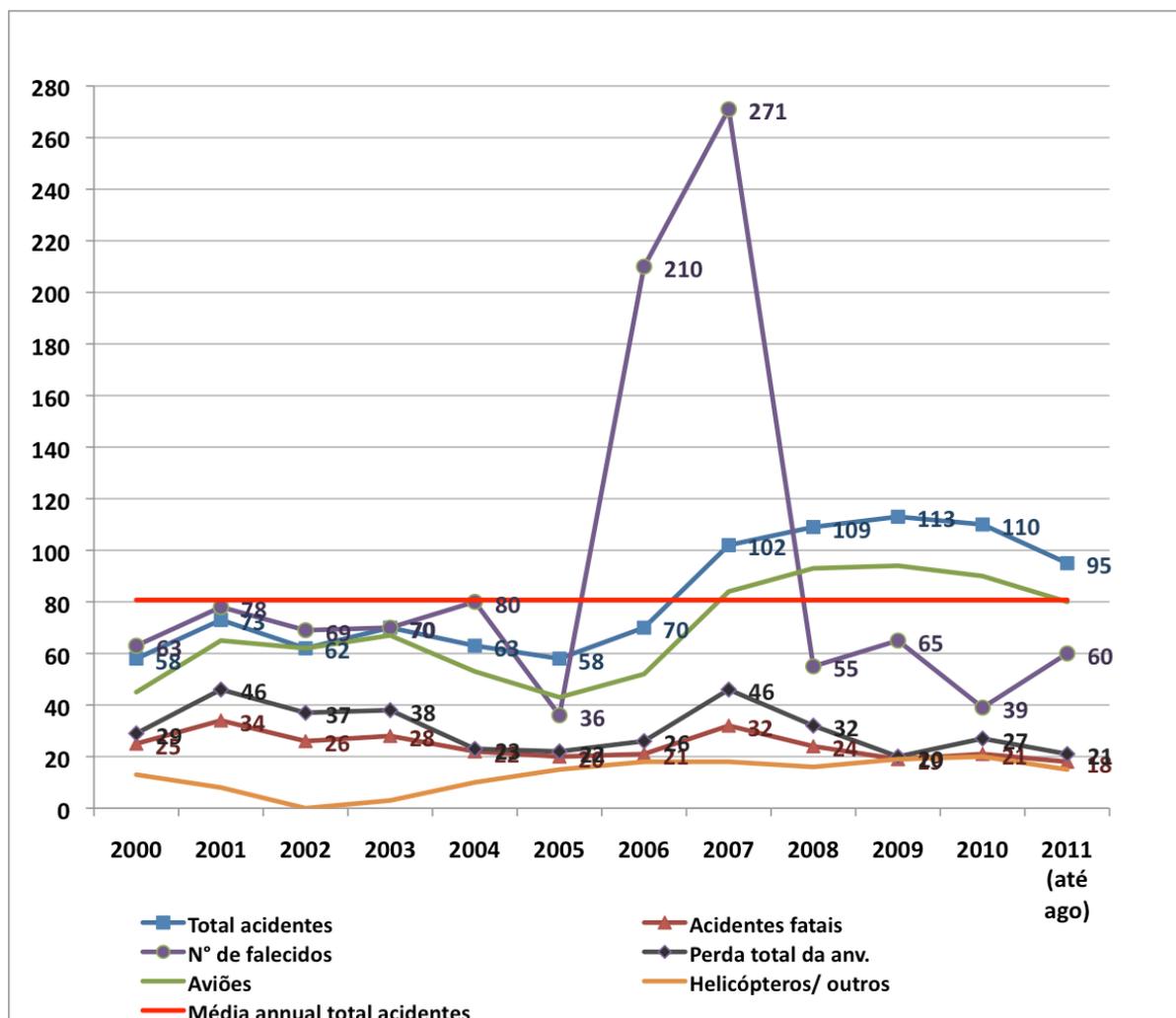


Figura 3 – Acidentes na Aviação Civil do Brasil – 2000 a 2011. Fonte: CENIPA, Aviação Civil (2011).

De acordo com o Panorama Estatístico da Aviação Civil Brasileira para 2000 a 2009, elaborado pelo CENIPA, os Fatores Contribuintes de maior incidência nos acidentes foram: julgamento, supervisão, planejamento, aspectos psicológicos, indisciplina de voo, aplicação de comandos, manutenção, pouca experiência de vôo e instrução. Considerando todos os acidentes aéreos envolvendo aeronaves civis, neste período, a manutenção de materiais aeronáuticos é um fator contribuinte em cerca de 23% dos acidentes. Cabe ressaltar que os fatores contribuintes não atuam isoladamente, ao contrário, se associam de modo a produzirem as conseqüências. Assim, para a sua análise, deve ser considerada a relação de dependência que se forma entre eles (CENIPA, Panorama Estatístico, 2010). A Figura 4 apresenta a incidência de fatores contribuintes nos acidentes aéreos envolvendo aeronaves civis, ocorridos no Brasil, neste período.



Figura 4 - Incidência Percentual de Fatores Contribuintes em Acidentes Aéreos no Brasil – 2000 a 2009. Fonte: CENIPA, Panorama Estatístico, 2010.

Na aviação geral, no período de 2000 a 2009, foi constatada a ocorrência de falha do motor em voo em 29,3% dos acidentes. Desses, a manutenção foi um fator contribuinte em 50% dos acidentes, como apresentado na Figura 5. Este contexto mostra a necessidade de maior atenção aos serviços de manutenção, uma vez que estas falhas de motor em voo apontam para a existência de condições latentes nos provedores de serviços de manutenção, notadamente com a incidência associada a uma inadequada supervisão e execução dos serviços. Tais condições alertam para a importância de um maior acompanhamento dos processos relacionados à prestação dos serviços de manutenção utilizados pela aviação geral (CENIPA, Panorama Estatístico, 2010).

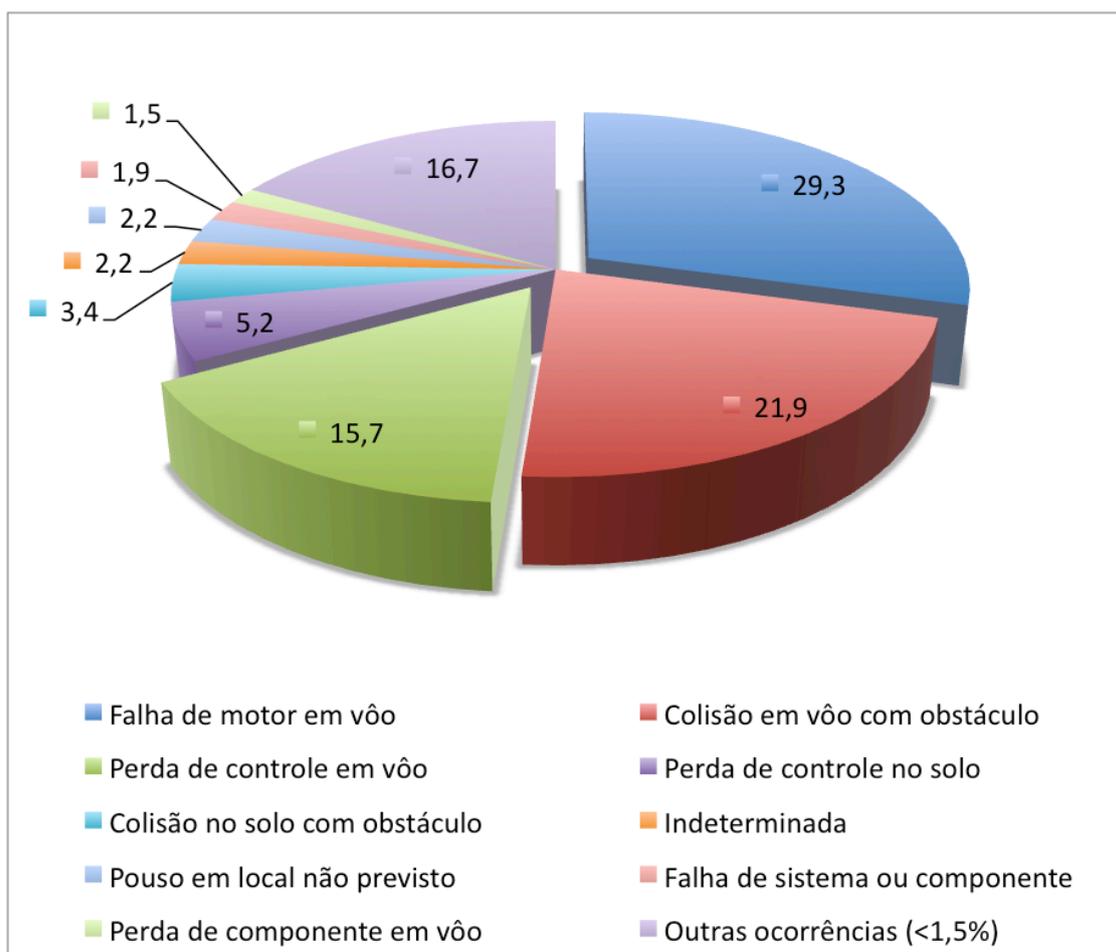


Figura 5: Percentual de acidentes por tipo de ocorrência - Aviação Geral - Brasil - 2000 a 2009. Fonte: CENIPA, Panorama Estatístico, 2010.

No Brasil existem atualmente quinhentas e quarenta e cinco empresas de manutenção homologadas pela ANAC, distribuídas por todo o território, predominantemente nas regiões Sul e Sudeste (ANAC, Certificação, 2011). Essas empresas tem a responsabilidade de recolocar em condições de voo todo produto aeronáutico submetido à manutenção preventiva ou corretiva. Em levantamento realizado pelo Quinto Serviço Regional de Aviação (SERAC 5), foram apresentadas as principais não conformidades dos sistemas de manutenção aeronáutica no Brasil, que vão desde o controle de manuais de manutenção até a falta de rastreabilidade dos materiais utilizados (MACHADO *et al.*, 2009).

Segundo Lodewijks *et al.* (2006), na operação, manutenção, reparação e revisão geral de aeronaves, o número de objetos envolvidos no sistema e/ou o seu valor podem ser elevados. Para aumentar a produtividade e a agilidade da atividade, e melhorar a qualidade, torna-se importante maximizar a visibilidade dos objetos, dos serviços e das informações envolvidas. A visibilidade pode ser definida na logística como a medida em que a posição

ou localização e o estado de um objeto, serviço ou informação são conhecidos em um sistema; e permite que todos os participantes de um sistema possam visualiza-los facilmente e gerencia-los em tempo real ou próximo à este, quando necessário. Visibilidade é um dos seis pilares principais de um sistema de logística, assim como a colaboração, a otimização, a conectividade, a execução e a velocidade. A visibilidade pode ser melhorada por meio de tecnologias de identificação automática (Auto-ID – *Automatic Identification*), como também através da captura automática de dados (ADC - *Automatic Data Capture*).

Auto-ID é um termo genérico dado a um conjunto de tecnologias que são usadas para ajudar máquinas a identificar objetos, incluindo: os códigos de barras, os cartões inteligentes de reconhecimento de voz, algumas tecnologias biométricas (por exemplo, exames de retina), o reconhecimento óptico de caracteres, e a identificação por frequência de rádio (RFID – *Radio Frequency Identification*). A captura automática de dados permite a transferência automática de dados gravados ou anexados a um objeto para um sistema de planejamento de recursos empresariais (ERP). Isto reduz os erros de entrada de dados e libera colaboradores para executar outras funções com maior valor agregado. Nas atividades onde a aplicação dos códigos de barras ainda requerer o envolvimento humano, a aplicação da tecnologia RFID possibilita a captura de dados de forma automatizada (LODEWIJKS *et al.*, 2006).

Utiliza-se o termo AIDC (*Automatic Identification and Data Capture*) para se referir à identificação automática (Auto-ID) associada à captura automática de dados (ADC).

Para Smith e Offodile (2002), estratégias de captura de dados e a integração desses dados são essenciais para sistemas corporativos de gestão de recursos, bem como sistemas de gestão de armazém. O desenvolvimento da inovação no desenvolvimento e na comercialização de produtos e serviços tem sido uma importante fonte de vantagem competitiva para muitas empresas e pode ser muito facilitada pela aplicação de novas tecnologias AIDC.

Yao e Carlson (1999) acrescentam que a coleta de dados em tempo real pode ser realizada através de código de barras, digitalização ou transmissão de rádio frequência (RF). Isto fornece um "conector sem fio" para o computador, não importando o tipo de itens que estão sendo fabricados e/ou distribuídos. Sistemas RF integram as tecnologias de sistemas de identificação automática (AIS), código de barras, captura automática de dados (AIDC) e aumentam o intercâmbio eletrônico de dados (EDI) e de resposta rápida (QR) dos sistemas.

Segundo Viladomat (2011), existem diferentes sistemas de identificação automática. Essa família compõe-se de sistemas como: código de barras, etiquetas inteligentes de rádio-

frequência, sistemas de reconhecimento de voz ou ainda sistemas de impressão digital. A Figura 6 ilustra os diversos sistemas AIDC.

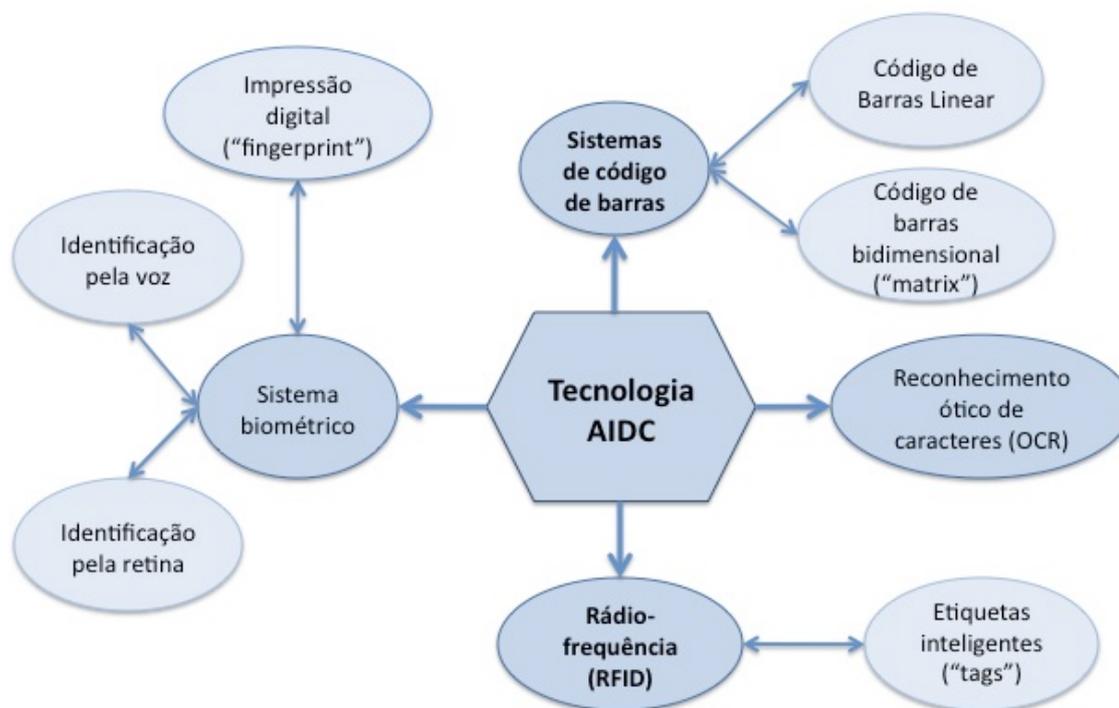


Figura 6: Sistemas de identificação e captura automática de dados. Fonte: adaptado de Viladomat (2011), complementado pelo pesquisador (código de barras linear e bidimensional).

Segundo a Associação Brasileira de Automação, que representa nacionalmente a GS1 Global, os principais setores com soluções de rastreabilidade em desenvolvimento no Brasil são (GS1 Brasil, 2011): cadeia de medicamentos e produtos para saúde, cadeia da carne bovina, produtos alimentícios, produtos frescos, matérias-primas e material de embalagem.

No entanto, segundo Schreiber *et al.* (2009), considerando os diversos segmentos passíveis de utilização da tecnologia de identificação e captura automática de dados (por exemplo RFID), o setor aeronáutico é o que melhor se encaixa à utilização da tecnologia, em função dos seguintes motivadores:

- o controle e a rastreabilidade dos processos produtivos e de manutenção estão muito acima da média das demais indústrias;
- as peças possuem alto valor agregado;
- a cadeia de suprimentos possui longos ciclos de fabricação;
- o produto final possui ciclo de vida longo.

Recentemente, a AIRBUS, ampliando sua iniciativa de empregar RFID para melhorar a eficiência na fabricação e na manutenção dos seus aviões, anunciou que está instalando um sistema de localização em tempo real (RTLS – *Real Time Locating System*) em algumas das suas fábricas da Europa. O sistema vai permitir à empresa rastrear a produção e a manutenção dos grandes componentes do avião modelo A380 nas linhas comerciais de passageiros (SWEDBERG, 2010).

No contexto da expansão das atividades produtivas de empresa aeronáutica multinacional, com implantação de nova linha de manutenção de aeronaves e de componentes (2010-2012), a pesquisa foi aplicada no processo de manutenção de um componente mecânico. Este trabalho abrange a análise do resultado da aplicação da tecnologia de identificação e captura automática de dados (AIDC), especificamente através de código de barras e rádio-frequência, na gestão e utilização dos ferramentais utilizados no referido processo. A implantação da atividade requer transferência de tecnologia e inclui desenvolvimento e implantação de meios humanos e materiais, tais como: formação de mão-de-obra especializada, construção de novas instalações, fabricação de ferramentais, provisionamento de materiais e elaboração de documentação técnica. Por razões de confidencialidade, a empresa, na qual a pesquisa foi desenvolvida, não está citada neste trabalho.

Denomina-se ferramental a todo e qualquer dispositivo de apoio, que auxilia a fabricação, montagem e/ou manutenção de uma aeronave, componente, ou sub-conjunto (Figura 7). O termo *ferramental* é comumente utilizado para designar ferramentas especiais, projetadas e fabricadas para uma finalidade específica de montagem e/ou manutenção (por ex. ferramental de controle, extrator); diferenciando-o de ferramentas de uso genérico.



Figura 7: Exemplo de ferramental utilizado na manutenção

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

O presente trabalho de pesquisa constitui-se da análise do potencial de contribuição da tecnologia de identificação e captura automática de dados (AIDC), como ferramenta de melhoria do sistema de gestão de ferramentais utilizados na manutenção aeronáutica.

O objetivo geral da pesquisa, ou objetivo de conhecimento, é o de analisar a aplicabilidade da referida tecnologia na manutenção de um componente de aeronaves, através de sistemas com código de barras e rádio-frequência; e promover melhorias no sistema atual de gestão de ferramentais, principalmente no que se refere à rastreabilidade e à agilidade da atividade, como também à segurança das informações.

Foi desenvolvido um projeto piloto, visando aumentar a eficiência da atividade de manutenção e contribuir no apoio à frota operacional sul-americana, em cenário de expansão do mercado. Os objetivos específicos, ou práticos, deste trabalho são:

1. Promover maior agilidade na identificação, preparação e utilização dos ferramentais durante a execução dos processos de manutenção;
2. Promover melhorias no processo de rastreamento (localização física) dos ferramentais nos diversos setores usuários da empresa;
3. Propor melhorias no sistema de rastreabilidade dos ferramentais durante toda a sua vida útil, desde a fabricação e inspeção, passando pela utilização, manutenção e armazenamento, até as aferições periódicas;
4. Propor melhorias no sistema de planejamento da reposição dos ferramentais.

1.3 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

No contexto genérico da manutenção de aeronaves em operação no mercado sul-americano, a pesquisa foi aplicada no âmbito da gestão dos ferramentais utilizados na atividade de manutenção de componentes mecânicos. Os processos foram analisados, de forma detalhada, somente nas etapas de trabalho nas quais são utilizados ferramentais.

A utilização da tecnologia AIDC, proposta, se restringe à gestão e utilização de ferramentais. Essa tecnologia não foi aplicada à todas as etapas de execução da manutenção, nem à gestão e provisionamento de peças utilizadas na manutenção.

Não faz parte do escopo do trabalho a análise de custos de implantação do projeto e a viabilidade econômica do mesmo.

1.4 MÉTODO E CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa possui objetivo descritivo, é de natureza aplicada e de abordagem qualitativa, tendo sido utilizado o método da pesquisa-ação.

Segundo Thiollent (2009), a pesquisa-ação é uma estratégia metodológica de pesquisa, na qual há explícita interação entre o pesquisador e as pessoas implicadas na situação investigada; e desta interação resulta a ordem de prioridade dos problemas a serem pesquisados e das soluções a serem encaminhadas sob forma de ação concreta. O objetivo da pesquisa-ação consiste em resolver ou, pelo menos, esclarecer os problemas da situação observada; sendo o objeto de investigação a situação e os problemas encontrados nesta situação. A pesquisa também não se limita a uma forma de ação, pretende-se aumentar o conhecimento do pesquisador e das pessoas e grupos considerados. Uma das particularidades deste tipo de pesquisa consiste na relação existente entre o objetivo prático e o objetivo de conhecimento. Além disso há, durante o processo, um acompanhamento das decisões, das ações e de toda a atividade intencional dos atores da situação.

Esse projeto foi desenvolvido através da análise de um processo de manutenção, da identificação dos ferramentais utilizados em cada uma das etapas de trabalho do processo, do acompanhamento à execução da manutenção, da medição dos tempos de preparação dos ferramentais; e da análise dos procedimentos de fabricação, inspeção, manutenção e armazenamento de ferramentais.

O objeto de estudo é o lote de ferramentais utilizados na Revisão Geral de um componente, especificamente na aplicação de uma modificação técnica, incluindo a desmontagem, a montagem, a aplicação da modificação e o ensaio do componente, tendo sido utilizada uma amostragem de 20 ferramentais.

O processo de manutenção foi selecionado de forma a possibilitar que a pesquisa fosse efetuada numa atividade de manutenção representativa, no que se refere à abrangência e à complexidade técnica do conjunto de etapas de trabalho envolvidas. Além disso, os ferramentais associados ao processo são representativos, quanto à diversidade geométrica e dimensional, às especificidades de utilização e à matéria-prima utilizada na fabricação. Mais detalhes sobre o Método e as Fases da Pesquisa estão no Capítulo 3.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está organizado em 5 capítulos. No Capítulo 1, introdutório, são apresentados o contexto e a justificativa do trabalho, os objetivos, o método utilizado e a classificação da pesquisa.

O Capítulo 2 refere-se à fundamentação teórica do trabalho, abrangendo os assuntos: serviços, tecnologia e inovação, processos de manutenção aeronáutica, regulamentação aeronáutica, rastreabilidade de componentes e peças aeronáuticas, e tecnologias de identificação eletrônica e captura automática de dados (código de barras e rádio-frequência).

No Capítulo 3 são apresentadas as fases da pesquisa:

- Na fase preliminar são apresentados o contexto e o propósito da pesquisa, a unidade de análise e os critérios de avaliação.
- Na segunda fase é descrita a estrutura conceitual da situação atual, no que se refere aos procedimentos operacionais de manutenção de componentes mecânicos; e o diagnóstico.
- Na terceira fase são descritos os 5 ciclos da pesquisa-ação: no ciclo 1 são definidos os critérios de seleção da amostra; no ciclo 2 é apresentada a análise das etapas do processo; no ciclo 3 é apresentado o resultado da coleta de dados, a partir da adoção de duas proposições e dois cenários.
- A quarta fase corresponde ao ciclo 4 da pesquisa-ação, no qual é descrito o *software* SGF – Sistema de Gestão de Ferramentais, desenvolvido durante a pesquisa e especificamente para essa aplicação.
- A quinta fase corresponde ao ciclo 5 da pesquisa-ação, no qual são apresentados a coleta de dados relativa ao processo de preparação dos ferramentais para execução da manutenção, e da cronometragem de tempos neste processo, de acordo com as proposições e os cenários adotados.

No Capítulo 4 são apresentadas a análise dos resultados e as soluções propostas, bem como o planejamento e implementação de ações.

No Capítulo 5 estão apresentadas as conclusões obtidas a partir do trabalho desenvolvido e a verificação dos objetivos, bem como as sugestões para trabalhos futuros.

Capítulo 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. SERVIÇOS, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Segundo Grönroos (2006), embora, principalmente na década de 1980, a definição de um serviço tenha sido amplamente discutida, ainda não há uma definição comum na literatura. Baseado na visão da escola nórdica, os serviços podem ser definidos como processos que consistem de um conjunto de atividades nas quais o cliente interage com pessoas, bens e outros recursos físicos de sistemas e/ou infra-estruturas que, por sua vez, representam o prestador de serviços e, possivelmente envolvendo outros clientes, que visam resolver os problemas dos clientes. No entanto, segundo Edvarsson *et al.* (2005), um estudo recente, baseado nas opiniões de onze especialistas acadêmicos no campo do marketing de serviços, conduz à seguinte definição: "Serviço é uma perspectiva sobre a criação de valor, em vez de uma categoria de ofertas de mercado". Nessa análise, a perspectiva parece significar uma forma de pensar, ou uma "lógica". Para Woodruff e Gardia (1996), numa visão mais recente na literatura, o valor é criado quando os produtos, bens ou serviços são usados pelos clientes. Esta é a noção de valor-em-uso.

Para Parasuraman *et al.* (1993), a qualidade de um serviço, como percebida pelos consumidores, decorre da comparação entre suas expectativas e a performance alcançada; ou entre as expectativas e a percepção de performance das empresas que prestam os serviços (PARASURAMAN *et al.*, 1988).

Comumente a comercialização de produtos é composta por um pacote de serviços associados avaliado pelo cliente de forma global. Para alguns autores, a distinção entre produto ou serviço está relacionada ao grau de tangibilidade do mesmo. Se o benefício obtido é mais intangível do que tangível, é considerado um serviço (BERRY e PARASURAMAN, 1991).

Ao contrário de produtos, nos quais a qualidade é mensurável através de indicadores, como durabilidade e quantidade de defeitos (CROSBY, 1979; GARVIN, 1983), a qualidade de serviços é um conceito abstrato devido à três características únicas: a intangibilidade, a heterogeneidade e a inseparabilidade entre produção e consumo (PARASURAMAN *et al.*, 1985).

Segundo Parasuraman *et al.* (1988), vários autores vêm enfatizando as diferenças entre "qualidade objetiva" e "qualidade percebida". A qualidade objetiva, segundo definição de Garvin (1983) e Hjorth-Anderson (1984) é "uma forma de atitude, relacionada, mas não

equivalente, à satisfação; e resulta da comparação entre as expectativas e as percepções do desempenho”. Já a qualidade percebida é “o julgamento do consumidor sobre a excelência global de uma entidade ou sua superioridade” (ZEITHAML, 1987).

Nesses aspectos, Holbrook e Corfman (1985) conceituam qualidade como “mecanicista” ou “humanística”. Enquanto a qualidade mecanicista envolve um aspecto objetivo ou a análise de um recurso, a qualidade humanística envolve a resposta subjetiva das pessoas, sendo, portanto, um fenômeno altamente relativista.

Para Mendes (2002), as operações de manutenção têm uma contribuição relevante no valor de transformação de um bem produzido, e é preciso transformar custos de manutenção em evidente vantagem competitiva para os sistemas de produção. Isso somente é possível através do gerenciamento do valor agregado nessas operações, considerando-se a influência das especificidades dos serviços.

Para Murman *et al.* (2000), o conceito de valor pode ser estendido para o conceito de ciclo de vida do “Best Value” (BLV): “um sistema que oferece o melhor valor do ciclo de vida é definido como um sistema introduzido no momento certo, ao preço certo e que proporciona melhor relação custo-eficácia da missão, desempenho, acessibilidade e sustentabilidade, e ainda mantém estas vantagens ao longo da sua vida.” Na visão desses autores, o período pós-Guerra Fria gerou fusões e aquisições de empresas, deixando uma base industrial que tem influenciado a dinâmica das indústrias. Muitos fatores estão em jogo para estabelecer o “design” dominante incluindo tecnologia, infra-estrutura, a expectativa dos clientes, etc. A inovação começa a mudar de produtos para tecnologias de processo, ou seja, da concepção e inovação para o desenvolvimento e manufatura.

Segundo Ferreira *et al.* (2011), o processo de gestão tecnológica aborda identificação, seleção, aquisição, exploração e proteção, enquanto que o processo de gestão do negócio aborda estratégia, inovação e operação. O desenvolvimento de novos produtos deve também estar vinculado ao conceito de inovação, para obtenção de vantagens comparativas. O Quadro 1 sintetiza a visão dos autores sobre o assunto, com exemplos da indústria aeronáutica.

Quadro 1: Vantagens estratégicas através da inovação. Fonte: Ferreira *et al.* (2011), adaptado de Tidd, Bessant e Pavitt (2001),

Mecanismo	Vantagem Estratégica
Inovação em produto ou serviço	Oferecer algo que ninguém mais pode oferecer num dado horizonte temporal. Exemplo: produtos inéditos.
Inovação em processo	Oferecer produtos de uma forma que não possam ser rapidamente imitados, barateados e personalizados. Exemplo: <i>fly by wire</i> , materiais compostos.
Complexidade	Oferecer produtos que outras empresas tenham dificuldades para dominar. Exemplo: fabricantes de motor de avião, pois somente poucas empresas dominam essa tecnologia e processo.
Proteção jurídica da propriedade intelectual	Oferecer produtos cujo acesso dependa de pagamento de licenças ou taxas.
Projeto robusto	Oferecer algum produto cuja plataforma possa sofrer variações e cujas novas variações possam ser construídas. Exemplo: Boeing 737, cujo projeto, existente há mais de 30 anos, é constantemente reconfigurado para diferentes usuários.

Para Rajpal *et al.* (2006), complexos sistemas reparáveis apresentam cenários em que as atividades de operação e manutenção, e várias entidades (pessoas, máquinas e ambientes), interagem de forma complexa. Mudanças dinâmicas ocorrem, geralmente, nas próprias entidades. O comportamento de tais sistemas pode ser estudado em termos de confiabilidade, disponibilidade e manutenção (RAM: reliability, availability and maintainability). Fatores que afetam a memória RAM de um sistema reparável incluem máquinas, condições de operação, condições de manutenção e infra-estrutura.

No ambiente aeronáutico, em que o fator segurança é fundamental, tanto na fabricação quanto na operação e manutenção de uma aeronave, a qualidade está fundamentalmente associada ao conceito de confiabilidade. A confiabilidade inerente a um item não é o tempo que ele irá sobreviver sem falhas, mas sim o grau de confiabilidade que o item apresentará quando protegido por manutenção preventiva, assistência técnica e lubrificação adequados (KINNISON, 2004).

A expectativa do cliente é de que seu produto não apresente defeitos, ou que seja substituído antes que tal fato ocorra; pois prioritariamente às ponderações sobre custos, há a clara percepção de que, em se tratando de falhas materiais ou humanas, a vida humana seria o maior prejuízo.

2.2. A MANUTENÇÃO AERONÁUTICA

No âmbito da atividade aeronáutica, a manutenção pode ser definida como o “processo de assegurar que um sistema execute continuamente a função pretendida nos níveis de confiabilidade e segurança projetados” (KINNISON, 2004), através da inspeção, revisão geral, reparo, substituição de componentes e peças, testes funcionais e preservação.

Segundo Higgins (1990), a manutenção é uma ciência e de sua execução depende, mais cedo ou mais tarde, a maioria ou a totalidade das ciências. É também uma arte porque problemas aparentemente idênticos regularmente exigem e recebem diferentes abordagens. É, acima de tudo uma filosofia, porque pode ser aplicada de forma intensiva ou não, e depende de uma ampla gama de variáveis que frequentemente transcendem a solução mais imediata e óbvia.

A manutenção envolve ações necessárias para manter ou restaurar a integridade e o desempenho da aeronave (HESSBURG, 2000). O planejamento adequado reduz os eventos de manutenção não programada e permite uma progressão ordenada das ações de manutenção para que o produto aeronáutico retorne às condições operacionais e de segurança (C. GUARD, 2011).

Para Kinnison (2004), os programas de manutenção utilizados atualmente na aviação comercial foram desenvolvidos pela indústria através de duas técnicas básicas: a abordagem orientada a processos e a abordagem orientada a tarefas. Há duas diferenças entre estes dois métodos: a atitude para com ações de manutenção; e as condições em que as ações de manutenção são determinadas e atribuídas aos componentes e sistemas.

A abordagem orientada a processos utiliza três métodos distintos para realizar as ações de manutenção programada: *Hard Time* (HT), *On Condition* (OC) , e *Condition Monitoring* (CM). Por outro lado, a manutenção orientada a tarefas utiliza atividades pré-determinadas de manutenção com a finalidade de evitar falhas durante a operação da aeronave (KINNISON, 2004).

Os métodos *Hard Time*, *On Condition* e *Condition Monitoring* poderiam ser interpretados como: “periodicidade rígida”, “sob condição”, e “monitoramento do estado”, respectivamente. Porém, esses termos, em português, assim como outros termos apresentados neste trabalho, não são utilizados na atividade de manutenção aeronáutica corrente. Tanto nos procedimentos de manutenção, quanto nas rotinas de trabalho, permanecem os termos em inglês como padrão internacional que, na atividade, são de compreensão geral. Por essa razão, não foram traduzidos neste trabalho.

2.2.1. Processo de manutenção *Hard Time* (HT)

Hard Time é um processo de prevenção de falhas, que requer que o item seja removido e totalmente revisado, recondicionado ou descartado (sucateado), o que for mais apropriado, antes de exceder o intervalo especificado (KINNISON, 2004). O intervalo de tempo especificado pode ser definido por tempo calendárico, por horas de voo, por intervalo de inspeção da aeronave ou do motor, por ciclos (de pousos e decolagens), por voos específicos (sobre a água, sobre o deserto, etc) ou em conjunto com outro processo (OC, por exemplo).

A revisão de um componente, assim como o recondicionamento, visa restaurar o mesmo a uma condição de funcionamento satisfatório, com razoável segurança, até a próxima remoção programada.

De forma geral, o processo de manutenção do tipo HT é aplicado a componentes que falham após um determinado número de horas de voo, ou seja, o componente é substituído no último período de manutenção programada antes de acumular esse número de horas de voo, de forma que o componente nunca falhe em operação (idealmente).

A manutenção do tipo HT é também aplicável aos itens que afetam diretamente a segurança de voo. Neste caso, esses componentes não são elegíveis para manutenção do tipo *On condition* (OC), ou seja, baseado na sua condição funcional, em função de parâmetros de segurança. Pela mesma razão, também não são submetidos a manutenção OC itens sujeitos à degradação da confiabilidade ao longo do tempo, mas não existindo nenhuma verificação de manutenção possível para essa condição, que possa contribuir para a estimativa do tempo residual de funcionamento (por ex. produtos fabricados a base de borracha).

Como exemplos de manutenção do tipo HT, podem ser citados: inspeções estruturais, revisão geral de trens de pouso de aviões, revisão geral de caixas de transmissão ou da cabeça do rotor principal de helicópteros, peças com limite de vida (TLV ou LTL – *Life Time Limit*) do motor.

2.2.2. Processo de manutenção *On Condition* (OC)

On condition é um processo de prevenção de falhas, que requer que o componente seja periodicamente inspecionado ou testado, baseando-se em padrões pré-definidos (desgaste ou limites de deterioração), para que possa ser definida seu tempo de vida residual. Se o componente apresentar anomalias ou falhar durante a inspeção ou teste, o mesmo deverá ser revisado ou recondicionado, de forma que, pelo menos, a peça que apresentou falha seja

substituída, e que o serviço de manutenção efetuado (revisão ou recondicionamento) possa assegurar, ao componente, uma condição de funcionamento satisfatória e com segurança, até a próxima inspeção programada (KINISSON, 2004).

Dessa forma, a aplicação do processo de manutenção OC se limita a componentes, equipamentos ou sistemas, para os quais a aeronavegabilidade continuada possa ser assegurada através de medições, testes ou outros meios, sem que sejam necessárias inspeções ou testes destrutivos (por ex. teste de fadiga). Essas inspeções OC são executadas dentro dos intervalos (de tempo, horas de voo ou ciclos), definidos para cada inspeção, e são processos com critérios de deterioração quantitativos, incluindo limites de tolerância e de desgaste especificados para cada componente, sub-conjunto ou peça, no manual de manutenção. Os dados coletados podem contribuir também para a previsão de falhas eminentes (KINISSON, 2004).

Como exemplos de manutenção OC podem ser citados: pinos de fixação das pás do rotor principal de helicópteros, nos quais o nível de desgaste pode ser medido periodicamente; rolamentos não vedados (que aceitam engraxamento periódico), pás de helicópteros (desgaste dos bordos de ataque), polias, barras de controle, etc

2.2.3. Processo de manutenção *Condition Monitoring* (CM)

O processo de manutenção *Condition Monitoring* é aplicado quando nem os métodos *Hard Time* e *On Condition* podem ser aplicados. O processo CM envolve o monitoramento do índice de falhas, índice de remoções, etc, de um componente individual ou sistemas que não possuem um Tempo Limite de Vida (TLV) definido ou índice de desgaste conhecido.

O método CM não é um processo de prevenção de falhas, como o HT e o OC; os itens submetidos à manutenção CM não possuem atributos para que atividades de manutenção possam auxiliar na avaliação da expectativa de vida do mesmo, nem para que sejam estabelecidos intervalos e critérios para sua substituição, antes de apresentar falhas. Portanto, os itens CM são mantidos em operação até falharem, a substituição de itens CM é uma manutenção não programada (KINISSON, 2004).

Itens submetidos à manutenção do tipo CM são, normalmente, aqueles cuja confiabilidade não está relacionada à idade, ou seja, não possuem expectativa de vida previsível, pois apresentam um padrão aleatório de falhas. Por esse motivo, esses itens devem ser incluídos no programa de monitoramento ou programa de confiabilidade, para

que a natureza da falha possa ser melhor compreendida. A definição de itens CM requer a seguinte análise (KINISSON, 2004):

- a segurança de voo da aeronave não será diretamente afetada quando ocorrer a falha de um item CM;
- o item CM não deve possuir nenhuma função oculta (mau funcionamento que não é evidente para a tripulação), cuja falha possa ter efeito adverso sobre a segurança.

A aplicação mais apropriada para o processo CM abrange sistemas complexos, como os equipamentos aviônicos e componentes eletrônicos, assim como todos os outros componentes que apresentam padrão aleatório de falhas.

As periodicidades e critérios para a realização das manutenções *Hard Time*, *On Condition* e *Condition Monitoring* são definidas pelo fabricante, normalmente através do Programa Recomendado de Manutenção. Este manual abrange, pelo menos:

- as periodicidades das grandes inspeções estruturais, o Tempo entre Revisões (TBO - *Time Between Overhaul*) de componentes e o Tempo Limite de Vida de peças e sub-conjuntos; para a manutenção HT;
- as periodicidades e respectivos Cartões de Trabalho (CT) do Manual de Manutenção; para a manutenção OC;
- as limitações de aeronavegabilidade da aeronave.

Neste contexto situam-se os seguintes conceitos:

- Aplicáveis a itens reparáveis: Tempo Médio entre Falhas (MTBF - *Mean Time Between Failures*) e Tempo Médio entre Remoções (MTBR - *Meam Time Between Removals*) ou, segundo alguns autores Tempo Médio entre Remoções Não-Programadas (MTBUR – *Meam Time Between Unscheduled Removals*). O MTBF e o MTBR (ou MTBUR) são parâmetros utilizados para definição do índice de confiabilidade de um componente ou peça aeronáuticos; calculados em base estatística de dados, ou estimados em função de testes funcionais prévios.
- Aplicável a itens não reparáveis: Tempo Médio para Remoção (MTTR – *Mean Time to Removal*). Normalmente este parâmetro é definido na fase de projeto do item, em função de testes funcionais (teste de fadiga, por exemplo). Ao longo de seu ciclo de vida, o item é “acompanhado em utilização”; o resultado da análise de seu funcionamento é utilizado como base para fazer evoluir o MTTR, para mais ou para menos. Isso pode ser mais facilmente ilustrado quando a aeronave opera em condições adversas, principalmente climáticas.

2.3. REGULAMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO AERONÁUTICA

Na atividade de manutenção aeronáutica, a certificação do centro de manutenção é um requisito da Agência Reguladora de seu país de origem. Dessa forma, a prestação de serviços em aeronaves que operam em outras nações requer que o centro de manutenção possua registro e certificação nos países nos quais essas aeronaves estão registradas. O Quadro 2 apresenta algumas agências internacionais, para a aviação civil.

A atividade de manutenção aeronáutica de aeronaves civis, no Brasil, é regida pelo conjunto de normas previstas no Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica (RBHA) e no Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC), emitidos pela ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil.

Quadro 2: Exemplos de Agencias Reguladores Internacionais para a Aviação Civil

Pais	Sigla da Agencia Reguladora	Descrição
Brasil	ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
EUA	FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
Europa	JAA	<i>Joint Airworthiness Authority</i>
Argentina	DNA	<i>Directión Nacional de Aeronavegabilidad</i>
Uruguai	DGAC	<i>Directión Nacional de Aviación Civil</i>

Para Kinnison (2004), definir requisitos de aeronavegabilidade significa estabelecer padrões para um voo seguro, numa aeronave equipada e mantida em condições de voar.

O RBHA é o conjunto de normas que estabelece os requisitos para emissão dos Certificados de Homologação de Empresa – CHE, e define as condições gerais de funcionamento, para as empresas de manutenção de aeronaves, células, motores, rotores, hélices, equipamentos e suas partes; através de padrões, classes, tipos de serviço e limitações para a emissão de cada CHE. A Manutenção é subdividida em categorias, como: manutenção preventiva, aplicação de modificações técnicas, realização de reparos ou inspeções. Os CHEs são emitidos para um (ou mais) modelo(s) específico(s) de aeronave e seus componentes, como também para serviços específicos de manutenção.

As modificações técnicas compreendem todo tipo de alteração no projeto original da aeronave, quer seja definida pelo fabricante ou requisitada pelo cliente (MORONI, 2003).

O RBHA foi concebido com base no regulamento Norte Americano – FAR (*Federal Aviation Regulation*). (MORONI, 2003).

Os principais RBHAs que envolvem a atividade de manutenção da frota civil brasileira, objeto dessa pesquisa, são o RBHA 043 e o RBHA 145, que estabelecem as regras para a execução da manutenção e os requisitos necessários às empresas de manutenção de aeronaves, respectivamente.

Essas regras e requisitos estão descritos no Apêndice 1 e abrangem os seguintes assuntos:

- Requisitos de Aeronavegabilidade;
- Limitações de Aeronavegabilidade;
- Diretrizes de Aeronavegabilidade (DA);
- Programas de Manutenção, Manutenção Preventiva, Modificações e Reparos;
- Requisitos do Manual de Manutenção;
- Regras Gerais de Execução da Manutenção;
- Registros de inspeção;
- Registros de manutenção;
- Recuperação de Registros de Manutenção;
- Período de Conservação de Registros de Manutenção
- Aprovação para retorno ao serviço (*Maintenance Release*);
- Acompanhamento e análise continuada.

Os requisitos do RBHA 145, objetos de auditoria periódicas em empresas detentoras do CHE e na visão de Machado *et al.* (2009), estão listados e classificados no Quadro 3.

Quadro 3: Classificação dos Requisitos do RBHA 145. Fonte: Machado *et al.* (2009)

Requisitos	Organização	Capacitação de Recursos Humanos
Padrões, classes e limitações		
Limitações de homologação		
Requisitos de instalações e facilidades		
Requisitos para pessoal		X
Requisitos especiais para pessoal		X
Registros de pessoal de supervisão de inspeção		X
Sistemas de inspeção		
Aeronavegabilidade continuada		
Equipamentos e materiais		
Equipamentos e materiais, requisitos especiais		
Prerrogativas do Certificado de Homologação de Empresa		
Limitações do Certificado de Homologação de Empresa		
Manutenção de instalações, equipamentos, materiais e pessoal		X
Padrões de desempenho		
Inspeção do trabalho realizado		
Relatórios e registros de trabalhos	X	
Relatório de defeito ou de condição não-aeronavegável	X	
Relatórios periódicos.	X	

No contexto internacional, os requisitos necessários às empresas de manutenção aeronáutica norte-americanas e europeias, por exemplo, são definidos no FAR 145 e no JAR 145, respectivamente.

2.4 . A RASTREABILIDADE DE COMPONENTES E PEÇAS AERONÁUTICAS

A definição de rastreabilidade, que provavelmente seja a mais apropriada neste trabalho, remonta algumas décadas: “rastreabilidade é a habilidade de traçar o caminho da história, aplicação, uso e localização de uma mercadoria individual ou de um conjunto de características das mercadorias, por meio da impressão de números de identificação” (DYER, 1966).

O requisito de rastreabilidade é definido por Gotel e Finkelstein (1994) como “a habilidade de descrever e acompanhar a vida de um determinado requisito, ambos para adiante ou para trás, isto é, desde sua origem, passando pelo seu desenvolvimento e especificação, para sua subsequente distribuição e utilização, e através de períodos de refinamento e interação em qualquer dessas fases”.

Para Ramesh (2001), requisitos de rastreabilidade tem sido identificados na literatura como um fator de qualidade, uma característica que um sistema deve possuir e inclui requisitos não funcionais. Muitos padrões de desenvolvimento de sistemas para o governo americano (por exemplo, MIL-STD-498) requerem o desenvolvimento de documentos de requisitos de rastreabilidade.

Edwards e Howell (1991) definem rastreabilidade como “a técnica utilizada para fornecer a relação entre os requisitos, o design e a implementação final do sistema”.

Documentos de sistemas de qualidade, como a ISO 9000, enfatizam o conhecimento da incerteza de medições que podem afetar a qualidade e na rastreabilidade de medições em padrões internacionais (CUNNINGHAM, 1994).

Segundo Kelepouris *et al.* (2006), o monitoramento (*tracking*) é um “método de determinação da localização em curso e do estado permanente de itens durante seu caminho através da cadeia de fornecimento”. O autor também define o rastreamento (*tracing*) como o método de gravação e/ou de obtenção do acesso às informações relativas à composição de um objeto a partir de matérias-primas e sub-componentes, como também às relativas aos processos que o objeto foi submetido durante sua vida. Informações de rastreamento permitem transmitir a rastreabilidade (“*traceability*”) do componente, tanto “para frente” como “para trás”. A rastreabilidade “para frente” refere-se à exploração das relações de utilizações entre objetos e operações. De forma similar, o rastreamento “para trás” permite que informações de identificação das matérias-primas e sub-componentes utilizados para a fabricação e/ou manutenção de um determinado produto, bem como as operações a que foi

submetido, sejam exploradas. A combinação desses dois tipos de rastreabilidade permite a identificação eficaz da causa de um problema e da gestão eficiente do produto e/ou serviço”.

No contexto dessa pesquisa, utilizou-se rastreabilidade como sendo a capacidade de obtenção de informações relativas às etapas do processo de manutenção do componente aeronáutico e aos ferramentais utilizados no processo; bem como informações relativas à vida útil dos ferramentais (dados de fabricação, inspeção, controles efetuados e aferições).

A palavra rastreamento foi utilizada, neste trabalho, para se referir à monitorização da informação de localização do item (neste caso, um ferramental) na empresa ou fora dela (missão externa), bem como o estado do mesmo a qualquer momento. Entende-se como estado do ferramental sua situação em relação à disponibilidade para utilização imediata, ou seja, se está aprovado ou se está alocado (ou reservado) numa determinada Ordem de Serviço, quer seja de manutenção, de montagem, de inspeção ou de missão externa (assistência técnica).

Enquanto um dos grandes enfoques da aplicação da tecnologia de captura automática e controle de dados no varejo, por exemplo, é a velocidade da informação em lotes de produção massificada; no ambiente aeronáutico, os fatores preponderantes para a aplicação dessa tecnologia são a rastreabilidade, a agilidade e a qualidade da informação requerida. No contexto aeronáutico, a rastreabilidade é um requisito fundamental na operação de aeronaves e pode ser entendida como a capacidade de acompanhar um produto, desde a sua fabricação (detecção da origem) e de “seguir seu rastro” em todo o seu ciclo de vida; ou seja, a de acompanhar a vida útil do produto durante todo o ciclo de utilização.

Enquanto na cadeia logística de alimentos ou no varejo, por exemplo, a vida útil do produto é de algumas semanas ou meses, no ambiente aeronáutico, a vida útil de aeronaves e componentes é de anos ou décadas. Em aeronaves, a vida útil é medida em horas de voo e corresponde teoricamente, para fins de cálculo dos custos operacionais e de manutenção, a 20.000 horas. Pode-se traduzir este parâmetro em anos considerando-se, por exemplo, um helicóptero operando a uma cadência média anual de 600 horas (segmento de táxi-aéreo no Brasil); em condições normais o mesmo poderá atingir um ciclo de vida superior a 30 anos. Já um helicóptero operando em plataformas de petróleo (*Off-shore*), por exemplo, cuja cadência média anual é o dobro, teria vida útil teórica de 15 anos.

Em todo o ciclo de vida das aeronaves e de suas partes, fornecedores e integradores (fabricantes, empresas montadoras), esses últimos compartilhando a responsabilidade civil com os operadores, assim como as oficinas de manutenção, controlam a vida dos componentes e peças definidos como “acompanhados em utilização” por décadas.

Os componentes e peças classificadas como “acompanhados em utilização” são definidos pelo fabricante da aeronave, que detém, no país de origem, o equivalente ao Certificado de Homologação de Tipo (CHT) brasileiro, emitido na homologação do projeto da aeronave pelo órgão oficial responsável (CTA – Centro Técnico Aeroespacial, no Brasil). Normalmente correspondem aos componentes e peças que afetam diretamente a segurança de vôo e que, por essa razão, são designados como “vitais” na operação da aeronave. A empresa detentora do CHT tem, em conjunto com a empresa que a produziu em linha de montagem, a responsabilidade civil pela referida aeronave.

A definição do lote de componentes e peças considerados rastreáveis é mais abrangente e obedece a critérios técnicos e econômicos. No lote rastreável por critérios técnicos estão incluídos os componentes e peças vitais, os itens que são submetidos à manutenção do tipo *Hard Time* (incluindo os que possuem tempo entre revisões - TBO ou tempo limite de vida – TLV pré-definidos), os que são submetidos à manutenção do tipo *On Condition* e os que são monitorados durante sua vida útil. No lote rastreável por critérios econômicos estão incluídos os itens de alto custo (classificação conforme a curva ABC da empresa) e os de difícil reposição. Itens de difícil reposição são, geralmente, os importados ou os que possuem ciclo de fabricação longo (por ex. engrenagens de caixas de transmissão). Em alguns casos, peças que não são de alto custo, porém possuem alta rotatividade, também são rastreadas.

A rastreabilidade de componentes e peças aeronáuticas é efetuada, no Brasil, com base nos requisitos técnicos e legais da norma RBHA145, que possui similaridade com as normas FAR145 (USA) e JAR145 (Europa).

No Quadro 4 está apresentada a correlação entre a norma ISO e a Regulamentação Aeronáutica em vigor.

Quadro 4 – Correlação entre a norma ISO e a regulamentação aeronáutica brasileira.

Requisitos do Sistema da Qualidade <i>Quality Systems Requirements</i>	ISO 9001:2000	RBQA 2110	RBHA 21 RBHA 39 RBHA 45	RBHA 43 RBHA 145
Comunicação com o cliente <i>Customer Communication</i>	7.2.3	7.2.3	21.50 21.99 21.303	---
Projeto e Desenvolvimento <i>Design and Development</i>	7.3	7.3	---	---
Aquisição <i>Purchasing</i>	7.4	7.4	21.303 21.607 21.143 b 21.143 a (2)	---
Controle da Produção e Fornecimento de Serviço <i>Control of Production and Service Provision</i>	7.5.1	7.5.1	21.143 a (3) 21.303 h (5) 21.605 a (3) 21.607 21.151 21.601 21.16	145.45
Validação de Processos para Produção e Fornecimento de Serviços <i>Validation of Process for Production and Service Provision</i>	7.5.2	7.5.2	---	---
Identificação e Rastreabilidade <i>Identification and Traceability</i>	7.5.3	7.5.3	45.11 e demais 21.607	145.45c IAC 3149
Propriedade do Cliente <i>Customer Property</i>	7.5.4	7.5.4	---	---
Preservação do Produto <i>Preservation of Product</i>	7.5.5	7.5.5	21.303 h (3) 43.5	145.45
Controle de Dispositivos de Medição e Monitoramento <i>Control of Monitoring and Measuring Devices</i>	7.6	7.6	---	145.47 145.49

Segundo Kelepouris *et al.* (2006), estudos de caso conduzidos nas empresas aeronáuticas Messier-Dowty, Airbus e Embraer revelaram os seguintes fatores que afetam a rastreabilidade da informação na cadeia produtiva:

- a) **Messier-Dowty**: fatores que afetam a natureza da rastreabilidade da informação e a capacidade da empresa em gravá-la e recuperá-la:
- precisão no processo de identificação: o método de identificação afeta a precisão das informações. Números ilegíveis podem reduzir significativamente a precisão das informações de identificação. É uma exigência da Indústria Aeroespacial que as informações sejam legíveis a olhos humanos; identificação eletrônica pode ser utilizada apenas para identificação secundária;
 - processo manual de gravação de dados: o processo manual de entrada de dados (manuscritas ou digitadas em um sistema) do mesmo modo afeta a precisão e a eficiência da captura de informações, reduzindo assim o rigor da informação em geral. Além disso, ambos os fatores acima, além do rigor da informação, afetam a eficiência operacional das informações de captura;
 - integração da Informação: a falta de conectividade entre os resultados da empresa em sistemas de duplicação de entrada de dados e a ineficiência ao gerar relatórios de rastreabilidade.
- b) **Airbus**: foram identificados os seguintes fatores que afetam a eficácia da rastreabilidade, ou seja, que afetam a capacidade da empresa para acompanhar o material em toda a sua cadeia de suprimentos:
- atrasos de processamento de produto: verificam-se atrasos significativos até que um produto seja reservado no SAP, o que causa inconsistências entre o estado real do produto e aquele que aparece no sistema. Isto limita a capacidade de monitoramento do sistema;
 - pontos de controle: a quantidade de pontos de controle ao longo da cadeia de suprimentos, em que a localização de um item é gravada, afeta diretamente a eficácia da aplicação de rastreamento. No caso da Airbus, a visibilidade foi perdida em alguns pontos, porque a localização de produtos em curso não foi registrada devido à falta de infra-estrutura ou devido aos custos operacionais envolvidos;
 - informações processadas manualmente: informações que sejam inseridas manualmente no SAP, ou manuscritas, contribuem para a redução do nível de

precisão da informação. Além disso, afeta a pontualidade da informação. Ambos têm um impacto direto sobre a eficiência de planejamento da produção.

- c) **Embraer:** fatores que afetam a eficácia de monitoramento no processo de logística:
- atrasos no processamento do produto: produtos ficam em espera por um longo período de tempo nas áreas de recebimento, sem processamento e reserva em um sistema de informação e, portanto, eles parecem estar em um estágio anterior da cadeia de abastecimento ou eles não são visíveis a todos os parceiros de estágios posteriores da cadeia;
 - transporte fragmentado: A falta de informações sobre envio fragmentado resulta em uma grande confusão quando uma ordem precisa ser rastreada. A fragmentação ocorre quando os pacotes de uma fatura comum são separados no embarque, e são recebidos em containers separados, até mesmo em diferentes datas. Esse problema está relacionado com a gestão eficaz de consolidação de carga para embalagens agregadas e suas respectivas informações.

2.4.1. Sistemas de Identificação e Rastreabilidade de Partes

A ANAC, através de seus regulamentos, estabelece que a empresa deve possuir um sistema de identificação e rastreabilidade de partes de forma que cada parte esteja identificada com uma etiqueta da empresa atestando a sua condição de uso a todo momento, desde a chegada à empresa até a instalação na aeronave ou conjunto maior, ou, desde a remoção da peça da aeronave ou conjunto maior até o almoxarifado. O sistema adotado deve prover meios para distinguir visualmente as partes que estão aprovadas para utilização, aquelas que são reparáveis (reprovadas porém com possibilidade de reparo) e aquelas condenadas (reprovadas e não reparáveis) (BRASIL. IAC 3139, 2000).

Segundo a IAC 3132.145-079 (1993), todos os componentes recebidos para manutenção, reparos e/ou modificações na empresa reparadora, deverão ter suas peças segregadas e colocadas em receptáculos adequados para assegurar que todas as partes dos mesmos componentes serão mantidas juntas. Etiquetas coloridas podem ser utilizadas como parte do sistema de identificação e rastreabilidade de partes. Peças rejeitadas deverão ser sempre identificadas com etiquetas vermelhas e seu destino final será de responsabilidade do setor de Garantia da Qualidade. O quadro 5 ilustra o sistema de etiquetagem recomendado

pela ANAC, em diferentes cores, e o sistema adotado pela empresa objeto dessa pesquisa (BRASIL. IAC 3132, 1993)

Todas as etiquetas devem conter as informações do fabricante, modelo, número de parte, número de série, nomenclatura e proprietário. Etiquetas que identificam componentes ou peças aprovadas para retorno ao serviço permanecem presas aos mesmos ao serem devolvidos ao cliente. As demais etiquetas fazem parte do arquivo da Ordem de Serviço.

Quadro 5 – Sistema de etiquetagem recomendado pela ANAC e o adotado pela empresa

Função da etiqueta	Cor da etiqueta	
	Sugerida pela ANAC (IAC 3132 145-0793)	Utilizada pela empresa
Usada apenas para identificar a unidade e seu proprietário.	Branca	Branca
Colocada em unidades completas que tenham recebido inspeção final e aprovadas para retorno ao serviço. A liberação da manutenção é impressa ou carimbada no verso da etiqueta.	Amarela	Branca
Colocada em unidades ou partes requerendo reparos ou testes e deve informar o trabalho a ser executado.	Verde	Amarela
Colocada em partes rejeitadas, aguardando destino final. Quando forem em número muito grande, podem ser colocadas em receptá- los especiais marcados “peças rejeitadas”.	Vermelha	Vermelha

2.4.2. Controle de Ferramentais e Requisitos de Calibração

A legislação brasileira requer que “ferramentais de precisão, instrumentos de medida, balanças, medidores de pressão, voltímetros, equipamentos eletrônicos, raio X, equipamentos de *Eddy-Current* e de testes ultrasônicos estão sujeitos a testes periódicos e calibração de acordo com procedimentos apropriados da empresa. Todo o pessoal da empresa, antes de utilizar equipamentos de teste, é responsável pela verificação de que o mesmo possui uma etiqueta com a data da última calibração e/ ou Teste realizado. Qualquer peça de equipamento de teste encontrada sem etiqueta de calibração atualizada deve ser

encaminhada para o departamento da inspeção para ser recalibrada” (BRASIL. IAC 3132, 1993).

Com relação aos equipamentos de teste, os requisitos estabelecidos pela ANAC são: “devem ser calibrados a intervalos periódicos estabelecidos com base na estabilidade, propósitos e grau de utilização. A frequência de calibração pode variar de uma unidade para outra mas, em nenhum caso, pode ultrapassar um intervalo de 12 meses consecutivos. A etiqueta deve identificar a unidade pelo fabricante, modelo e número de série e deve conter a data da última calibração feita e a data da próxima calibração. Em nenhuma circunstância é permitido que uma pessoa execute serviços em uma aeronave ou componente usando equipamento de teste com calibração vencida. As etiquetas de controle dos equipamentos de teste devem ser verificadas periodicamente por amostragem aleatória para assegurar que os equipamentos em uso estão calibrados. Sempre que uma peça de equipamento de teste ultrapassar inadvertidamente sua data de calibração, ela deverá ser imediatamente retirada de serviço até que nova calibração seja efetuada. Os padrões usados para calibração devem estar disponíveis no INMETRO ou em documentação aprovada, nacional ou estrangeira, existente na empresa” (BRASIL. IAC 3132, 1993).

2.5. A TECNOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE DADOS

A tecnologia de identificação e captura automática de dados (AIDC) possibilita, além de aumentar a velocidade do fluxo de informações, melhorar a rastreabilidade dessas informações, contribuindo para o aumento da eficiência e da segurança do sistema e para a redução de custos.

Para Rozhdestvenskiy (2010), a rastreabilidade de componentes e peças é indispensável nos processos produtivos de empresas aeronáuticas. Existem muitas abordagens para sistemas de marcação de peças. No contexto da identificação de peças para captura automática de dados, componentes, peças, ferramentais ou outros itens podem ser identificados através de etiquetas de códigos de Barra afixadas aos mesmos, ou através de marcação direta do tipo DPM (*Direct Parts Marking*) no item, ou ainda através de etiquetas (*tags*) de RFID (*Rádio frequency Identification*).

A identificação por RFID é o “estado da arte” do momento. No entanto, em alguns segmentos específicos da indústria, o RFID possui aplicação limitada. Partes do motor de um avião, por exemplo, não podem receber etiquetas de RFID, considerando-se as condições

severas de utilização (altas temperaturas e restrições mecânicas), como também devido ao material metálico utilizado na fabricação de motores, que atua como uma barreira às ondas eletromagnéticas que as etiquetas (tags) de RFID usam para se comunicar com o leitor (ROZHDESTVENSKIY, 2010).

Segundo Pátkai *et al.* (2007), a integração de tecnologias de identificação com sensores é geralmente considerado como tendo grande potencial na indústria aeroespacial, em função de requisitos, normalmente mais rigorosos quando comparados à indústrias de outros segmentos. Alguns dos requisitos mais evidentes são:

a) Requisitos gerais:

- risco elevado e questões de segurança;
- ambiente altamente regulamentado;
- certificação demorada e de custo elevado;
- importância da padronização;
- custos normalmente altos;
- interdependência de processos é crítica.

b) Requisitos relacionados à Logística:

- segurança de ativos de alto valor (monitoramento de condições e de detecção de falsificação);
- monitoramento no ambiente (sem comunicação sem fio a bordo);
- processo crítico da logística reversa de peças e sua programação;
- maior volume de documentação envolvida.

c) Requisitos relacionados às aeronaves

- vida útil do produto aeronáutico muito superior a outros tipos de produtos (décadas ao invés de anos, muitas vezes 20-50 anos, no caso de peças de aeronaves);
- complexidade do produto tipicamente elevada;
- em contraste com outras indústrias, o serviço pós-venda (manutenção, reparo, revisão, troca de peças) é pelo menos tão importante quanto a cadeia de suprimentos;
- condições ambientais extremas;
- a manutenção das aeronaves precisa ser programada e minimizada, a manutenção não programada deve ser evitada, quando possível;

- novas tecnologias precisam ser certificadas por “prova paralela”, ou seja, através de decisões contínuas de “duplo controle”, antes que a tecnologia seja aceita.

Para Karkkainen e Holmstrom (2002), as aplicações mais eficientes para a gestão de uma cadeia de suprimentos podem ser construídas com identificação do produto sem fio .

Tecnologias de identificação automática, como Identificação por Rádio-frequência (RFID) e de Códigos de Barras são utilizados por aplicativos empresariais, como ERP - *Enterprise Resource Planning*, SCM – *Supply Chain Management*, WMS – *Warehouse Management System* ou ainda MES – *Manufacturing Execution System*, para melhorar a produtividade e reduzir o custo de operação. Dispositivos de identificação, incluindo leitores RFID, impressoras RFID, scanners de código de barras, e outros dispositivos controláveis, tais como Controlador Lógico Programável (PLC) são instalados em cada local de operação, tais como linha de montagem, estação de embalagem, ponto de carga (porto, por exemplo), ou porta da doca. Estes dispositivos são usados para preparar os dados de identificação (por exemplo, gravar dados nas etiquetas RFID, imprimir etiqueta de código de barras) e capturar dados de identificação (por exemplo, ler dados de uma etiqueta RFID ou escanear um número de código de barras numa etiqueta de código de barras) (SU, X. *et al.*, 2007).

2.5.1. A TECNOLOGIA DE CÓDIGO DE BARRAS

Segundo Albareda *et al.* (2007), o código de barras (linear) é uma representação gráfica de um determinado valor ou de uma sequência de dados que podem ser numéricos ou alfanuméricos, dependendo do código de barras empregado. Essa representação é feita através de uma sequência de barras e espaços que seguem uma lógica determinada.

A decodificação dos dados é feita por um aparelho leitor (*scanner*) que, através da emissão de um raio de luz (laser) (ALBAREDA *et al.*, 2007) e, baseado na reflexão que a luz do laser sofre nas barras em preto e branco, diferentemente (VILADOMAT, 2011), converte a representação gráfica em *bits* (seqüências de 0 ou 1) compreendidos pelo computador, que por sua vez os converte em letras ou números legíveis para o olho humano (ALBAREDA *et al.*, 2007).

Segundo GS1 Brasil (2011), os códigos de barras lineares e bidimensionais são utilizados para representar uma numeração (identificação) atribuída a produtos, unidades logísticas, localizações, ativos fixos e retornáveis, documentos, contêineres, cargas e

serviços, facilitando a captura de dados através de leitores (*scanners*) e coletores de código de barras, propiciando a automação de processos trazendo eficiência, maior controle e confiabilidade para a empresa.

Segundo Albareda *et al.* (2007), embora o primeiro código de barras tenha sido patenteado em 1949 por Bernard Silver, à época estudante de graduação do Philadelphia's Drexel Institute of Technology e seu amigo Norman Joseph Woodland, estudante e professor na Drexel; foi somente na década de 70 que a empresa IBM desenvolveu a mais popular e importante versão dessa tecnologia: o UPC - *Universal Product Code* . O código de barras foi utilizado pela primeira vez em 1974, por um cliente que fez a primeira compra de um produto com código de barras, no supermercado Marsh's, em Troy, no Estado de Ohio (USA).

2.5.1.1. Benefícios e limitações do código de barras

O código de barras, inicialmente utilizado em processos de automação comercial, trouxe vários benefícios, entre as quais se destacam (ALBAREDA *et al.*, 2007):

- maior rapidez e segurança na coleta de dados;
- economia de tempo entre a entrada de dados, processamento e disponibilização da informação;
- redução de custos em relação à coleta manual de dados;
- redução de erros;
- aumento das vendas devido aos melhores serviços oferecidos aos clientes (mais difícil de mensurar);
- dispensa o processo de várias etiquetas com o preço de cada produto.

No entanto, segundo Viladomat (2011), o código de barras apresenta também algumas limitações:

- linha de visão: o código de barras deve ser visível para o leitor identificar o produto;
- quando impresso em etiqueta, colada à superfície do produto, o código de barras pode ser mais facilmente danificado, pois não poderá ser lido se a mesma estiver quebrada ou danificada.

Além disso, o código de barras possui capacidade limitada de inserção de dados.

Albareda *et al.* (2007) aponta alguns cuidados que devem ser tomados na aplicação dessa tecnologia:

- considerando que o processo de leitura de um código de barras consiste na varredura de um ponto de luz (laser) sobre o código de barras, se esse código estiver impresso incorretamente a leitura pode ser dificultada ou até inviabilizada. Os erros de impressão mais comuns são: códigos borrados (causado pelo excesso de tinta, por exemplo) e código com falhas;
- outros problemas que não são causados pela impressão, mas que também prejudicam a leitura são: o contraste, códigos muito densos (aglomeração das barras) e ausência das margens de silêncio.

Os códigos de barra podem ser lineares ou bidimensionais, conforme mostrado na Figura 8. Podem ser impressos numa etiqueta ou marcados diretamente no item, através da técnica DPM – *Direct Parts Marking*.



Figura 8 – Tipos de Código de Barras

Fonte: GS1 Brasil, 2011

O sistema de código de barras (linear) mais popular é o Sistema Europeu de Numeração de Artigos EAN - *European Article Number*, que foi especialmente concebido para o setor alimentício. Este código é uma evolução do sistema americano UPC - *Universal Product Code*. Atualmente os dois códigos são totalmente compatíveis (VILADOMAT, 2011).

O código EAN é formado por 13 dígitos: os três primeiros representam o país, os quarto seguintes representam o código da empresa filiada à EAN, os próximos cinco dígitos representam o código do item dentro da empresa (número de fabricação) e o décimo terceiro

e ultimo é o dígito verificador, obtido por meio de algoritmo (ALBAREDA *et al.*, 2007). A Figura 9 ilustra um exemplo dos códigos EAN-13 e UPC-A.



Figura 9: Exemplo de códigos EAN e UPC. Fonte: GS1 Global User Manual (2010)

Outros sistemas de códigos de barras existem em outros campos industriais, como o código CODABAR, na seção médica, o código “2/5” na indústria automobilística, em *containers* de navios e na indústria pesada; e o código “39”, utilizado em processos industriais, logística e livrarias (VILADOMAT, 2011).

2.5.1.2. Código de Barras Linear

Segundo Albareda *et al.* (2007), a estrutura dos Códigos de Barras Linear segue o padrão representado na Figura 10.

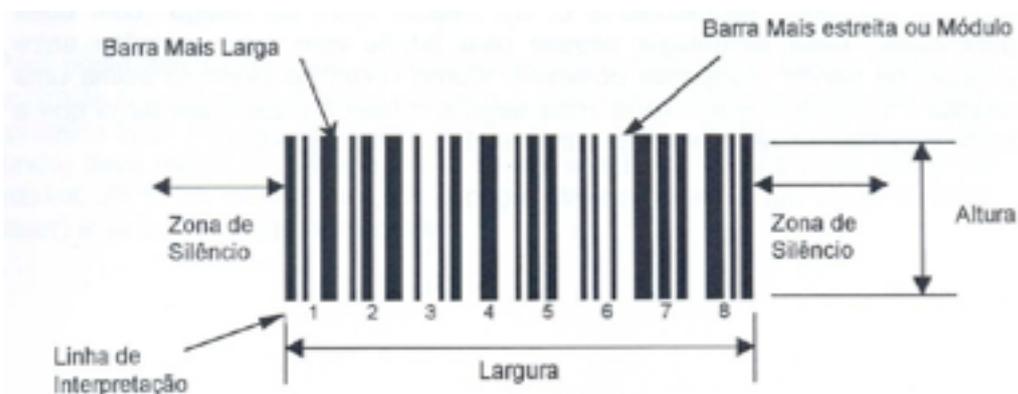


Figura 10: Estrutura do Código de Barras Linear. Fonte: Albareda et al., 2007.

Os elementos do código de barras linear são:

- Módulo: a largura da barra/espaco mais fino. É a partir do módulo que a largura das barras e espacos são definidos.
- Barra: parte escura do código, a que retém a luz e o codifica como “1” (um).

- Espaço: parte clara do código, reflete a luz e o codifica como “0” (zero).
- Caractere: cada número ou letra codificado com barra e espaço.
- Caractere inicial final: indicam ao leitor de código o início e o fim do mesmo. Esse caractere pode ser representado por um número, letra ou outro símbolo dependendo do código utilizado.
- Margem de silêncio: espaços sem impressão (dos dois lados do código); são extremamente importantes para o reconhecimento do código, pelo leitor.
- Sinais de enquadramento: delimitam a área na qual devem estar contidas todas as informações do código.
- Flag: empregado no sistema EAN no início do código para indicar o país de origem do produto. No UPC ele indica o tipo de produto.
- Dígito verificador: elemento incluído no código que ajuda a detectar erros de leitura.

2.5.1.3. Código de barra bidimensional

O código de barra bidimensional, como o *Data Matrix*, é a simbologia mais utilizada para identificadores de marcação direta de peças (DPMI – *Direct Parts Marking Identifiers*) em função de seu tamanho reduzido, de sua maior capacidade de dados, da facilidade para correção de erros e da possibilidade de ser aplicado através de variados métodos de marcação. O *Data Matrix* requer somente uma área de aproximadamente dois centímetros quadrados, e pode ser marcado com 5 ou 6 dígitos (ROZHDESTVENSKIY, 2010).

Os tipos de códigos de barra bidimensionais são mostrados no Quadro 6.

Quadro 6: Tipos de código de barra bidimensional. Fonte: Rozhdestvenskiy (2010).

Tipo de código bidimensional	Características	Figura representativa
Aztec	Facilidade de impressão e facilidade de decodificação. Criado em 1995 por Andy Longacre, da <i>Welch Allyn Inc.</i>	
Maxicode	Originalmente denominado código UPS (ou código 6), é um código matricial criado em 1992, pela <i>United Parcel Service</i> . Possui maior densidade em relação ao código Aztec, porém requer impressora de mais alta resolução (térmica ou a laser).	
QR ("Quick reponse")	Código matricial, desenvolvido pela Nippondenso IS Systems, visando leitura rápida por cameras CCD e tecnologia de processamento de imagens.	
Data Matrix	Desenvolvido pela <i>Siemens</i> , possui maior capacidade de armazenamento de dados num espaço reduzido (de 1 a 500 caracteres), limitado à resolução da impressora. Aplicação mais comum: a marcação de itens pequenos, como circuitos integrados e circuitos impressos.	

2.5.1.4. Regulamentação do Código de Barras no Brasil

O Sistema de Codificação Nacional de Produtos foi criada em 1984 e decretado pelo Presidente da República no decreto nº 90595 de 29 de novembro de 1984. Esse sistema de codificação visava a identificação de produtos por equipamentos de automação nas operações de comércio do mercado interno (art. 1º do decreto) e seria definido pelo padrão internacional EAN (*European Article Numbering*). Em 12 de dezembro de 1984 o Ministério da Indústria e do Comércio criou a portaria nº143, onde conferiu à ABAC – Associação Brasileira de Automação Comercial a competência para administrar, em todo o território nacional, o código nacional de produtos. O Brasil, optando pelo padrão EAN,

recebeu o número código (*flag*) 789. Em 1994, a Associação Brasileira de Automação Comercial mudou sua sigla de ABAC para EAN Brasil, sendo, atualmente GS1 Brasil (ALBAREDA *et al.*, 2007).

A GS1 Brasil, Associação Brasileira de Automação, é uma organização sem fins lucrativos, que representa nacionalmente a GS1 Global e que tem por objetivo disseminar seu padrão de identificação, codificação e soluções para aumentar a eficiência na cadeia de suprimentos (GS1 Brasil, 2011).

O Sistema GS1 é um conjunto de padrões utilizados em mais de 140 países, que gerencia um conjunto de códigos de barras destinados a diversas aplicações. Possui diferentes áreas de aplicação, que incluem itens comerciais, unidades logísticas, ativos e localizações. Estas aplicações dependem de estruturas de dados pelo qual todos os itens relevantes e seus dados podem ser identificados. Os códigos são as chaves para acessar bancos de dados e identificar de forma inequívoca os itens tratados, em todas as mensagens de uma transação. As estruturas de dados são usadas para garantir a identificação globalmente única. Todas as informações que descrevem um produto ou um serviço, bem como suas características, são encontradas em bancos de dados. Os números são representados em códigos de barras para permitir captura automática de dados em cada ponto de entrada ou saída (GS1 Brasil, 2011).

Os códigos de barras são normalmente incluídos no processo de produção no local de produção e podem ser (GS1 Brasil, 2011):

- pré-impresos, com a presença de outras informações, no item ou na embalagem, ou
- uma etiqueta é afixada ao item na linha de produção.

O Quadro 7 ilustra o sistema de normalização de Código de Barras conforme GS1.

Quadro 7 - Normalização de Código de Barras conforme GS1. Fonte: GS1 Brasil, 2011

Tipo de código	Descrição	Figura representativa
EAN/UPC	Código desenvolvido especificamente para leitura em pontos de venda (PV), devido à agilidade propiciada na captura da informação. Permite codificar os GTIN-8, GTIN-12 e GTIN-13.	 <p>7 898357 410015</p>
GS1 DataBar	Compreende uma família de códigos que podem ser escaneados no PV, podem ser muito menores do que os códigos EAN/UPC e podem ainda codificar informações adicionais como número serial, número de lote e/ou data de validade. É uma tendência global utilizar este código no setor de frutas, verduras e legumes.	 <p>{01}00012345678905</p>
GS1-128	Código de barras que permite codificar todas as Chaves GS1. Utilizado na gestão logística e de rastreabilidade por meio da codificação de informações adicionais como número serial, número de lote, data de validade, quantidades, número do pedido do cliente etc. Não pode ser utilizado para identificar itens que passarão por PV.	 <p>{01} 0 0012345 67890 5</p>
ITF-14	Código de barras desenvolvido para codificar apenas GTINs, pode ser impresso diretamente em substrato corrugado (caixa de papelão) oferecendo um bom desempenho de leitura. Não pode ser utilizado para identificar itens comerciais em PV.	 <p>00012345678905</p>
GS1 DataMatrix	Símbolo bidimensional para aplicações especiais, que permite codificar informações em espaços muito menores que os códigos lineares e agregar informações adicionais (código do produto, lote e validade). Tornou-se o principal código do segmento hospitalar, pois permite a identificação de itens tão pequenos quanto uma ampola de 5ml, permitindo a rastreabilidade e garantido a segurança do paciente. O GS1 DataMatrix exige um leitor de código de barras bidimensional (não utilizado em PV, que possuem somente leitores lineares).	 <p>{01}07612345678900{17}100503 {10}AC3453G3</p>

2.5.1.5. Tecnologia de Marcação de Códigos de Barra

A tecnologia, amplamente utilizada para marcação de código de barras em produtos do varejo e em cadeias logísticas, é a marcação do código em etiquetas que, por sua vez, são afixadas à peça através de adesivo. As etiquetas de código de barras, tanto linear quanto bidimensional, podem ser fabricadas em metal, polímeros ou papéis especiais, resinados ou não. A definição da matéria-prima da etiqueta e do tipo de adesivo a ser utilizado depende dos requisitos de utilização do item. A técnica amplamente utilizada para gravação dos dados nas etiquetas de código de barras é a impressão a laser, através de impressoras especiais.

Nos últimos anos, empresas de manufatura vêm tentando implementar um sistema de código de barras semelhante ao código de barras utilizado no varejo. No entanto, a fabricação de um produto pode envolver altas temperaturas, utilização de solventes, óleos e outros produtos químicos agressivos, além de processos que inibem o uso de etiquetas. Comumente, os fabricantes precisam identificar partes individuais e não apenas o lote inteiro, como também melhorar o inventário e o sistema de rastreamento. Além disso, nem sempre é tecnicamente viável afixar uma etiqueta de código de barras no item; as restrições também podem estar relacionadas à sua geometria, às suas dimensões ou ainda à sua funcionalidade. Essas restrições podem ser solucionadas através da utilização de outros métodos de marcação de códigos de barras.

Quando não há possibilidade de utilização de etiquetas, a técnica denominada DPM - *Direct Parts Marking* pode ser uma opção. DPM é um processo de marcação permanente de códigos de barras, diretamente sobre a superfície da peça, e que garante a rastreabilidade eficiente durante sua vida útil. Como a vida funcional varia para diferentes itens, os procedimentos de marcação direta também variam em função de sua vida útil. Os dados para identificação individual e única (UID – *Unique Identification*) podem ser gravados utilizando-se vários métodos. Comumente utiliza-se, pelo menos, um número de referência e um número de série, também designados como P/N (*Part Number*) e S/N (*Serial Number*), respectivamente. Esses dados são muito pequenos para leitura humana, podendo ser lidos somente através de leitores especiais; e também podem conter outras informações críticas sobre o item.

A Figura 11 ilustra um exemplo de marcação direta DPM de um código bidimensional GS1 *DataMatrix*.



Figura 11: Exemplo de marcação direta DPM de código GS1 *DataMatrix*. Fonte: <http://www.dapramarking.com/uid-marking.htm>

Como somente os dados essenciais são gravados na superfície das peças, o método DPM evita qualquer efeito prejudicial de placas ou etiquetas ou de materiais utilizados na fabricação dos mesmos. Além disso, como os dados são gravados diretamente na superfície da peça, há baixo risco de qualquer dano aos dados mesmo se a peça for exposta a ambientes adversos.

O DPM pode ser usado para otimizar o desempenho de uma linha de fabricação, identificar a fonte de defeitos, identificar itens recebidos para a manutenção e entregas, resolver questões de garantia e de responsabilidade civil, bem como efetuar o acompanhamento de componentes de alto valor; e como resultado, contribui para a redução do custo de fabricação. A tecnologia DPM vem sendo recentemente utilizada nos setores aeronáutico e automobilístico, em componentes, tais como: blocos de motores, comando de válvulas e bielas (ROZHDESTVENSKIY, 2010).

O leitor de código de barras marcados por DPM utiliza laser para capturar a imagem refletida, através da determinação da altura de cada linha. O código, gravado no produto em baixo relevo, é reconhecido pelo leitor através de suas áreas mais baixas. Esse tipo de marcação é menos passível de alterações e obstruções, o que contribui para minimizar erros de inventário e, em consequência, reduzir custos operacionais. Uma vez que os dados tenham sido registrados, eles são digitalizados e uma unidade de processamento digital é utilizada para interpretar a imagem. Como o sistema funciona pela variação de altura de cada linha, a adição de tinta não tem efeito sobre o resultado final (ROZHDESTVENSKIY, 2010).

Embora o processo DPM seja comumente utilizado nas indústrias aeroespacial, automotiva e de produtos eletrônicos, a tecnologia para leitura do código gravado através deste processo, utilizando sistemas sem fio de captura automática de dados é recente. Os primeiros leitores, fabricados pela empresa Intermec Technologies Corporation e

apresentados ao mercado mundial no início de 2011, foram lançados no mercado brasileiro em agosto de 2011, durante a vigésima sexta edição da Feira de Intralogística (MOVIMAT), que ocorreu no período de 2 a 5 de agosto de 2011, em São Paulo, SP. Este lançamento foi reportado nas revistas PC PROJECT e TECNOLOGISTICA, em 3 e 4 de agosto de 2011, respectivamente.

Métodos de Marcação DPM

Segundo Rozhdestvenskiy (2010), os métodos mais adequados para marcação DPM de códigos de barras bidimensionais, podem ser não invasivos ou invasivos.

a) Métodos de marcação não invasivos:

Os métodos de gravação não invasivos, também denominados marcação por adição, são efetuados durante o processo produtivo da peça ou pela adição de uma camada de tinta na superfície, através de métodos que não modificam as propriedades do material, e incluem:

- transferência térmica;
- gravação por jato de tinta;
- gravação a laser;
- injeção de metal líquido;
- *silk screen*;
- stencil;
- molde.

b) Métodos de marcação invasivos:

Marcações invasivas alteram a superfície da peça, geralmente por abrasão, corte, vaporização ou ainda por aquecimento. Se não forem realizadas corretamente, podem degradar as propriedades do material além de um determinado nível de aceitação. Dessa forma, algumas marcações invasivas, principalmente utilizando-se laser, geralmente não são utilizadas em aplicações com fator crítico de segurança, sem testes metalúrgicos apropriados. A marcação do tipo invasiva inclui, entre outras:

- o jateamento abrasivo;
- a marcação eletro-química;
- a marcação direta com laser.

A adoção da tecnologia mais indicada é função do material de transporte do símbolo

e das necessidades da atividade. (GS1 Brasil, 2009).

As tecnologias mais utilizadas possuem as seguintes características:

- A marcação por **transferência térmica** é provavelmente a tecnologia mais utilizada mundialmente para imprimir etiquetas de código de barras. Do ponto de vista tecnológico, o funcionamento baseia-se no aquecimento de uma fita (faixa revestida com tinta específica) e na transferência da imagem para a etiqueta. Quando existe uma boa compatibilidade entre o material da etiqueta e a faixa de impressão, podem ser obtidos códigos de barras de excelente qualidade.
- A marcação por **Jato de Tinta** é um processo de impressão que não requer contato entre a impressora e o substrato. A tecnologia trabalha impulsionando minúsculas gotas de tinta em direção do substrato, para criar o símbolo. Normalmente a impressão em jato de tinta produz bordas de forma irregular. Isto é causado pela absorção da tinta por parte do substrato e pela forma irregular de cada um dos pontos de impressão. Obtêm-se símbolos de boa qualidade quando se imprime num substrato conveniente, utilizando impressora de alta resolução e tinta de secagem rápida. A Figura 12 ilustra a utilização deste método.



Figura 12: Exemplo de código GS1 *DataMatrix* impresso a Jato de Tinta Contínuo.
Fonte: GS1 BRASIL, 2009.

- Sistema de **gravação a Laser** (ou abrasão por laser) utiliza laser de alta precisão para gravar ou marcar o código de barras diretamente no produto. A alta concentração de potência do laser queima ou cauteriza diretamente o símbolo na superfície. Esse processo requer utilização de um computador para controlar uma série de espelhos e lentes, focando adequadamente o laser na superfície, de acordo com a imagem a transferir. O processo é adequado somente a materiais que permitam a utilização de laser, cuja potência deve ser ajustada em função do

volume de impressão requerido e deve ser adequada aos substratos, usualmente varia entre 10 a 100 Watts. Um exemplo de marcação a laser está ilustrado na Figura 13.



Figura 13: Exemplo de GS1 *DataMatrix* impresso usando Laser.
Fonte: GS1 Brasil, 2009

- A **marcação direta por punção** é usada para marcar o símbolo GS1 *DataMatrix* diretamente no material. Também pode ser usada para gravar outras informações no item como, por exemplo: texto, data, logotipo, etc. Esta tecnologia é particularmente adequada para imprimir GS1 *DataMatrix* diretamente em artigos fabricados em metal ou outros materiais possuindo superfícies duras e planas. Neste método, um pequeno punção, normalmente feito de um material duro, como o tungstênio, é controlado por computador e efetua uma série definida de idênticas marcas de perfuração na superfície do substrato. A profundidade de marcação deve ser cuidadosamente controlada para assegurar que todas as perfurações sejam idênticas. A Figura 14 ilustra a marcação direta de um GS1 *DataMatrix*, por punção.



Figura 14: Exemplo de marcação direta por punção (GS1 *DataMatrix*). Fonte: GS1 BRASIL, 2009

Além disso, um método comum de marcação do tipo DPM é a **tecnologia IPM – Inject Parts Marking**, utilizado nos setores aeroespacial, automotivo, eletrônicos, produtos de construção civil, madeira, alimentos, farmacêutico, produtos médicos, indústria de bens de produção e indústria de embalagens. Essa técnica oferece maior resistência da marcação para longos períodos, quando comparado com outros métodos e é especialmente indicada na fabricação de produtos de alta qualidade.

A **tecnologia de processo digital** é outro método popular de marcação direta, sendo ideal para uma vasta gama de produtos. O processo não requer consumíveis ou tempo de cura, e produz alto contraste permanente das soluções de marcação. É especialmente eficaz para produtos tridimensionais de plástico. Para os produtos com superfície limitada, a tecnologia de processo digital de marcação é a melhor solução de micro-marcação.

2.5.2. A TECNOLOGIA DE RÁDIO-FREQUÊNCIA (RFID)

No contexto da tecnologia de identificação e captura automática de dados (AIDC), a tecnologia RFID - *Radio Frequency Identification*, tal como utilizada atualmente, surgiu há pouco mais de uma década, com o lançamento, em 1998, da primeira rede sem fio *wireless* completa, o primeiro computador PC de coleta de dados baseado em Windows® CE, produtos RFID da família Intellitag®, bem como do primeiro leitor manual, tanto de código de barras quanto de etiquetas RFID. No entanto, somente recentemente essa tecnologia vem sendo rapidamente absorvida. Sua principal utilização tem sido em aplicações relacionadas à cadeias de suprimento, pois possibilita o aumento da informação detalhada de produtos e permite que os fornecedores, tanto externos quanto internos, possam reagir mais rapidamente às necessidades de substituição de estoque ou alterações de mercado. Avanços tecnológicos recentes vêm também expandindo a capacidade do RFID, bem como suas aplicações na manutenção de aeronaves, provendo valiosos benefícios para as empresas (ELLICKSON, 2006).

RFID é também um tipo de tecnologia auto-ID (WYLD, 2005). É “uma ligação sem fios para identificar pessoas ou objetos” (D'HONT, 2003). RFID é, na realidade, um subconjunto da maior frequência de rádio, com mercado mais amplo, que engloba uma série de tecnologias de rádio frequência (RF), incluindo: telefones celulares, rádio digital, sistema de posicionamento global (GPS – *Global Position System*), TV de alta definição (HDTV – *High Definition TV*). redes sem fio (WYLD, 2005).

A identificação por RFID é o nome genérico atribuído às tecnologias que utilizam as ondas de rádio (JONES *et al.*, 2005) para identificarem automaticamente, e à distâncias consideráveis, objetos, posições ou pessoas através de respostas eletromagnéticas (STUART e LIU, 2006), diferentemente do feixe de luz utilizado no sistema de código de barras para captura de dados. Essa tecnologia facilita o controle do fluxo de produtos em toda a cadeia de suprimentos de uma empresa, permitindo o seu rastreamento desde sua fabricação até o ponto final de distribuição e ainda após a entrega do produto ao cliente; ou seja, durante toda a vida útil do produto. Além disso, apresenta o potencial de permitir às empresas gerar uma grande quantidade de dados, de facilitar o armazenamento e de permitir sua rápida difusão (BANGE, 2006). A Figura 15 ilustra um exemplo de leitura de embalagens codificadas, através de um portal com antenas RFID.

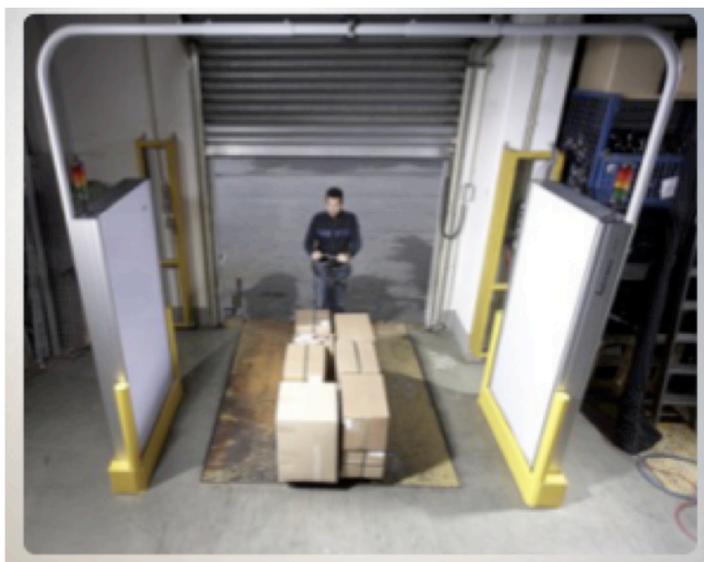


Figura 15: Exemplo de utilização da tecnologia RFID – portal de leitura de embalagens codificadas.

Tecnicamente falando, as tecnologias de auto-identificação desempenham o mesmo papel na aquisição automática dos dados de um processo qualquer. Comparando-se os vários sistemas de identificação, percebemos que o sistema baseado em radio frequência leva vantagem sobre os demais pelo fato de independer da vontade humana para efetuar os registros entre outros benefícios.

Considerando que o sistema de RFID passivo funciona com base em emissões de ondas eletromagnéticas, tudo o que estiver identificado por um *TAG* (pessoas, produtos, equipamentos, etc.) dentro do raio de ação das ondas eletromagnéticas gerados pelo conjunto antena/*reader*, será registrado através de um decodificador/*middleware* e

disponibilizado automaticamente e em tempo real aos envolvidos, interna e externamente. Isto significa que quanto maior for a área de cobertura das antenas, maior será a “superfície ativa” no sentido de “capturar” e “disponibilizar” os “movimentos” dos processos monitorados, proporcionando assim uma menor interação humana com as transações sistêmicas (SCHREIBER *et al.*, 2009). A Figura 16 ilustra os componentes de um sistema RFID.

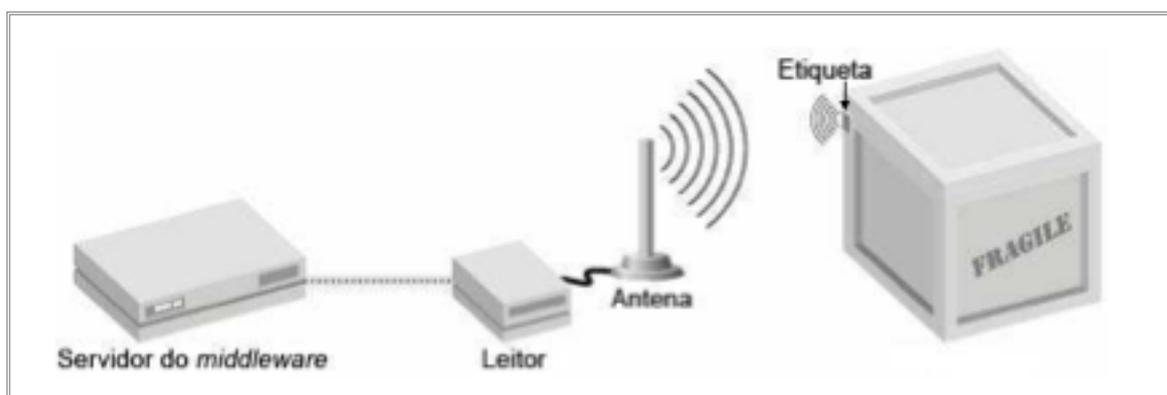


Figura 16: Componentes de um sistema RFID. Fonte: BERZ (2011)

2.5.2.1. Benefícios e limitações da tecnologia RFID

Os sistemas RFID tem sido alvo de um processo de desenvolvimento de aperfeiçoamento justificável, pelos inúmeros benefícios que as empresas tem obtido com sua utilização, comparativamente com as etiquetas de códigos de barras em que sua leitura é feita por contato visual com um leitor ótico. Uma das vantagens mais relatadas na utilização da etiqueta RFID relaciona-se à sua capacidade de ser lida, independentemente da posição e condições em que se encontra. As mesmas podem suportar ambientes agressivos, com presença de gelo, fogo, gordura, ruído, em temperaturas oscilantes, dentre outras (KNILL, 2002). Além disso, este sistema apresenta uma grande, rigorosa e simultânea capacidade de leitura (STUART e LIU, 2006), o que em termos logísticos pode-se tornar um significativo argumento de vantagem competitiva. Essa potencialidade permite aumentar a eficiência, uma vez que os operadores não necessitam recorrer a um leitor ótico para a captura de dados individuais dos produtos. Essa tecnologia permite ainda a captura de dados de veículos e objetos em movimento, que contenham etiquetas RFID (BANGE, 2006; KNILL, 2002).

A tecnologia RFID gera benefícios no desenvolvimento da atividade logística de armazenagem, pois, ao recolher de forma automática a informação inserida em cada *smart*

label, permite sua rápida reposição, sem erros de níveis de estoque (KELLY e ERICKSON 2005); além de maior facilidade no processo de localização de itens dentro do armazém (SULLIVAN, 2004; STUART e LIU, 2006), sem que para tal haja necessidade de contato visual.

No entanto, algumas limitações relativas a essa tecnologia são não negligenciáveis, sendo a primeira delas, seu custo. O RFID representa um investimento considerável, principalmente se for considerado o volume de material a ser rastreado, pois o custo dessas etiquetas é bem superior ao das etiquetas por código de barras. Além disso, essa tecnologia está num segmento no qual o grau de obsolescência, em geral, é elevado. O nível de segurança proporcionado pelo RFID constitui uma limitação adicional, pois é relativamente fácil o acesso da informação que circula via RFID, num centro de distribuição ou num armazém; bastando para isso o uso de um radio telescópio a uma distância relativamente próxima. O assunto requer uma análise detalhada, principalmente em se considerando o contexto aeronáutico dessa pesquisa.

2.5.2.2. Etiquetas RFID (*Tags*)

Existem vários tipos de *tags* RFID consoante à sua fonte de energia, o seu alcance, o tipo de programação e a sua capacidade. A tipologia mais referenciada é a que diz respeito à sua fonte de alimentação. Neste contexto encontramos etiquetas ativas e passivas (AZEVEDO, 2007).

A Figura 17 ilustra um exemplo de *tags* de RFID. O Quadro 8 apresenta a tipologia das etiquetas RFID.

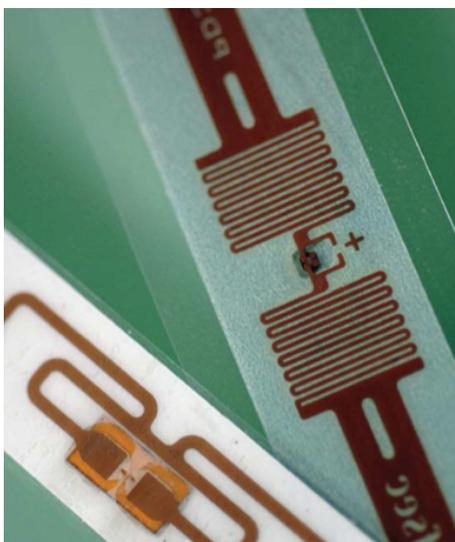


Figura 17: Exemplos de *tags* RFID Fonte: www.gs1br.org

Quadro 8: Tipologia de etiquetas RFID. Fonte: BORCK (2006) e KNILL (2002)

Classificação quanto à:	Tipo de etiqueta	Descrição
Alimentação energética das etiquetas	Etiquetas Ativas	A tecnologia <i>Active RFID</i> contém uma bateria para alimentar todos os elementos.
	Etiquetas Passivas	A energia é fornecida à etiqueta através do leitor
Alcance das etiquetas	Etiquetas de baixo alcance	. Etiquetas ativas: 2 a 15 pés , . Etiquetas passivas: menos de 18 polegadas.
	Etiquetas de longo alcance	. Etiquetas ativas: mais de 150 pés . Etiquetas passivas: 30 a 40 pés
Tipo de programação	Programadas na fábrica	A etiqueta pode ser programada somente durante a produção, é uma etiqueta de leitura, somente.
	Programadas em campo	A etiqueta pode ser programada em qualquer momento, mesmo após a entrega do produto.
Capacidade	Etiquetas de Nível I	Capacidade de apenas 1 bit, são denominadas de etiquetas de detecção de presença.
	Etiquetas de nível II	Capacidade entre 8 e 128 bits; são usualmente utilizadas para identificação de pessoas ou objetos.
	Etiquetas de nível III	Capacidade superior a 512 bits; são designadas etiquetas de transação/ roteamento; podem conter considerável volume de dados, além da identidade .
	Etiquetas de nível IV	Geralmente contém informação em formato de texto codificado e são designadas por base de dados portátil.

As etiquetas ativas fornecem mais possibilidades e tem maior flexibilidade do que as etiquetas passivas, pois as primeiras possuem sua própria fonte de alimentação, conseguem transmitir o sinal a distâncias maiores em relação às passivas; normalmente são capazes de armazenar 1 milhão de *bits* de dados. Com essa capacidade, um único leitor pode comunicar-se com muitas etiquetas (KEVAN, 2004). As etiquetas ativas possuem ainda a capacidade de serem regravadas, lidas ou modificadas (BANGE, 2006). As etiquetas passivas não possuem uma fonte de alimentação exterior, possuem apenas uma bateria para acionarem a memória; elas detêm uma fonte de alimentação que é gerada a partir de um aparelho de leitura. Este tipo de etiqueta é muito pequena e de menor custo, mas possui ciclo de vida operacional limitado. Essas características tornam-nas ideais para o rastreamento, denominado *tracking*, de materiais ao longo da cadeia de abastecimento (BANGE, 2006).

A adequação da utilização das etiquetas RFID aos vários produtos de uma empresa requer uma análise detalhada dos processos, das necessidades de rastreabilidade, da capacidade das respectivas etiquetas e dos custos. No Quadro 9 estão apresentadas as diversas classes de etiquetas EPCglobal.

Quadro 9: Classes de etiquetas EPCglobal segundo GLOVER e BHATT (2006)

Tipo	Descrição
Classe 0	Passiva, apenas leitura
Classe 0+	Passiva, grava 1 vez, mas usando protocolos da Classe 0
Classe I	Passiva, grava 1 vez
Classe II	Passiva, grava 1 vez com extras (como criptografia)
Classe III	Regravável, semi-passiva (chip com bateria, comunicações com energia do leitor), sensores integrados
Classe IV	Regravável, ativa, identificadores “nos dois sentidos, que podem interagir com outros identificadores, energizando suas próprias comunicações.
Classe V	Podem energizar e ler etiquetas de identificação das classes I, II e III; e também ler etiquetas das classes IV e V.

Em função das características de gravação, as etiquetas possuem vantagens e desvantagens conforme a aplicação.

O Quadro 10 resume as principais características dos sistemas europeus de RFID.

O Quadro 11 apresenta as funcionalidades do RFID, tecnologias associadas e sua aplicação na manutenção; ambos segundo a visão de Muller *et al.* (2008).

Quadro 10: Características dos sistemas RFID europeus. Fonte: Muller *et al.* (2008)

Faixa de Frequência	Comprimento de Onda	Modo de Operação	Funções-chave para Aplicações em Manutenção
< 135 kHz	baixa frequência (LF- <i>Low Frequency</i>)	passiva	Identificação, comunicação (0 – 0,5m)
13.56 MHz	alta frequência (HF – <i>High Frequency</i>)	passiva	Identificação, comunicação (0 – 0,6m)
433 MHz	frequência “ultra” alta (UHF – <i>Ultra High Frequency</i>)	passiva	Identificação, comunicação (6 - 8m)
868 MHz	(UHF – <i>Ultra High Frequency</i>)	passiva, ativa	Identificação, comunicação, combinação c/ sensores (2 - 4m)
2.45 GHz	micro-frequência (MW – <i>Microwave</i>)	ativa	Identificação, localização, comunicação (50 - 200m)

Quadro 11: Funcionalidades RFID, tecnologias e aplicação na manutenção. Fonte: Muller *et al.* (2008)

Descrição	Tecnologia	Exemplo de Manutenção	Sistema central de banco de dados
a) Identificação pura			
O ativo tem apenas um número distinto de identificação	Código de barras linear ou <i>transponder</i> WORM/RW	Identificação de uma medida, ou peça de reposição .	Contém todas os dados relevantes sobre um ativo
b) Armazenamento de informações estáticas sobre o ativo			
O ativo possui um identificador distinto (por ex. n° de série e outros dados estáticos.)	Código de barras bi-dimensional ou <i>transponder</i> passivo WORM/RW	Placa de identificação eletrônica para motores, identificação de peças sobressalentes.	Contém todas os dados relevantes sobre um ativo
c) Armazenamento de informações dinâmicas sobre o ativo			
Como (b), mas quaisquer outros dados podem ser armazenadas ou editados.	<i>Transponder</i> RW (passivo)	<i>Transponder</i> contendo todos os dados principais e atuais sobre o ativo; sincronização de dados sobre terminais móveis; gestão móvel de pedidos.	Parte do dados é redundante no <i>transponder</i> e no sistema central
d) Localização			
Acompanhamento de bens móveis (pessoas, equipamentos, ferramentas, etc) no espaço (local)	<i>Transponder</i> WORM/ RW (passivo) e portões ou <i>transponder</i> ativo (MW)	Localização de transportadores, contêiner e pessoas nas instalações da fábrica.	Interface interna e interface para o sistema central
e) Monitoramento das condições			
Acompanhamento do movimento de ativos e condições (temperatura, vibração, umidade, etc.)	<i>Transponder</i> RW passivo c/ sensores; <i>transponder</i> ativo (MW) com sensores	Determinação de dados para monitoramento baseado nas condições.	Interface interna e interface para o sistema central

Capítulo 3 – PESQUISA-AÇÃO

Segundo Turrioni e Mello (2010) a pesquisa ação é uma estratégia de pesquisa na engenharia de produção, que visa produzir conhecimento e resolver um problema prático. De modo geral, esta metodologia de pesquisa abrange três etapas principais: uma fase preliminar, um ciclo de condução da pesquisa constituído de seis passos, e uma meta-fase presente em cada um dos seis passos, ilustrados na Figura 18.

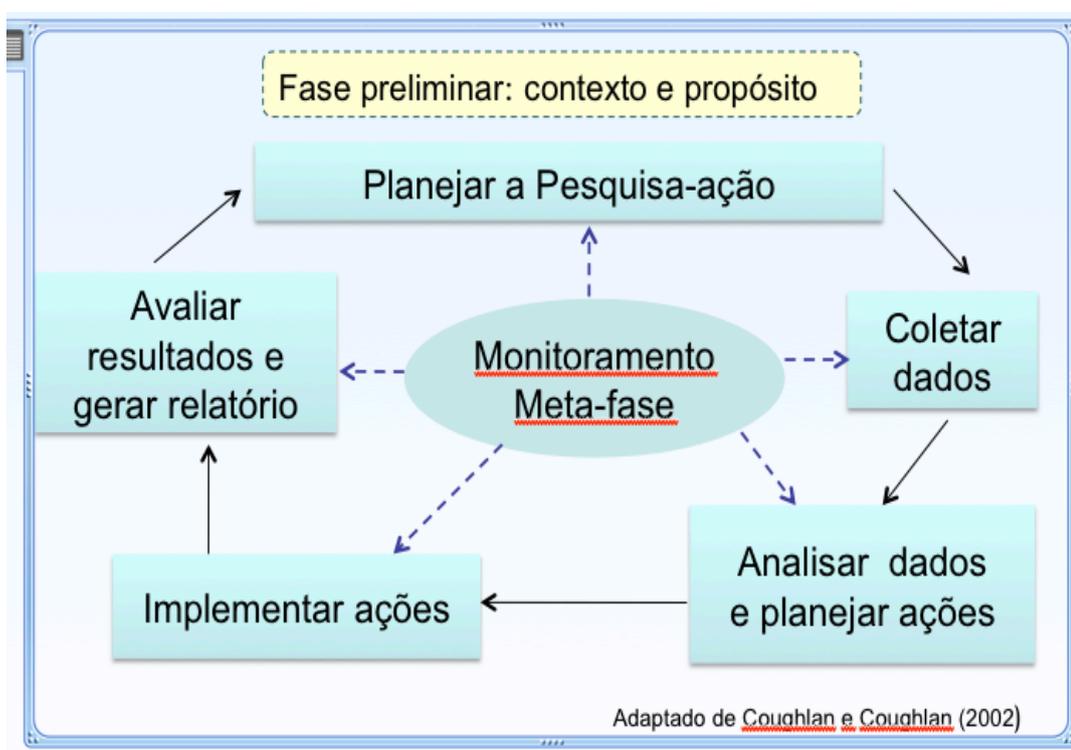


Figura 18: estruturação para condução da Pesquisa-ação.
Fonte: Turrioni, J.B. e Mello (2010), adaptado de Coughlan e Coughlan (2002)

As principais características que definem a abordagem da Pesquisa-ação numa organização são: a abordagem científica para estudar a resolução de problemas, juntamente com aqueles que os experimentam diretamente; o processo compreende ciclos iterativos coleta de dados, realimentação dos mesmos, análise dos dados, planejamento das ações, tomada de ações e avaliação, levando para nova coleta de dados, e assim por diante. Além disso, membros do sistema participam ativamente e de forma cooperativa com o pesquisador neste processo cíclico, as saídas desejadas não são apenas as soluções para os problemas

imediatos, mas importantes aprendizados, intencionais ou não, além de uma contribuição para a teoria e para o conhecimento científico.

A pesquisa-ação pode ser classificada em três modalidades principais: técnica, prática e emancipativa (ZUBER-SHERRIT e PERRY, 2002; TRIPP, 2005). Neste contexto, essa pesquisa é, principalmente, técnica, pois a eficácia e eficiência da prática profissional e o desenvolvimento profissional dos participantes é o objetivo central; muito embora ela também possua um viés prático e emancipatório, pois visa a transformação da consciência dos praticantes e sua emancipação em relação às regras tradicionais, bem como a transformação da organização e seus sistemas.

Para Turrioni e Mello (2010), as fases, etapas e atividades da estrutura para condução da pesquisa-ação, são:

- definição do contexto e do propósito: contexto, tema e interessados, diagnóstico da situação, delimitação do problema e definição dos critérios de avaliação.
- definição da estrutura conceitual-teórica: mapeamento da literatura, delineamento das idéias e proposições e determinação da questão e dos objetivos da pesquisa;
- seleção da unidade de análise e técnicas de coleta de dados: unidade de análise, técnicas de coleta de dados e elaboração do protocolo da pesquisa-ação;
- coleta de dados: coleta, registro dos dados e re-alimentação dos mesmos;
- análise dos dados e planejamento das ações: tabulação dos dados, comparação de dados empíricos com a teoria e elaboração do plano de ações;
- implementação do plano de ações;
- avaliação de resultados e elaboração de relatório: provisão de estrutura para replicação, delineamento das implicações teóricas e práticas e redação de relatório.

A primeira fase dessa pesquisa constitui-se de um estudo preliminar, no qual foram definidos o contexto e o propósito da pesquisa. Nessa fase foram realizadas várias reuniões com os responsáveis pelos setores de Manutenção, de Métodos & Processos, de Logística e de Qualidade da empresa, com o objetivo de identificar os problemas existentes no sistema de execução da manutenção e gestão & utilização dos ferramentais e uma análise prévia das diferentes possibilidades de seleção do grupo de ferramentais, objeto do estudo.

Na segunda fase foi selecionada a unidade de análise, em função dos problemas levantados na primeira fase e das prioridades definidas pela empresa. Nessa fase também foram definidos os critérios de avaliação, em conjunto com os responsáveis dos setores envolvidos na pesquisa.

Na terceira fase foi analisada a estrutura conceitual da situação atual, na unidade de análise selecionada na segunda fase e sua interação com os demais setores envolvidos na atividade. Também foi realizado um diagnóstico da situação atual. Essa fase foi conduzida através de entrevistas com os responsáveis dos respectivos setores, elaboração de um fluxograma da atividade e análise dos documentos pertinentes.

A quarta fase, corresponde a aplicação dos ciclos de condução da pesquisa-ação, constituída por seis passos. O ciclo foi executado 7 vezes. A cada ciclo, foi efetuado o monitoramento (meta fase), através do qual as lições aprendidas poderão contribuir na provável implementação futura do projeto piloto, em processos de fabricação, montagem e manutenção, abrangendo os demais setores produtivos da empresa.

A quinta e última fase corresponde a avaliação dos resultados e conclusões do trabalho realizado.

3.1. FASE PRELIMINAR – CONTEXTO E PROPÓSITO

No contexto de expansão da atividade, os procedimentos dos serviços de manutenção estão sendo reavaliados e o conjunto de ferramentais, ampliado e diversificado, com a fabricação de mais de mil novos ferramentais, dos quais vinte são objeto dessa pesquisa (lote piloto). A pesquisa, abrangendo a atividade de manutenção de componentes, é bastante oportuna; o estudo sobre a implantação de uma inovação poderá contribuir na melhoria da eficiência da atividade e no apoio à frota operacional. A pesquisa foi realizada com a participação dos setores: Operações, Logística, Métodos e Processos, Manutenção, Qualidade e Inovações.

O propósito da pesquisa, como abordado no item 1.2, é o de melhorar o sistema atual de gestão dos ferramentais utilizados na manutenção de componentes, principalmente no que se refere à identificação, utilização, rastreabilidade e rastreamento (físico) dos mesmos, com enfoque no aumento da eficiência e na segurança das informações, através da utilização da tecnologia de identificação automática de dados (AIDC).

A contribuição esperada é de que se obtenha:

- maior agilidade na identificação e na preparação dos ferramentais para execução da manutenção, incluindo a verificação dos que são submetidos à controle periódico, quanto à sua aprovação para utilização;

- melhoria do processo de rastreamento dos ferramentais, quanto à localização física dos mesmos nos diversos setores usuários da empresa;
- bases para propor melhorias na rastreabilidade dos ferramentais durante toda sua vida útil: fabricação, inspeção, utilização, manutenção e aferições periódicas efetuadas;
- bases para propor melhorias no sistema de planejamento da reposição dos ferramentais.

3.2. UNIDADE DE ANÁLISE E CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

3.2.1. Seleção da Unidade de Análise

A unidade de análise selecionada foi a Oficina de Manutenção de Componentes Mecânicos de empresa aeronáutica. Hierarquicamente, essa oficina está subordinada à Divisão de Manutenção e esta, juntamente com a Divisão de Logística, subordina-se à Diretoria de Operações, que por sua vez está ligada à Vice-Presidência e à Presidência da empresa, sucessivamente. A Diretoria de Inovações, bem como a Divisão de Qualidade estão subordinadas à Vice-Presidência, conforme ilustrado na Figura 19.

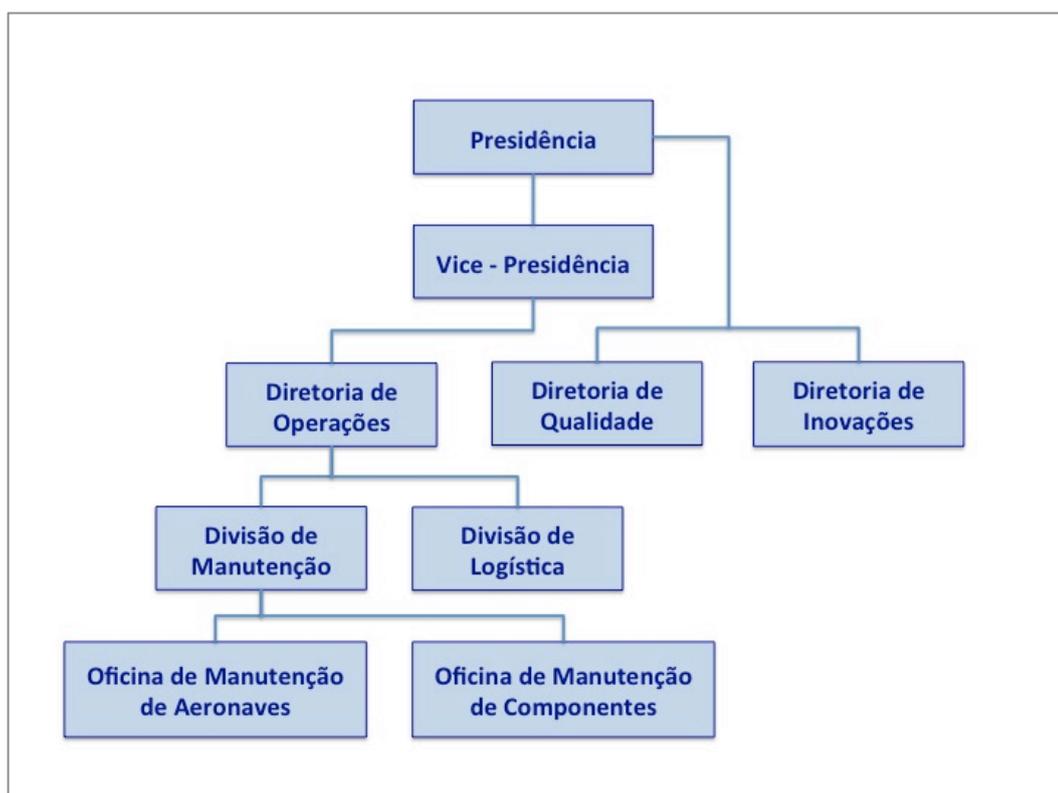


Figura 19: Organograma da empresa (parcial), relativo à atividade de manutenção.

3.2.2. Critérios de Avaliação

Os critérios de avaliação utilizados estão relacionados com a natureza da melhoria esperada, se quantificáveis ou não quantificáveis.

Foram consideradas melhorias quantificáveis:

- maior agilidade na preparação e na utilização dos ferramentais durante a execução da manutenção, incluindo a verificação dos que são submetidos à controle periódico;
- maior agilidade no rastreamento de ferramentais (localização física) nos diversos setores usuários da empresa.

Para as melhorias quantificáveis, medidas em tempo de mão-de-obra aplicado na atividade, foi considerada significativa toda e qualquer contribuição que possa gerar redução do tempo de execução de uma tarefa ou tempo de localização de um ferramental na empresa.

Adotou-se a seguinte designação para os tempos despendidos:

- T0 = tempo antes da aplicação de melhorias
- T1 = tempo após a aplicação de melhorias.

Foram consideradas melhorias não quantificáveis :

- melhoria da rastreabilidade dos ferramentais durante toda sua vida útil: fabricação, inspeção, utilização, manutenção e aferições efetuadas;
- melhoria do processo de identificação de ferramentais;
- melhoria da disponibilidade de ferramentais submetidos à controle periódico;
- contribuição para o planejamento da reposição de ferramentais.

Embora a disponibilidade de ferramentais submetidos à controle periódico, possa ser, teoricamente, considerada quantificável, a mesma foi considerada não quantificável na pesquisa porque a empresa não possui, atualmente, um sistema de medição de índices de disponibilidade de ferramentais, que possam ser utilizados como base comparativa.

Para as melhorias não quantificáveis, o critério de avaliação utilizado foi a resposta da empresa à proposta apresentada pelo pesquisador e sua validação, pelos participantes.

3.3. ESTRUTURA CONCEITUAL DA SITUAÇÃO ATUAL E DIAGNÓSTICO

Para realizar o levantamento e a análise da estrutura conceitual da situação atual e o diagnóstico, foram utilizadas as seguintes técnicas de coleta de dados:

- Reuniões e entrevistas com os setores e pessoas envolvidas (participantes): diretores de operações e inovações; gerentes das Divisões de Manutenção, Logística e Garantia da Qualidade, chefes dos Departamentos de Manutenção de Componentes Mecânicos e de Controle de Qualidade; chefe da Tenda de Ferramentas; três mecânicos e um inspetor certificados para a atividade. As entrevistas e reuniões foram semi-estruturadas; o pesquisador optou por buscar respostas a poucas perguntas básicas, visando não induzir o participante à respostas específicas, em detrimento do livre pensar. Foram questionados os seguintes aspectos:
- Como funciona atualmente e quais são os problemas observados pelo participante na gestão dos ferramentais da empresa?
- Quais os problemas observados na execução da manutenção, no que diz respeito à utilização de ferramentais?
- Os ferramentais estão sempre disponíveis quando necessário?
- No conjunto de atividades que envolve ferramentais, quais melhorias o participante crê importantes para a empresa?
- Como o participante crê que poderiam ser implantadas essas melhorias; um sistema de identificação eletrônica poderia ajudar?
- O participante gostaria de contribuir com outras sugestões?

Além disso, foram obtidas informações e dados sobre o sistema atual e procedimentos, através de consulta ao manual de procedimentos, às normas internas de produção e de qualidade; e à documentos de fabricação, manutenção, aferição, etc. A execução de um processo de revisão geral, um processo de recondicionamento e um processo de aplicação da modificação técnica, objeto da pesquisa, foi acompanhada pelo pesquisador. Foram também realizadas visitas a 2 fornecedores de ferramentais.

3.3.1. PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS DE MANUTENÇÃO DE COMPONENTES MECÂNICOS

As atividades de manutenção de componentes mecânicos são realizadas conforme as diretrizes técnicas da documentação de manutenção, emitida pelo fabricante e que se aplica diretamente sobre esses componentes. As diretrizes incluem:

- Programa Recomendado de Manutenção: contém os componentes e sub-componentes submetidos à manutenção programada *Hard Time* e à manutenção *On Condition*, sua periodicidade, em horas de voo, em ciclos ou calendária (definida a partir de tempo calendário, ou seja: 6 meses, 2 anos, etc.); bem como as limitações de aeronavegabilidade;
- Manual de Manutenção, que descreve os procedimentos de manutenção de componentes, sub-componentes e equipamentos;
- Manual de Reparos, que detalha os procedimentos de reparo de peças;
- Manual de Revisão, que detalha os procedimentos e ferramentais utilizados na Revisão Geral dos componentes, em todas as fases do processo: desmontagem, limpeza e decapagem, remoção de corrosão, inspeção visual e dimensional, inspeção de trincas por metaloscopia, líquido penetrante ou ultrason, proteção química e pintura das peças, remontagem, regulagem e ensaio do conjunto;
- Coleção de Boletins de Serviço e outras instruções técnicas com periodicidade de aplicação definida e que não constam nos manuais acima.

As intervenções de manutenção em componentes são efetuadas a partir do Dossiê de Manutenção, do qual fazem parte os documentos: Ficha de Intervenção em Componentes (FIC), Ordem de Serviço de Manutenção (OSM) e Ficha de Processo (FP).

Na FIC são registrados, além dos dados de identificação do componente, o tipo de serviço a ser executado, o número da Ficha do Processo de Manutenção, anotações efetuadas no decorrer das etapas de manutenção, pelo mecânico, inspetor ou gestor do serviço; e número do orçamento emitido para o cliente.

A OSM tem como principal objetivo o de garantir a rastreabilidade dos serviços executados. Todos os documentos emitidos para registro das intervenções em componentes, bem como todo o material requisitado e toda a mão-de-obra aplicada estão relacionados com as Ordens de Serviço, na qual são registrados os dados de identificação do componente, a descrição do trabalho a ser realizado (definição inicial) e do que foi realizado (definição

final após análise técnica), os nomes e assinaturas do gestor, mecânico e inspetor responsáveis. Também é registrado o objetivo comercial da mesma, ou seja: faturamento, garantia ou outros; e as datas de abertura e encerramento.

Na FP numerada, através de código de barras, conforme o modelo da aeronave e o tipo de processo de manutenção, consta a sequência cronológica das etapas de trabalho a serem cumpridas, referenciando-se os respectivos Cartões de Trabalho (CT) do manual de manutenção, revisão e/ou reparo. Também são anexadas à FP as fichas de registro de regulagens e ensaios.

As etapas do processo variam de acordo com o tipo de serviço a ser realizado e correspondem, basicamente, a: preparação para desmontagem do componente, desmontagem, limpeza e/ou decapagem, remoção de pontos de corrosão, quando aplicável, inspeção visual de dimensional, detecção de defeitos ocultos por controle metaloscópico e/ou líquido penetrante, proteção química contra corrosão, ensaio (elétrico ou hidráulico) dos sub-componentes, pintura das peças, preparação para montagem, montagem, controle final e liberação para entrega ao cliente ou estocagem.

Nos Cartões de trabalho dos manuais de manutenção/ revisão/ reparo são definidos, de forma detalhada, os procedimentos a serem utilizados, o catálogo de peças, bem como os ferramentais e produtos químicos relacionados.

Na Figura 20 está representado o fluxograma geral de Revisão Geral de componentes mecânicos aeronáuticos, objeto desse trabalho.

Fluxograma – Revisão Geral

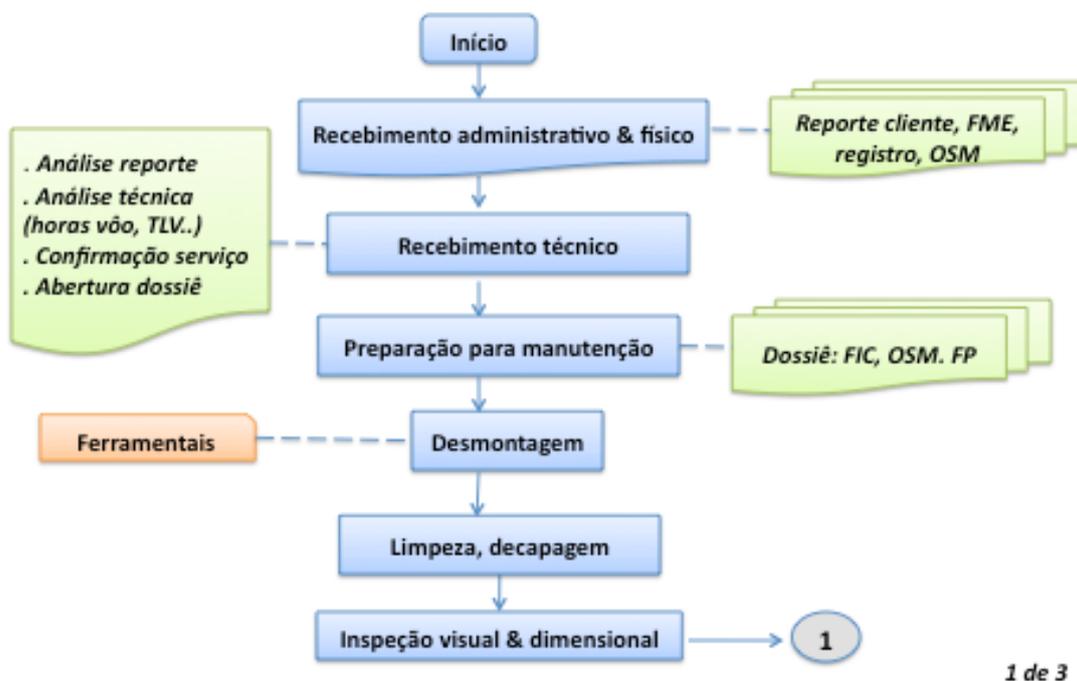


Figura 20a – Fluxograma de Revisão Geral de componente aeronáutico – Pág 1/3

Fluxograma – Revisão Geral

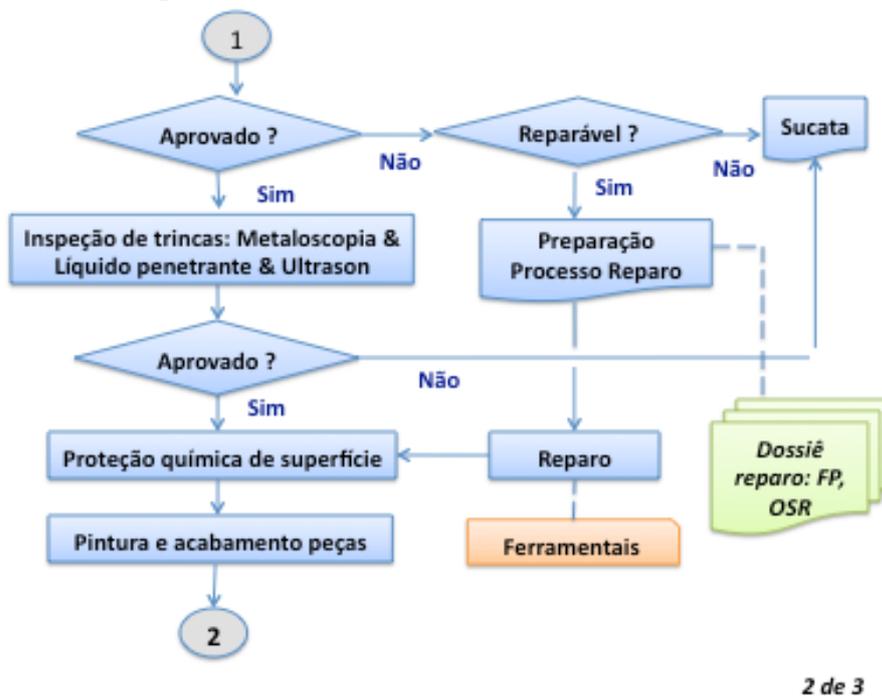


Figura 20b – Fluxograma de Revisão Geral de componente aeronáutico – Pág 2/3

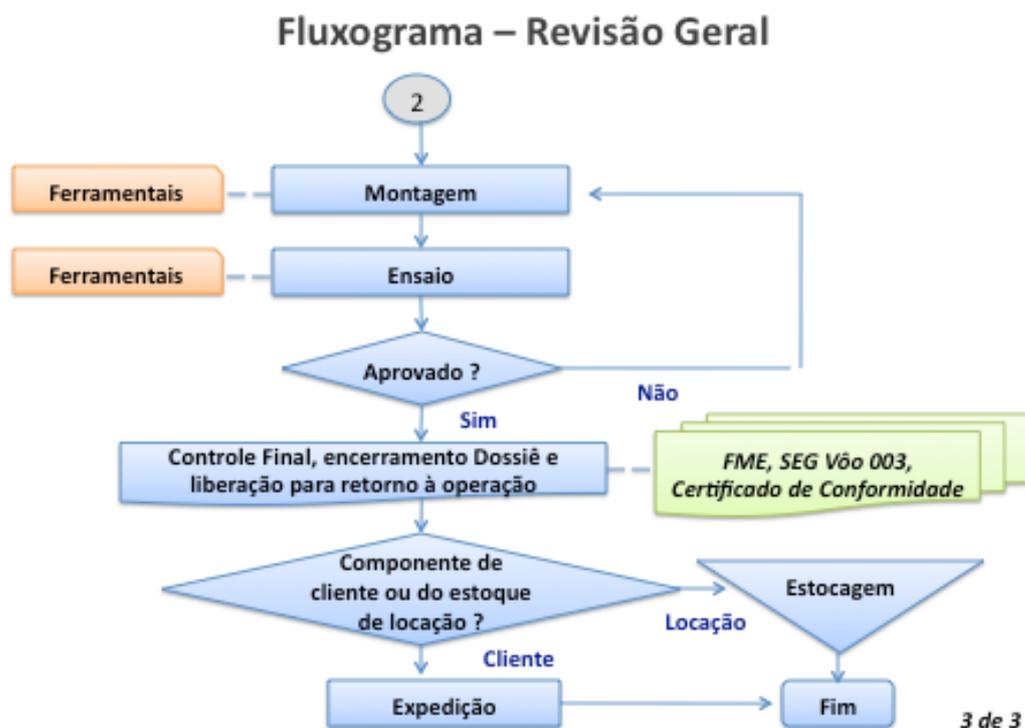


Figura 20c – Fluxograma de Revisão Geral de componente aeronáutico – Pág 3/3

3.3.1.1. Classificação de Ferramentais

Os ferramentais, objeto desse estudo, e ferramentas são classificados da seguinte forma:

a) Quanto ao emprego:

- Ferramental de emprego específico a uma peça ou conjunto: são aqueles utilizados somente para um trabalho específico, não possuindo aplicação genérica. Por exemplo: dispositivo de montagem da engrenagem da caixa de transmissão da aeronave “X”.
- Ferramenta de emprego não específico a uma peça ou conjunto: são aqueles de emprego genérico ou emprego em várias atividades. Por exemplo: Broca de diâmetro 4,2 mm com guia.

b) Quanto à Categoria:

A classificação dos ferramentais quanto à sua categoria está representada no Quadro 12.

Quadro 12: Categoria de Ferramentais

Categoria	Designação
29	Moldes para peças em compósitos e/ou termo-formagem.
30	Dispositivos para Colagem.
33	Dispositivos de Fresagem.
37	Dispositivos de Torneamento.
48	Gabarito de Furação / Traçagem / Recorte.
53	Dispositivo de Conformação Mecânica.
61	Gabarito de Apoio à Fabricação Elétrica.
62	Gabarito de Montagem de Subconjunto.
65	Gabarito de Apoio à Linha e/ou Manutenção.
68	Dispositivos de Montagem de Conjuntos Mecânicos.
75	Dispositivos para Ensaios em Vão.
80	Outros (por. Ex.: ferramental ou equipamento de apoio à manutenção)

c) Quanto ao Grupo de Controle:

c.1) Ferramentais do GRUPO I :

- Ferramentais destinados à montagem e/ou desmontagem de componentes ou peças classificadas como Vitais ou Classe A.
- Ferramentais de verificação/ controle destinados às atividades dos Departamentos de Inspeção;
- Ferramentais que se destinam a assegurar a intercambiabilidade de componentes ou peças;
- Ferramentais que necessitam de verificação periódica;
- Ferramentais para exportação.

c.2) Ferramentais do GRUPO II :

- Ferramentais destinados à fabricação e/ou montagem e/ou retrabalho de peças ou componentes classificados como Classes B e C.

c.3) Ferramentais do GRUPO III :

- Ferramentais destinados à fabricação, que não possuem periodicidade de inspeção;
- Ferramentais que necessitam da peça tipo para sua aprovação;
- Ferramentais destinados a fabricação, montagem ou retrabalho em peças ou componentes classificados como Classes D e E.

Os itens (componentes e peças) classe A (ou vitais) são os que afetam diretamente a segurança de vôo. Os itens classe B compreendem todos que podem, mesmo que indiretamente, afetar a segurança de vôo e que são submetidos à manutenção “Hard Time” ou “On Condition”, somente pelo fabricante ou suas filiais; são itens acompanhados em utilização e a manutenção exige meios industriais importantes e onerosos. Os itens classe C não afetam a segurança e são submetidos à manutenção “On Condition” ou “Condition Monitoring”. Os itens classe D e E não são acompanhados em utilização.

d) Quanto ao Nível de Manutenção no qual o ferramental é requerido:

- Ferramental Nível 1: empregados em manutenção de campo;
- Ferramental Nível 2: empregados em manutenção de pista;
- Ferramental Nível 3: empregados em manutenção de oficina e que não requer meios industriais importantes;
- Ferramental Nível 4: empregados em manutenção de oficina, que requerem meios industriais importantes;

3.3.1.2. Codificação de Ferramentais na Fabricação

Os ferramentais, objeto dessa pesquisa, são codificados da seguinte forma:

a) Ferramental com definição da matriz ou de outros fornecedores

É todo ferramental adquirido da matriz ou adquirido de fornecedores da matriz, como é o caso de ferramentais utilizados na montagem e/ou manutenção de equipamentos da aeronave, fabricados por terceiros.

Esses ferramentais são cadastrados no atual sistema de gestão da Tenda de Ferramentas, com número de referência original, antes do uso .

b) Ferramental nacionalizado

É todo ferramental fabricado localmente, pela filial ou por empresa sub-contratada desta, à partir de projeto e desenho da matriz; cuja funcionalidade e conceito não são afetados por possíveis variações de tolerâncias dimensionais, similaridade de matéria-prima e/ou de tratamentos térmico e superficial, contra corrosão. O número de referência do ferramental é o mesmo número do desenho da matriz.

As possíveis variações acima mencionadas são previamente analisadas pelo setor de projetos da filial e, quando aprovadas, atestadas no desenho ou na OS de fabricação. Na hipótese da funcionalidade e/ou do conceito serem afetados, o ferramental é tratado como novo projeto e, portanto, recebe identificação de projeto com número de referência criado pela filial.

c) Ferramental de definição nacional

Neste caso, o número de referência do ferramental é estabelecido pela filial a partir da referência da peça ou conjunto afetado, precedido de:

Letra “N” + 4 dígitos numéricos + referência da peça ou conjunto.

A Figura 21 exemplifica a codificação de ferramentais desse tipo.

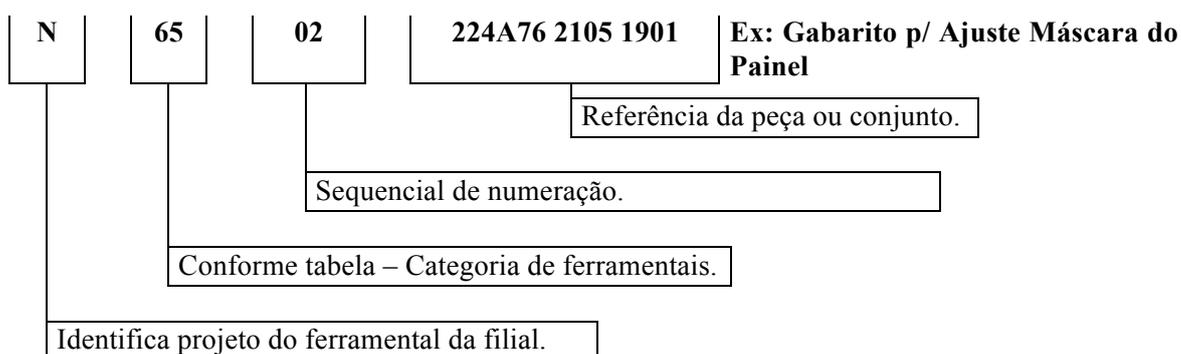


Figura 21 – Princípio de codificação de ferramentais de definição nacional

Outros exemplos:

- N4801 225A67 4022 00AA – Ferramental de furação para montagem da sonda (emprego específico).
- NF 65770 – Obturador para o Rotor Principal (emprego não específico).

3.3.1.3. Desenvolvimento de Ferramentais

O desenvolvimento de um ferramental, pela empresa filial, obedece o seguinte procedimento:

a) Solicitação de desenvolvimento:

O setor solicitante envia solicitação para o setor de Métodos e Processos.

b) Definição técnica do ferramental:

O setor de Métodos e Processos define o grupo a que o ferramental pertence (grupos I, II ou III) e elabora o desenho do mesmo (se aplicável), contendo:

- a designação e o número de referência (identificação) do ferramental,
- a lista de peças com respectivas matérias-prima,
- indicações relativas ao tipo de ajustagem entre partes, tipo de acabamento, etc
- a definição dos tratamentos térmico (se aplicável) e superficial contra corrosão.

Além dos parâmetros necessários à fabricação do ferramental, os desenhos devem conter: a periodicidade de inspeção e as características críticas de periodicidade (dimensões, tolerâncias, etc), as quais são medidas/avaliadas após a fabricação e nas verificações periódicas (quando aplicável)

Os desenhos de ferramentais somente são dispensáveis nos casos em que seja possível e haja disponibilidade para que a fabricação seja realizada a partir de uma peça modelo. Os desenhos estão sujeitos a modificações, as quais são identificadas pelo índice de revisão, acompanhadas da síntese das evoluções.

Os desenhos de ferramentais desenvolvidos pela matriz e fabricados localmente, seja pela própria filial ou por empresa sub-contratada são, normalmente, avaliados antes da fabricação, pelo Departamento de Métodos e Processos, para fins de análise técnica de sua funcionalidade, materiais e tratamentos térmicos (se aplicável), nacionalização da matéria-prima e banhos de proteção química superficial contra corrosão, como também da tradução de eventuais notas que o desenho original possa conter. A nacionalização é efetuada através da definição de materiais equivalentes ou similares, de acordo com as normas nacionais e internacionais, bem como de banhos de proteção superficial.

c) Fabricação:

Uma vez concluída a fase de desenvolvimento, inicia-se a etapa de fabricação/inspeção mediante uma Ordem de Serviço.

d) Cadastro:

Após a fabricação e a inspeção, o ferramental é cadastrado no sistema de gestão da Tenda de Ferramentas, para posterior armazenamento.

e) Validação Final:

Tem como objetivo garantir a funcionalidade do ferramental quanto ao seu uso prático. A primeira utilização do mesmo é acompanhada por um representante do departamento de qualidade e/ou de Métodos e Processos; após o qual, se aprovado, o documento SF é encerrado e o ferramental, transferido para a Tenda de Ferramentas. Caso o ferramental apresente algum problema durante a primeira utilização, o projeto será revisado e o mesmo retorna ao circuito de fabricação/inspeção, através de uma O.S de retrabalho. Dessa forma, o ferramental somente estará liberado para utilização após a entrega de uma cópia da SF devidamente encerrada no campo *Validação Final*.

A Figura 22 ilustra o fluxograma de desenvolvimento e fabricação de ferramental.



Figura 22 – Fluxograma de desenvolvimento e fabricação de ferramental

3.3.1.4. Cadastro de Ferramentais

Entende-se por cadastro dos ferramentais, a inclusão destes no sistema interno de gestão do setor denominado Tenda de Ferramentas, sob responsabilidade da Divisão de Planejamento. Os ferramentais são referenciados nos documentos de produção, tanto do setor de Materiais quanto do Setor de Métodos e Processos. A Tenda de Ferramentas constitui um dossiê no qual são arquivados os desenhos ou FTs (Fichas de Trabalho) enviados pela área solicitante.

Nos casos onde o ferramental é composto de vários itens, deve-se fazer uso do campo “observações técnicas” do “SISTENDA”, cadastro este realizado pelo Setor de Materiais com as informações fornecidas pelo Setor de Métodos e Processos (pelo projetista do ferramental, através do desenho) para registrar esta particularidade. Deste modo, o usuário terá esta informação no momento em que consultar o sistema, em busca do ferramental. Exemplo: Ferramental NF14720-03, utilizado em conjunto com NF14720-01 e NF14720-02.

Antes de qualquer utilização, os ferramentais são verificados quanto à adequação, à integridade física, às condições para utilização e à data de validade (quando aplicável a verificação periódica).

3.3.1.5. Verificação Periódica de Ferramentais

Os ferramentais sujeitos à verificação periódica são todos os pertencentes ao Grupo I, conforme classificação mencionada no item 3.3.1.1. As cotas críticas a serem periodicamente verificadas são definidas, no desenho, pelo projetista do ferramental, em conjunto com o setor solicitante e, eventualmente, pelo futuro usuário.

Por ocasião da necessidade de verificação, a Tenda requer o ferramental junto ao setor usuário, enviando-os ao Laboratório de Metrologia, juntamente com os respectivos desenhos, FT e o Registro de Verificação de Ferramentais. O Laboratório de Metrologia verifica as principais cotas e descreve o resultado no Registro de Verificação de Ferramentais, definindo, em campo específico, o resultado da inspeção, ou seja: Aprovado; Reprovado (evidente) ou abrir um RNC (Relatório de Não Conformidade). A RNC é aberta quando envolve necessidade de tratamento para correção do problema. Neste caso, o

ferramental é analisado pela CTNC – Comissão Técnica de Não Conformidade, que define as ações a serem tomadas.

Após verificação, o ferramental é devolvido à Tenda de Ferramentas, juntamente com seu dossiê e o Registro de Verificação de Ferramentais. A Tenda de Ferramentas registra a data de verificação do mesmo e data da próxima inspeção programada, no sistema informatizado, e identifica o Ferramental com uma etiqueta de validade da inspeção.

A figura 23 ilustra o fluxograma de inspeção periódica de ferramentais.

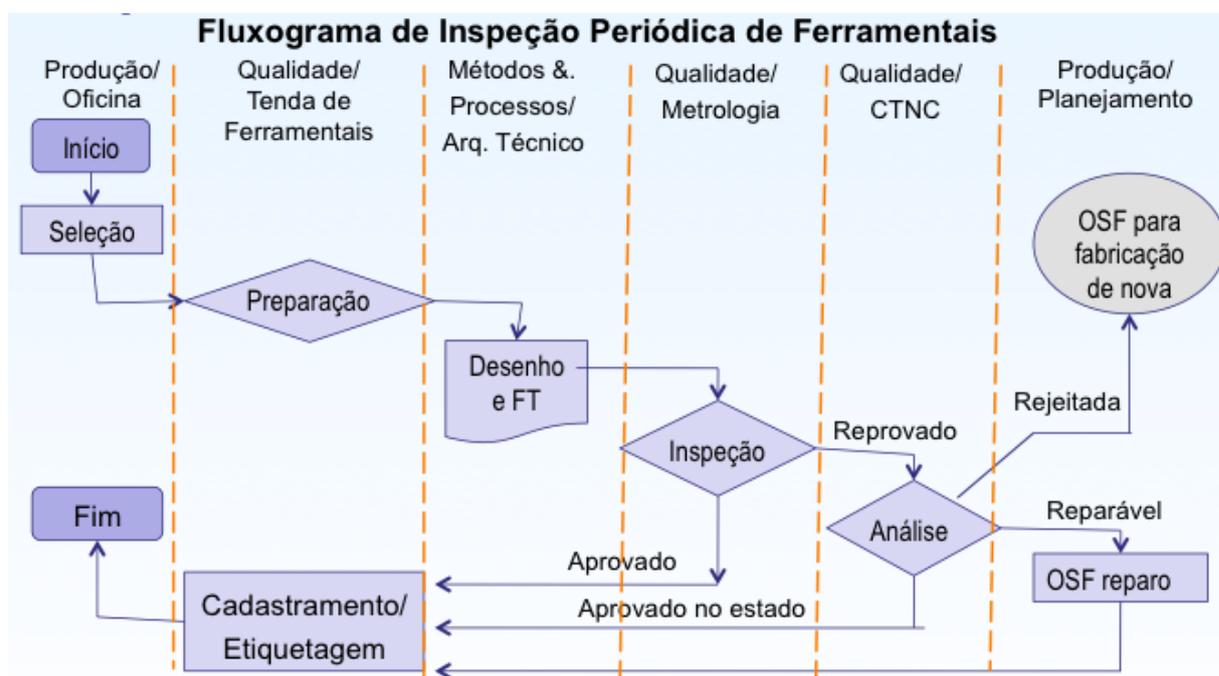


Figura 23: Fluxograma de Inspeção Periódica de Ferramentais

3.3.1.6. Localização Física de Ferramentais

A localização dos ferramentais, na empresa objeto deste estudo, é descentralizada, ou seja, os ferramentais de emprego específico são fisicamente alocados nas unidades produtivas usuárias dos mesmos. As ferramentas de uso não específico são estocadas na Tenda de Ferramentas para utilização comum entre os setores usuários. No caso de existirem mais de uma unidade, uma unidade é alocada na Tenda e as demais são alocadas nos respectivos setores que as utilizam com mais frequência. A gestão dos ferramentais, no entanto, é centralizada na Tenda de Ferramentas. Concluiu-se que, tendo em vista o volume de ferramentais em circulação e o contexto de expansão da empresa, esse procedimento deve

ser mantido pois agiliza a preparação dos mesmos nas operações de manutenção, na medida em que elimina a necessidade de requisição dos ferramentais; embora melhorias possam ser implantadas no sistema.

3.3.2. DIAGNÓSTICO

O diagnóstico foi realizado considerando-se o conjunto de atividades inerentes à uma revisão geral de um componente mecânico, com a participação dos setores produtivo, logístico, qualidade e métodos & processos, tendo sido levantados, preliminarmente, os seguintes problemas:

- O sistema de gestão de ferramentais é passível de muitas melhorias, tanto no que se refere à preparação para execução da manutenção, quanto à disponibilidade e localização dos mesmos na empresa.
- Na preparação dos ferramentais para execução da manutenção, o mecânico necessita ler a referência de cada ferramental na lista do manual de manutenção, buscá-lo nas prateleiras nas quais são armazenados (separadas por componente mecânico), conferir o número de referência, conferir a validade da aferição (quando aplicável) e trazer o ferramental até a bancada de trabalho. Essa operação é trabalhosa e lenta, sobretudo para mecânicos novatos. O sistema requer melhorias a curto prazo, tendo em vista o volume e diversidade de ferramentais controlados e a ampliação da atividade. Além disso, somente os ferramentais mais críticos são controlados.
- Embora não esteja implantado um sistema de controle que possa medir o grau de disponibilidade de ferramentais, gestores, mecânicos e inspetores têm o “sentimento” de que muito poderia ser melhorado, com frequência ferramentais são “emprestados” a outros setores, cujo controle não é eficaz. A localização, por vezes, é demorada. Ordens de Serviço abertas eventualmente precisam ser interrompidas, até que o ferramental faltante seja localizado. Se o ferramental estiver em aferição, nem sempre seu retorno é imediato.
- Os ferramentais são cadastrados e controlados pela Tenda de Ferramentas, cujo sistema carece de melhorias importantes. Não há um sistema que permita a rápida localização de um ferramental na empresa e que reflita a realidade com exatidão.

- As solicitações de ferramentais para missões externas nem sempre são formalizadas à Tenda, observa-se “empréstimos” informais. Por essa razão, a informação sobre a situação do ferramental quanto à sua localização física com frequência está desatualizada.
- Os ferramentais são armazenados próximo ao usuário principal (aquele que o utiliza com maior frequência), situação que a empresa pretende manter. No entanto, observou-se que o cadastro de ferramentais não está atualizado.
- Todos os processos de manutenção contém o número e o capítulo do manual de manutenção correspondente, no qual consta a lista de ferramentais utilizados naquela atividade. Embora o sistema esteja perfeitamente de acordo com a regulamentação aeronáutica, não há um sistema que relacione a Ordem de Serviço com os ferramentais que estão sendo utilizados desde a abertura até o encerramento de cada etapa do trabalho. Ou seja, não há a informação, em tempo real, de quais ferramentais estão reservados ou “alocados” em quais Ordens de Serviço. Se um mecânico de um setor precisar de um ferramental que está armazenado em outro setor, ele precisará verificar com vários colegas quem o está utilizando e por quanto tempo, caso o ferramental não esteja em seu local de armazenagem.
- A identificação dos ferramentais é efetuada através de marcação mecânica do número de referência do mesmo, utilizando-se vibro-gravador, punção ou pintura. Não há identificação individual de número de série; quando existem dois ferramentais fabricados com o mesmo desenho e possuindo o mesmo número de referência, não há um sistema que possa distingui-los.
- A rastreabilidade do ferramental existe, mas a obtenção das informações requer, eventualmente, consulta a vários setores. Embora seja de responsabilidade da Tenda a centralização das informações de fabricação, inspeção e aferições, uma análise efetuada em lote composto aleatoriamente indicou que a gestão requer melhorias, principalmente quanto à atualização de dados.
- Não há um sistema de planejamento da reposição de ferramentais. A iniciativa de reposição parte do chefe da oficina e/ou de um mecânico e/ou de um inspetor, quando observado que o ferramental apresenta desgaste acentuado ou outra avaria. Para novas atividades implantadas na empresa estão sendo fabricados ferramentais novos, alguns em quantidade superior a 1 unidade por referência.

O resultado da análise do diagnóstico, a delimitação dos problemas e as possíveis soluções estão apresentados no Quadro 13.

Quadro 13A: Diagnóstico

Diagnóstico	Situação e delimitação dos problemas	Possíveis soluções
A gestão de ferramentais carece de muitas melhorias, tanto no que se refere à preparação dos mesmos quanto à sua localização na empresa	Requer melhorias a curto prazo: volume e diversidade de ferramentais controlados e ampliação da atividade. Somente ferramentais críticos são controlados.	Melhorar a gestão: reavaliar procedimentos (fabricação, utilização, controle periódico, estocagem).
Os procedimentos: de fabricação, requisição, utilização e verificação periódica de ferramentais são normatizados e informatizados.	O sistema existente requer otimização a curto prazo (volume e diversidade de ferramentais controlados);	Analisar contribuição de código de barras e/ou RFID.
Descentralização física dos ferramentais, alocados na Tenda de Ferramentas, na Oficina Componentes, e no Laboratório de Metrologia.	O ferramental é mantido próximo ao usuário; se há duplicidade, um fica na Tenda e o outro no setor usuário. A empresa definiu que a situação física deve permanecer; no entanto, o controle deve melhorar.	Manter descentralização física; Reavaliar alocação física e gestão da documentação.
Não há controle de inspeção de todos os ferramentais classe I, somente os mais críticos.	Somente ferramentais críticos são controlados; falta identificação de todas as cotas relevantes para controle.	Reavaliar níveis de controle e cotas relevantes.
Identificação da referência é efetuada conforme definido no desenho, pelo projetista: quanto ao tipo (punção, vibro-gravador, etc) e a localização (fora da área de trabalho do ferramental).	A leitura do número de referência (P/N), composto de 12 a 16 dígitos e gravado fisicamente, é comparada com o P/N que consta na lista de ferramentais de cada processo de manutenção. Letras e números pequenos. Lentidão na identificação.	Agilizar a identificação do P/N. Possíveis soluções: identificação automática, através de código de barras ou rádio-frequência (RFID).
A documentação dos ferramentais (dossiê de fabricação e inspeções periódicas) é centralizada na Tenda de Ferramentas.	Nem todos os ferramentais estão cadastrados na Tenda, os registros de solicitações nem sempre estão atualizados. Em missões externas, observa-se “empréstimos” informais.	Melhorar a gestão: reavaliar procedimentos, desde a fabricação, passando pela utilização e controle periódico, até a estocagem.
Não há um sistema de reserva de ferramentais simultaneamente à abertura da Ordem de Serviço e no início de cada processo.	O procedimento atual pode acarretar interrupção do serviço em caso de empréstimo de ferramental; vários processos possuem ciclo superior a um dia de trabalho.	Desenvolver um sistema de reserva de ferramentais na abertura de um processo, para cada Ordem de Serviço.

Quadro 13 B: Diagnóstico (continuação).

Diagnóstico	Situação e delimitação dos problemas	Possíveis soluções
A preparação de todos os ferramentais não é realizada antes da operação de manutenção; os ferramentais são separados durante a manutenção, antes de cada etapa em que o mesmo será utilizado.	Se um ferramental estiver com a inspeção periódica vencida, o mecânico solicita outro à Tenda de Ferramentas. Não havendo disponibilidade, é solicitada a aferição e revalidação daquele ao Laboratório de Metrologia, o que pode acarretar atrasos e/ou interrupções no trabalho.	Rever e reorganizar o procedimento de preparação dos ferramentais. Todo o lote deve ser preparado e verificado antes do início de cada processo de manutenção.
Não há sistema de medição da disponibilidade de ferramentais.	O nível de disponibilidade é somente “percebido” pelas pessoas; não permitindo o monitoramento dos custos associados à indisponibilidade.	Implantar um sistema de medição eficaz e repercução nos custos, provavelmente em etapa posterior.
As informações que permitem a rastreabilidade estão disponíveis, mas não centralizadas.	A rastreabilidade do ferramental existe, mas a obtenção das informações é lenta, pois precisam ser buscadas em vários setores: compras, tenda, arquivo morto, etc. Isso dificulta, principalmente, a reposição.	Melhorar a velocidade de obtenção das informações: centralizar informações e informatizar histórico
A reposição ou a fabricação de mais ferramentais do mesmo P/N é efetuada quando o mecânico ou o responsável pela oficina constata a necessidade e “aciona” o setor de planejamento.	Não há planejamento da reposição de ferramentais; Ferramentais que apresentam problemas de montagem ou desgaste são repostos mediante solicitação caso a caso; o que pode atrasar uma manutenção já em andamento.	Desenvolver um sistema de planejamento de reposição de ferramentais
Há vários fornecedores certificados pela empresa para fabricação de ferramentais, mas é insuficiente.	Nem todos os fornecedores são capacitados para fabricar ferramentais complexos; somente um é certificado para ferramentais do grupo I.	Desenvolver, pelo menos, mais dois fornecedores locais certificados. Para ferramentais grupo I.

3.4. DEFINIÇÃO DOS CICLOS DA PESQUISA-AÇÃO

Os ciclos aplicados na pesquisa estão mostrados no Quadro 14.

Quadro 14: Ciclos da Pesquisa-ação aplicados na atividade de manutenção

Ciclo	Descrição	Propósito
1	Foram definidos os critérios de seleção da amostra, que se constitui de um lote de ferramentais utilizados num processo de manutenção mecânica. Foi selecionado o processo de aplicação de uma modificação técnica e o lote de 20 ferramentais utilizados no mesmo, como amostra.	Definição dos critérios e seleção da amostra objeto da pesquisa.
2	O processo de manutenção selecionado foi analisado detalhadamente, tanto no que se refere aos procedimentos (item 3.3.1) quanto às etapas de trabalho. Os cenários da pesquisa foram definidos, com base nos problemas levantados e nas possíveis ações para melhoria.	Análise do processo de manutenção e definição dos cenários da pesquisa.
3	Foram coletados dados relativos aos métodos de marcação e identificação para captura automática de dados: código de barras, marcação direta ou rádio-frequência. Os ferramentais foram analisados quanto às suas dimensões, geometria e funcionalidade. Foram analisados os tipos de etiquetas de identificação eletrônica disponíveis no mercado e a aplicabilidade dessas etiquetas em cada um dos ferramentais. Foram também analisadas as restrições funcionais, tecnológicas e de processo.	Coleta de dados relativos aos ferramentais e às etiquetas.
4	Foi desenvolvido um software específico para gestão dos ferramentais com identificação eletrônica.	Preparação da execução do processo
5	Foi efetuada a preparação dos ferramentais, para a execução do processo de manutenção, nas proposições e cenários definidos. Os tempos de preparação foram cronometrados.	Execução do processo e cronometragem dos tempos de preparação.
6	A análise dos dados e propostas de melhoria do sistema foram efetuadas no capítulo 4: Análise dos Resultados.	Análise dos dados e definição da solução.
7	As ações para implementação da pesquisa no lote piloto foram apresentadas no capítulo 4: Análise dos Resultados.	Planejamento e implementação de ações.

3.4.1. CICLO 1: CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DA AMOSTRA

Segundo Triola (2005), uma amostra é um subconjunto de membros selecionados de uma população. Para que nossas inferências sejam válidas, a amostra deve ser representativa da população (MONTGOMERY e RUNGER, 2003).

Na pesquisa foi utilizada uma amostra analítica e teórica, constituída por um processo de manutenção e um lote composto de vinte ferramentais, sendo todos pertencentes ao mesmo processo. Os critérios de seleção da amostra representativa, definidos com a empresa, são:

- a) O lote de ferramentais deve pertencer a um processo de manutenção específico, visando manter a indexação existente na atividade;
- b) O processo deve corresponder ou estar inserido numa Revisão Geral clássica, com grau de complexidade e diversidade de operações correspondente, considerando-se as seguintes premissas:
 - a análise dos tempos despendidos antes e após a aplicação da tecnologia AIDC é coerente com a preparação desta operação;
 - dentre as operações aplicáveis, é a de maior frequência, de menor ciclo e com menor número de fases intermediárias de manutenção, de forma que a pesquisa seja realizada em tempo real, mas conforme cronograma pré-estabelecido;
 - os ferramentais apresentam diversidade geométrica e dimensional, para que a análise do tipo e posição da etiqueta de identificação seja abrangente;
 - preferencialmente, os ferramentais possuam diferentes classificações, ou seja: quanto ao emprego, categoria, grupo de controle e nível de manutenção.

Seleção da amostra

Foi selecionado o processo de aplicação de uma modificação técnica, recomendada pelo fabricante, que se refere à melhoria da estanqueidade de um componente mecânico. Os ferramentais utilizados neste processo compõem a amostra selecionada e estão listados no Quadro 15.

A referida melhoria implica na aplicação de uma modificação técnica no conjunto, que consiste na substituição do protetor utilizado atualmente por uma junta; na instalação de novo porta-junta, visando impedir a contaminação por areia e poeira; no engraxamento

periódico da junção entre a junta externa e o punho, de modo a evitar seu funcionamento a seco; bem como na modificação do local de engraxamento.

Quadro 15: Seleção da amostra: ferramentais utilizados no processo de manutenção

Aeronave 213 - Processo de manutenção: modificação técnica nº 12						
Lista de Ferramentais						
Item	Descrição	Código	Classificação quanto à:			
			Emprego	Categoria	Grupo de Controle	Nível de MNT
1	Dispositivo portátil de ensaio	E	Específico	68	1	3 e 4
2	Guia de montagem do freio	I	Específico	68	2	3 e 4
3	Guia de montagem da porca	J	Específico	68	2	3 e 4
4	Guia de montagem do espaçador	K	Específico	68	2	3 e 4
5	Guia de montagem porta junta	L	Específico	68	2	3 e 4
6	Guia do rolamento	M	Específico	68	2	3 e 4
7	Suporte de montagem da junta	N	Específico	68	2	3 e 4
8	Extrator do espaçador	O	Específico	68	2	3 e 4
9	Cilindro Hidráulico 12 ton.	P	Genérico	80	2	3 e 4
10	Extrator dos rolamentos	Q	Específico	68	2	3 e 4
11	Suporte do punho	R	Específico	68	2	3 e 4
12	Extrator da porca	S	Específico	68	2	3 e 4
13	Extrator	T	Específico	68	2	3 e 4
14	Bomba Hidraulica	U	Genérico	80	3	3 e 4
15	Cilindro Hidraulico 20 ton	V	Genérico	80	3	3 e 4
16	Extrator do punho	W	Específico	68	1	3 e 4
17	Chave	X	Específico	68	2	3 e 4
18	Suporte do punho	Y	Específico	68	1	3 e 4
19	Chave de desmontagem	Z	Específico	68	2	3 e 4
20	Cilindro hidráulico – 10 ton.	Z1	Genérico	80	3	3 e 4

3.4.2. CICLO 2: ANÁLISE DAS ETAPAS DO PROCESSO

As etapas de trabalho para aplicação do processo da modificação técnica, nas quais são utilizados os ferramentais da amostra, e descritas no Quadro 16, são:

- remoção dos punhos, dos rolamentos, do porta-junta e dos dispositivos de engraxamento;
- limpeza e inspeção das partes;
- controle dimensional;
- operações preliminares antes da remontagem;
- remontagem das partes e porta-junta após modificação;
- ensaio de estanqueidade do conjunto.

Quadro 16: Descrição das Etapas do Processo

Operação	Etapas de trabalho	Ferramental utilizado
1) Remoção do punho	a. instalar o punho no suporte e remover suas partes;	Y
	b. remover a porca	Z
	c. remover o conjunto de rolamentos;	W, V, U
	d. remover o espaçador e o selo	O
	e. instalar o conjunto de rolamentos no suporte;	R
	f. remover o bujão;	T
	g. remover a porca	S
2) Remoção da bateria de rolamentos	h. remover os rolamentos	Q, P, U
	i. remover a junta	N, Z1
3) Instalação dos rolamentos e do conjunto junta e porta-junta do eixo	j. instalar o porta-junta	R
	k. instalar os rolamentos	M, V
	l. montar a porca	S
	m. montar o bujão e a junta	J, M
	n. montar retentor da porca	I
4) Instalação dos punhos	o. instalar os punhos no ferramental	Y
	p. montar o espaçador e o selo no punho	K, L
	q. aplicar o torque na porca	X
5) Ensaio dos punhos	r. efetuar ensaio de estanqueidade dos punhos	E

3.4.3. CICLO 3: COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada considerando-se duas proposições relativas ao método de identificação dos ferramentais e dois cenários relativos ao método de preparação dos mesmos, para fins de execução do processo de manutenção, ilustrados na Figura 24, e da seguinte forma:

a) Proposições relativas ao método de leitura da identificação do ferramental:

- Proposição 1: Identificação manual de cada ferramental, marcado por vibrogravador, punção ou pintura;
- Proposição 2: Identificação automática de cada ferramental, através da aplicação da tecnologia AIDC e utilizando leitor portátil de código de barras bidimensional (DataMatrix).

b) Cenários relativos ao método de preparação do ferramental:

- Cenário 1: Preparação do ferramental antes da execução do processo de manutenção;
- Cenário 2: Preparação do ferramental no decorrer da execução do processo de manutenção e antes de cada etapa de trabalho (situação atual).

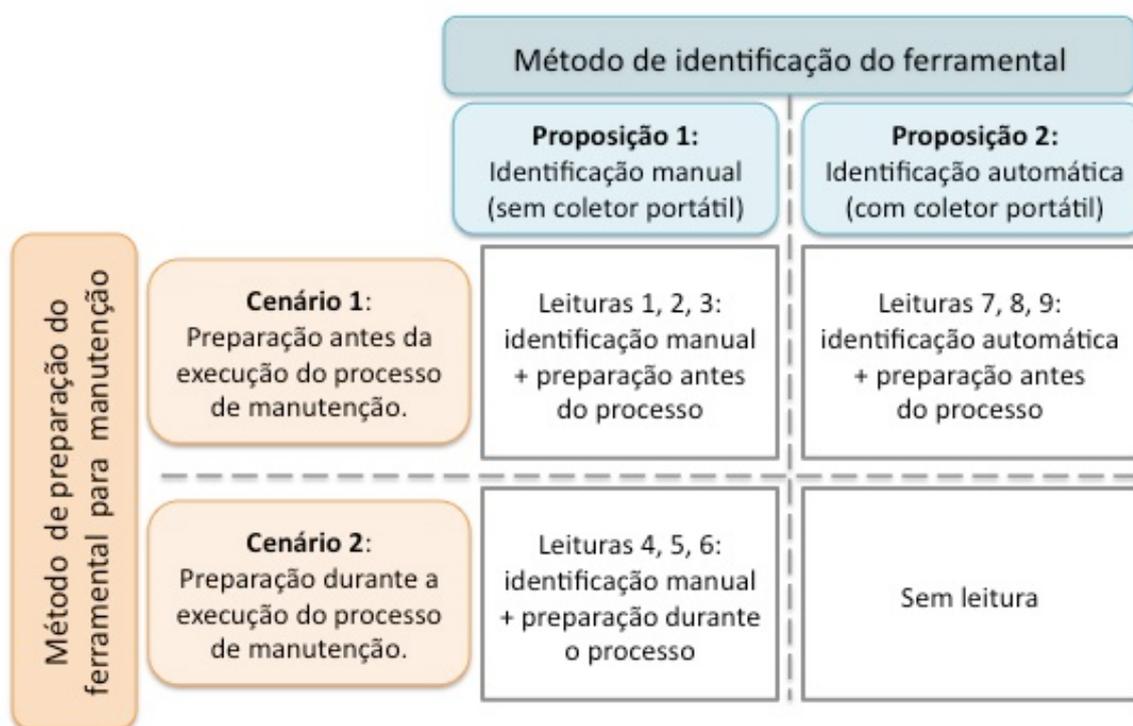


Figura 24: Proposições e Cenários adotados para a coleta de dados

3.4.3.1. Proposição 1: Identificação manual do ferramental

O método de identificação manual, ou seja, sem utilização de qualquer tecnologia AIDC, corresponde ao sistema atualmente utilizado na empresa. A referência de cada ferramental é marcada mecanicamente, diretamente sobre a superfície do mesmo, através de vibro-gravador, punção ou pintura, em função do material utilizado em sua fabricação e de sua funcionalidade. Nessa proposição, a leitura requer a prévia identificação do local onde a referência foi gravada e sua conferência com o que está previsto no manual de manutenção.

3.4.3.2. Proposição 2: Identificação automática do ferramental, através da tecnologia AIDC

Primeiramente foram analisados os sistemas de marcação e identificação dos ferramentais, considerando-se aplicação de três tipos de tecnologia AIDC: código de barras linear, código de barras bidimensional (*matrix*) e rádio-freqüência (RFID). A análise foi efetuada independentemente do método de preparação dos ferramentais e dos tempos de mão-de-obra despendidos no processo.

Nessa análise foram considerados os seguintes fatores:

- dimensões e material do ferramental;
- geometria do ferramental e tipo de superfícies para fixação de etiquetas, ou seja, plana ou curva, dentro ou fora da região de trabalho (área do corpo do ferramental em que ele é utilizado, impossibilitando a fixação de etiquetas).
- funcionalidade do ferramental;
- disponibilidade de etiquetas, no mercado, para fixação em superfícies curvas e respectivos materiais;
- disponibilidade de etiquetas que suportem altas temperaturas (200 graus Celsius);

Nesse contexto, a coleta de dados foi realizada em várias etapas, iniciando-se pelas soluções de menor custo e considerando-se as seguintes possibilidades:

- utilização de etiquetas de código de barras linear;
- utilização de etiquetas de código de barras *matrix*;
- marcação direta DPM com código *matrix*;
- utilização de etiquetas (*tags*) de RFID.

A síntese dessa análise é apresentada no Quadro 17.

Quadro 17: Estudo de aplicabilidade de códigos de barras e RFID nos ferramentais

Estudo da aplicabilidade da tecnologia AIDC				
Código do ferramental	Características físicas	Código de Barras		RFID
		Linear ou <i>Matrix</i> gravado em etiqueta	<i>Matrix</i>, gravação direta DPM	Etiqueta
E	aço, equipamento portátil com superfície plana	aplicável etiqueta de alumínio ou resinada	marcação aplicável	aplicável em superfície plana
K, L, W e Y	alumínio, circular, médio, superf. plana fora da área de trabalho	aplicável etiqueta de alumínio ou resinada	marcação aplicável	aplicável em superfície plana
M, V	aço, circular, médio, utilizado à 200 graus Celsius.	aplicável etiqueta de polímero, resistente à 200 graus Celsius.	marcação aplicável	comercialmente <u>indisponível</u> (encapsulada e muito pequena).
I, J, R	aço, circular, pequeno, não possui superfície plana fora da área de trabalho	aplicável etiqueta resinada	marcação aplicável	<u>não aplicável</u> devido às dimensões do ferramental, aplicável na embalagem .
O	alumínio, superfícies planas e circulares, médio	aplicável etiqueta de alumínio ou resinada	marcação aplicável	aplicável em superfície plana
P, Q, U, Z1	aço, circular, médio, não possui superfície plana fora da área de trabalho	aplicável etiqueta flexível, resinada	marcação aplicável	<u>não aplicável</u> devido à superfície, poderia ser colada na embalagem.
S, T	aço, circular, médio, com superfície plana fora da área de trabalho	aplicável etiqueta de alumínio ou resinada	marcação aplicável	aplicável em superfície plana
N	nylon, circular, médio	aplicável etiqueta flexível, resinada.	marcação aplicável	<u>não aplicável</u> devido à superfície, poderia ser colada na embalagem
X, Z	aço, circular, superfície plana	aplicável etiqueta de alumínio ou flexível, resinada.	marcação aplicável	<u>não aplicável</u> devido à superfície, poderia ser colada na embalagem

Cabe ressaltar que a marcação DPM é tecnicamente aplicável tanto à código de barras linear quanto ao código *matrix*. No entanto, o código *matrix* possui maior densidade

de informação, ou seja, maior capacidade de inserção de dados para a mesma área ocupada, quando comparado ao código de barras linear. Considerando-se que DPM é um processo de marcação permanente e bem mais oneroso do que a colagem de etiquetas, sua utilização é mais adequada ao código matrix, principalmente em aplicações industriais. Além disso, o código matrix possui capacidade de redundância da informação, ou seja, se uma parte do código é danificada, o matrix possui um mecanismo de recuperação dessa informação. A tecnologia de código de barras linear com marcação DPM não foi, portanto, analisada neste trabalho.

Na primeira etapa da coleta de dados, e no contexto da tecnologia AIDC, foram analisadas todas as possibilidades de se utilizar etiquetas afixadas ao ferramental através de adesivo e o tipo de etiqueta mais adequado, em função das especificidades dos ferramentais e das etiquetas. A análise foi conduzida baseando-se nas seguintes características e obtendo-se os seguintes resultados:

- Tamanho da etiqueta: as etiquetas de código de barras podem ser bem menores que as de RFID; sendo este um provável fator restritivo para a tecnologia RFID.
- Material da etiqueta: os materiais utilizados na fabricação das etiquetas de código de barras e RFID diferem entre si. Para código de barras, foram consideradas as opções: papel simples, papel resinado, alumínio e polímero. Etiquetas flexíveis e fabricadas em papel simples ou resinado, poderiam ser aplicadas em todos os ferramentais, exceto nos ferramentais M e V, que devem ser de polímero resistente à temperatura de 200 graus Celsius. No entanto, em função do tipo de atividade, cujos ferramentais estão permanentemente oleados, as etiquetas de papel simples não seriam adequadas. Para RFID, as etiquetas de polímero seriam adequadas a todos os ferramentais, exceto M e V, nestes casos devem ser encapsuladas para resistir a alta temperatura. No entanto, suas dimensões são adequadas a M e V, porém pode ser um fator restritivo para outros ferramentais, pois são maiores.
- Adesivo da etiqueta: podem ser utilizados adesivos disponíveis no mercado em todos os ferramentais, fabricados em aço, alumínio e nylon, exceto em M e V, pois estes requerem adesivos resistentes à alta temperatura. Este fator não é restritivo, considerando-se as várias opções de adesivos existentes no mercado (por ex. linha de produtos da 3M).

- Tamanho do ferramental: todos os ferramentais poderiam receber etiquetas de código de barras linear ou matrix, exceto I, J e R, que são pequenos. Estes são adequados somente ao código *matrix*, que pode ser menor que o código de barras, para a mesma capacidade de inserção de dados. Quanto ao RFID, os *tags* poderiam ser aplicados em todos os ferramentais, exceto em M, V, I, J e R, em função do tamanho do ferramental.
- Geometria do ferramental: etiquetas de código de barras, linear ou matrix podem ser afixadas, à priori, em todos os ferramentais. No entanto, nos ferramentais de superfície circular e que não apresentam superfície plana suficiente fora da área de trabalho (I, J, R, P, Q, U, Z1), faz-se necessária a realização de um teste com o leitor portátil, pois as curvaturas são diferentes e é provável que este seja um fator restritivo. Os *tags* de RFID são aplicáveis à todos os ferramentais, exceto os (referenciados) que não possuem superfície plana fora da área de trabalho, como também não são aplicáveis à M e V. Não há no mercado, atualmente, *tags* de RFID que atendam aos requisitos dos ferramentais M e V, devido ao tamanho reduzido destes e a necessidade de encapsulamento para suportar temperatura de 200 graus Celsius.

Na segunda etapa da coleta de dados, foi avaliada a possibilidade de utilização da marcação do tipo DPM (*Direct Parts Marking*) com código *matrix*. A análise foi conduzida baseando-se nas seguintes características e obtendo-se os seguintes resultados:

- Tamanho do código *matrix* marcado por DPM e do ferramental: como o código *matrix* possui maior densidade de informação, à priori seria aplicável a todos os ferramentais, pois o tamanho da área ocupada pelo código não seria um fator restritivo. Porém, requer análise do tamanho mínimo do código, para que a leitura da identificação do ferramental seja efetuada corretamente, o que foi realizado posteriormente.
- Geometria do ferramental: todos os ferramentais poderiam, à priori, ser identificados com código *matrix* e marcados por DPM. No entanto, este tipo de marcação é comumente efetuado em superfícies planas. Nos ferramentais de superfície curva e que não apresentam superfície plana suficiente fora da área de trabalho (I, J, R, P, Q, U, Z1), faz-se necessária a realização de um teste com o leitor portátil, para que, primeiramente, possa ser definido o tamanho mínimo do

código *matrix* e, posteriormente, avaliar a provável restrição da curvatura da superfície.

Dessa forma, a análise preliminar da utilização da tecnologia AIDC no processo de manutenção, baseando-se unicamente no estudo de aplicabilidade de etiquetas ou marcação direta dos ferramentais, conforme apresentado no Quadro 16, conduz ao seguinte resultado:

- etiquetas flexíveis com código de barras ou *matrix*, fabricadas em papel, poderiam ser aplicadas nos 20 ferramentais;
- considerando que os ferramentais são utilizados em ambiente com presença de óleo e solventes, etiquetas de papel simples não são indicadas. As de papel resinado seriam mais adequadas, mas mesmo essas precisariam ser substituídas com certa frequência e poderiam se descolar do ferramental, o que poderia comprometer a qualidade do sistema;
- etiquetas RFID não poderiam ser aplicadas em todos os ferramentais, devido às dimensões e características geométricas dos ferramentais e o tamanho das etiquetas RFID; essa solução poderia ser aplicada a lotes de ferramentais, mas não individualmente;
- a marcação direta DPM de código *matrix*, em substituição às etiquetas, poderia, à priori, ser aplicado à todos os ferramentais;
- as soluções utilizando utilização de etiqueta de papel resinado ou marcação DPM requerem uma avaliação do tamanho mínimo do código que viabilise a leitura, com segurança. Isso será abordado após a cronometragem dos tempos despendidos no processo de manutenção.

3.4.3.3. Cenário 1: Preparação do ferramental antes do processo

No cenário 1 todos os ferramentais são preparados antes de se iniciar a execução do processo de manutenção. Essa preparação inclui: a identificação da referência (P/N – *Part Number*) do ferramental no manual de manutenção, a localização do mesmo na estante de armazenagem, a seleção e a verificação de sua aprovação para uso. Este cenário requer modificações dos procedimentos atuais.

3.4.3.4. Cenário 2: Preparação do ferramental durante o processo

O cenário 2 representa o procedimento atualmente utilizado na preparação e utilização de ferramentais de manutenção. Neste cenário, os ferramentais são identificados, localizados, selecionados e conferidos durante a execução do processo de manutenção, antes de cada etapa de trabalho. Embora possa parecer evidente que o cenário 1 é mais adequado que o cenário 2, pois contribui para minimizar interrupções na atividade; o cenário 2 é atualmente utilizado porque as etapas dos processos geralmente não são efetuadas no mesmo dia de trabalho; em algumas situações, nem na mesma semana. Algumas etapas intermediárias (por ex. decapagem, controle dimensional e de trincas, etc) são realizadas em outros setores da empresa.

A análise dos procedimentos de trabalho, mediante acompanhamento à execução do processo de manutenção, conduz ao seguinte resultado:

- o conceito de preparação do ferramental deve ser entendido como uma alocação do ferramental na Ordem de Serviço (OS) na qual será utilizado, e não somente a preparação que antecede cada etapa do serviço;
- o novo sistema de gestão de ferramentais deve prever mecanismos de reserva de todo o lote de ferramentais de um processo, e não somente os que serão utilizados em cada etapa;
- preferencialmente deve ser usado o cenário 1, pois contribui para reduzir interrupções no trabalho;
- a seleção manual e individual de cada ferramental é trabalhosa e poderia ser melhorada, porém mantendo-se o princípio de identifica-los individualmente, considerando que este é o padrão de qualidade requerido, como também possibilita o rastreamento do ferramental na empresa.

3.4.4. CICLO 4: DESENVOLVIMENTO DO *SOFTWARE* SGF - SISTEMA DE GESTÃO DE FERRAMENTAIS

Segundo Mendes e Escrivão Filho (2002), o suporte à necessidade de informação de uma empresa é viabilizado pela disponibilidade e integridade das informações armazenadas em sistemas integrados de gestão ERP - *Enterprise Resource Planning*, em base única e centralizada. Como o sistema permeia toda a empresa, as informações que por ela circulam podem ser acessadas em tempo real, por qualquer área. A orientação a processos é destacada, por muitos autores, na caracterização de um ERP. A integração da empresa, facilitada pelo uso de ERP, é decorrente de alguns fatores, como: a possibilidade da empresa operar com um único sistema de informação que atenda a todas as suas áreas; o armazenamento dos dados em um banco de dados único e centralizado e a orientação a processos.

Os processos, implementados no sistema, não se restringem a uma área ou departamento, quebrando barreiras impostas pelas estruturas departamentais. No que se refere ao controle da empresa, o ERP, por concepção, requer sistematização no lançamento das informações, para que o sistema possa refletir a situação real da empresa, permitindo o controle em tempo real. Além disso, a adoção desses sistemas requer análise dos processos executados pela empresa, quanto à necessidade de serem modificados, modernizados ou mantidos. A adequação das funcionalidades do sistema deve ser realizada em sua fase de desenvolvimento e/ou seleção, com o objetivo de se verificar se essas funcionalidades são aderentes às particularidades da empresa (MENDES e ESCRIVÃO FILHO, 2002).

Segundo SU *et al.* (2007), devido à diversidade de dispositivos dentro de uma empresa e em cada aplicativo corporativo, a gestão e a coordenação desses dispositivos representa um desafio. Além disso, em função dessa diversidade de dispositivos, existem desafios no desenvolvimento de aplicações corporativas.

Primeiramente, um sistema de gestão requer que cada aplicativo da empresa entenda o protocolo do dispositivo para se conectar e codificar / decodificar os dados. Se a aplicação precisa interagir com vários dispositivos, uma infinidade de protocolos devem ser entendidos na aplicação. Uma vez que um dos requisitos de um aplicativo corporativo é auxiliar na operação dos negócios da empresa, o desempenho seria comprometido se houver um grande número de protocolos de baixo nível que precisem ser processados.

Em segundo lugar, existe um desafio devido ao custo do hardware e limitações físicas. Se existem “N” aplicações e se, em média, cada aplicação precisa de “M” dispositivos para

captura de dados, então um total de dispositivos de $N \times M$ são necessários. Se K (um subconjunto de N) aplicativos precisam capturar dados e cada aplicativo precisa de um dispositivo, em consequência, um total de K dispositivos tem que ser instalado. Isso poderia ser difícil por causa do espaço limitado e, além disso, os leitores (por exemplo de RFID) podem interferir uns com os outros.

Em terceiro lugar, para reduzir o custo de infra-estrutura de *hardware*, um dispositivo de identificação é geralmente compartilhado entre várias aplicações. Como os aplicativos são operados individualmente, a gestão de conflitos de acesso torna-se crítica, especialmente no caso em que cada aplicativo funciona em um dispositivo durante um período prolongado.

Devido a esses desafios, é necessário criar um componente de software que fique entre o hardware e as aplicações e administre e coordene os dispositivos destinados a reduzir a complexidade da infra-estrutura de *hardware*. Com este *software*, o aplicativo corporativo não precisa interagir com o dispositivo, mas com o componente de *software*. Ele envia dados para o componente de software e recebe dados capturados pelo mesmo, sem considerar o tipo de dispositivo que está interagindo com. Este componente de *software* é definido como o servidor de borda. Ainda mais servidores de borda são interligados para formar uma rede de identificação, que por sua vez é capaz de controlar os dispositivos e capturar dados de *tags* RFID ou etiquetas de Código de Barras anexados em objetos de negócios, tais como matéria-prima, produtos, equipamentos, os embarques e pessoal.

Nessa pesquisa, foi desenvolvido um *software* específico para gestão e controle dos ferramentais, que foi denominado SGF – Sistema de Gestão de Ferramentais. Inicialmente este aplicativo foi desenvolvido isoladamente; sua integração ao sistema de gestão empresarial SAP, que encontra-se em fase de implantação na empresa, se restringe à funções de busca de dados no SAP. Esses dados constituem-se dos códigos da Ordem de Serviço de Manutenção (OSM) e da Ficha de Processo (FP), que contém os códigos de todas as etapas de trabalho de um determinado serviço de manutenção.

3.4.4.1. Descrição do *Software* SGF – Sistema de Gestão de Ferramentais

O SGF consiste de um software desenvolvido para facilitar e reduzir os tempos de preparação de ferramentais na manutenção de componentes, podendo ser utilizado também, futuramente, na montagem e manutenção de aeronaves, através de funções adicionais às que foram desenvolvidas e ampliação do banco de dados.

Esse sistema permite agilizar a preparação dos ferramentais para a manutenção, através da identificação automática dos mesmos e da integração do banco de dados de ferramentais com o banco de dados das Ordens de Serviço (OS) e respectivos processos de manutenção (FP), nos quais os ferramentais são utilizados. O banco de dados de OS e FP está inserido no SAP, em fase de implantação na empresa.

O sistema também permite a localização de ferramentais em tempo real, bastando acessar o software embarcado do coletor. Essa localização abrange os que estão sendo utilizados em dado momento (OS de manutenção), os que se encontram armazenados (em locais pré-definidos), os que se encontram em inspeção ou ainda os que estão alocados em OS de missão externa (assistência técnica). O coletor é um equipamento que faz o rastreamento de dados através de um código de barras; podendo este estar gravado em etiqueta ou diretamente no ferramental.

O *software* desenvolvido é de simples acesso a qualquer usuário cadastrado, de forma precisa e instantaneamente. A linguagem de programação utilizada foi o C# (C Sharp) e o design montado no Visual Studio. O software possui um banco de dados criado no sistema SQL (*Structured Query Language*), linguagem de programação de gerenciamento de dados em banco de dados relacional, no qual estão armazenadas todas as informações dos ferramentais.

Os ferramentais, objetos dessa pesquisa, foram cadastrados com o número de referência, a descrição, uma foto, o local de armazenagem e a validade (quando aplicável inspeção periódica). O coletor possui capacidade para ler códigos de barras gravados em etiquetas ou diretamente no ferramental, pelo método DPM. O sistema permite que, futuramente, todos os ferramentais da empresa possam ser cadastrados da mesma forma.

O *software* possui duas partes:

- Parte “A”, gestão da utilização de ferramentais, cujo objetivo é possibilitar a alocação formal dos ferramentais à Ordem de Serviço (OS) e Ficha de Processo (FP) abertos, visando garantir a reserva dos mesmos na atividade em que serão utilizados; e
- Parte “B”, rastreamento de ferramentais, cujo objetivo é possibilitar a localização física dos ferramentais nos setores usuários em dado momento. Os mesmos podem estar armazenados, em inspeção ou em utilização (OS interna ou externa).

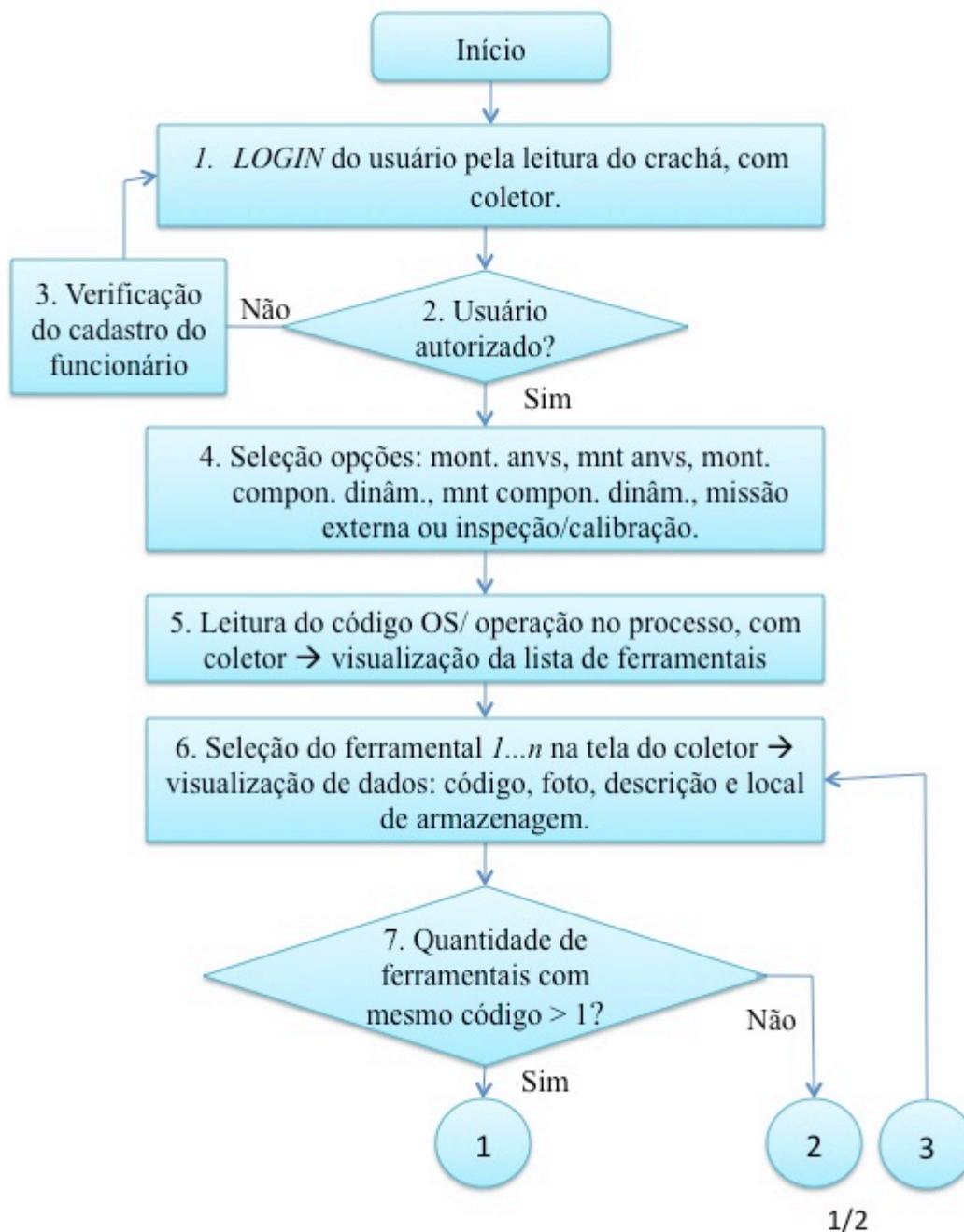
a) *Software* SGF – Parte “A”: gestão da utilização de ferramentais

A lógica utilizada na parte A do *software* pode ser sintetizada da seguinte forma:

- O acesso ao aplicativo é fornecido através da leitura do código de barras do crachá do usuário ou de uma senha (digitada no próprio coletor). O sistema busca informações no banco de dados da empresa e valida o usuário.
- Com o acesso liberado, a tela do coletor apresentará o “Menu”, na qual o usuário terá a opção de escolher o tipo de serviço a ser realizado. O menu poderá ser expandido em função de necessidades futuras da empresa.
- No programa piloto, foi ativada a opção “Manutenção de Componente Dinâmico”. Deverá ser indicado ao sistema os números da Ordem de Serviço (OS) e da Ficha de Processo (FP). Os códigos de barras correspondentes à OS e à FP fazem parte do sistema de Ordens de Serviço da empresa, desenvolvido no *software* SAP.
- O sistema apresentará a lista de ferramentais utilizados naquele processo de manutenção, previamente cadastrada conforme definido no manual. Todos os ferramentais da lista deverão ser validados, pelo usuário, um a um. Para cada seleção, a tela do coletor apresentará dados do ferramental, incluindo foto.
- Ao finalizar o processo de validação individual dos ferramentais e sair do sistema, todos os dados gerados no SGF ficarão cadastrados no banco de dados da empresa e os respectivos ferramentais estarão reservados naquela ordem de serviço e naquele processo, cuja informação estará acessível à outros usuários, incluindo gestores .

O detalhamento da estrutura do sistema utilizado para o desenvolvimento da parte A do *software* está representado na Figura 25.

Fluxograma A: Utilização de Ferramentais

Figura 25a – Estrutura do *software* SGF – parte A: gestão da utilização de ferramentais

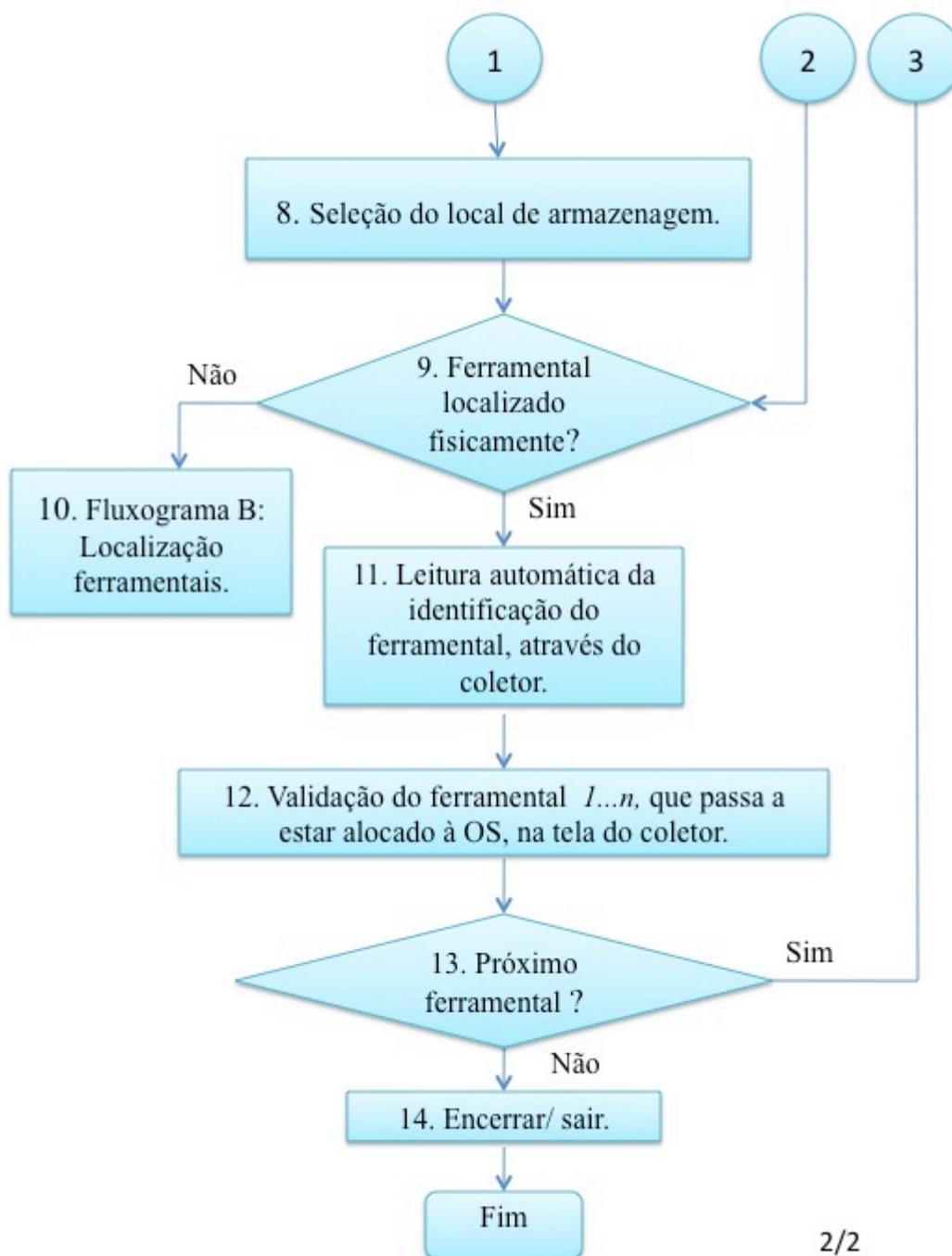


Figura 25b – Estrutura do *software* S.G.F. – parte A: gestão da utilização de ferramentais

As etapas do fluxograma da parte A do *software* podem ser descritas da seguinte forma:

1. O usuário faz o *login* no sistema através da leitura de seu código individual de funcionário, gravado em código de barras no crachá, por meio de coletor, conforme ilustrado nas Figuras 26 e 27.



Figura 26: Sistema de Gestão de Ferramentais – parte “A”, tela de entrada



Figura 27: Sistema de Gestão de Ferramentais – parte “A”, tela do “Login”

2. A tela do coletor apresentará o nome do usuário, seu número de matrícula e a confirmação de que se trata de um usuário autorizado (por ex. mecânico certificado).
3. Caso o usuário não seja autorizado, essa informação é disponibilizada na tela do coletor e o *software* bloqueia o acesso do mesmo aos menus subsequentes. Deverá ser efetuada a verificação do cadastro do usuário na empresa. Caso o mesmo seja autorizado a realizar serviços de manutenção naquele componente mecânico, poderá entrar posteriormente no sistema, após a solução do problema.
4. Se confirmada a autorização, a tela do coletor apresentará o menu de opções de serviços a serem realizados: montagem de aeronaves, manutenção de aeronaves, montagem de componentes dinâmicos, manutenção de componentes dinâmicos, missão externa ou inspeção & calibração, conforme ilustrado na Figura 28. No projeto piloto desenvolvido na pesquisa a opção ativada é “manutenção de componente dinâmico”.



Figura 28: Sistema de Gestão de Ferramentais – parte “A”, tela do Menu

5. Em seguida o usuário deverá ler, através de leitor manual, o código de barras existente na Ficha de Processo (FP) impressa, correspondente ao processo de manutenção que será executado. Esse código possui, sequencialmente, o número da ordem de serviço e o número do processo. A tela do coletor apresentará o número da OS e do processo, bem como a lista de ferramentais associadas ao mesmo. Os códigos correspondentes ao número da OS e ao processo de manutenção fazem parte do banco de dados do sistema de gestão de OS da empresa, que encontra-se em fase de teste após implantação do sistema SAP. A Figura 29 ilustra essa fase do processo.



Figura 29: Sistema de Gestão de Ferramentais – parte “A”, tela de seleção da OS e FP.

6. Com o coletor em mãos, cuja tela apresenta a lista de ferramentais a serem utilizados naquele trabalho específico, conforme ilustrado na Figura 30. Dessa forma, o usuário poderá selecionar individualmente os ferramentais. A cada seleção, seguindo preferencialmente a ordem sequencial apresentada, o sistema apresentará, na tela do coletor, as seguintes informações individuais: número de referencia do ferramental, sua nomenclatura (por. ex. extrator da Bucha), sua foto e seu local de armazenagem. Cada desenho de fabricação de ferramental possui um número de referência distinto, denominado na empresa como *Part Number* (P/N).

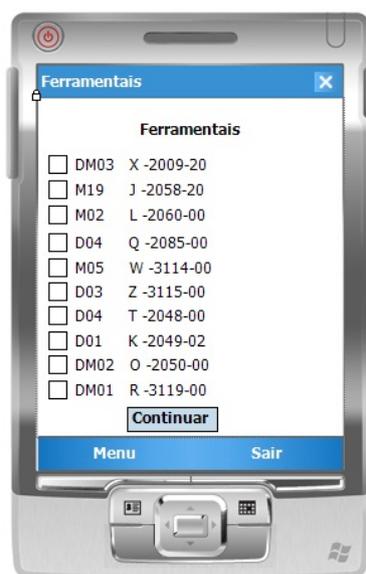


Figura 30: Sistema de Gestão de ferramentais – parte “A”, tela de seleção dos ferramentais

7. Caso exista mais de um ferramental com mesmo P/N, cada um deles será identificado com um número de série (S/N – *Serial Number*). Neste caso, a tela do coletor apresentará mais de um local de armazenagem.
8. O usuário seleciona o local de armazenagem correspondente e vai buscar, neste local, o ferramental que será utilizado.
9. Caso o ferramental não seja localizado fisicamente, o usuário poderá entrar no sistema de gestão de ferramentais – parte B (no computador de mesa da oficina) e localiza-lo.
10. O usuário localiza o ferramental através do sistema.
11. Com o ferramental acessível, o usuário faz a leitura automática de sua identificação (código de barras gravado por DPM ou em etiqueta), através do coletor, que por sua vez, apresenta ao usuário a opção de validar aquele ferramental naquela OS. Nos testes efetuados no lote piloto, um código GS1 *DataMatrix* foi criado para cada ferramental e gravado em etiqueta afixada ao mesmo.
12. O usuário valida o ferramental na OS, a partir do qual o mesmo estará vinculado àquela OS até que o processo de manutenção seja encerrado. Essa informação estará disponível, no sistema de gestão de ferramentais, a outros usuários, supervisores e gerentes envolvidos na atividade. A Figura 31 ilustra a fase de validação.



Figura 31: Sistema de Gestão de ferramentais – parte “A”, tela de validação do ferramental

13. O usuário repete as funções 6 a 12 do *software* até que todos os ferramentais da lista estejam validados na OS.
14. O usuário encerra a tarefa e sai do sistema, como ilustrado na Figura 32.



Figura 32: Sistema de Gestão de ferramentais – parte “A”, tela de saída

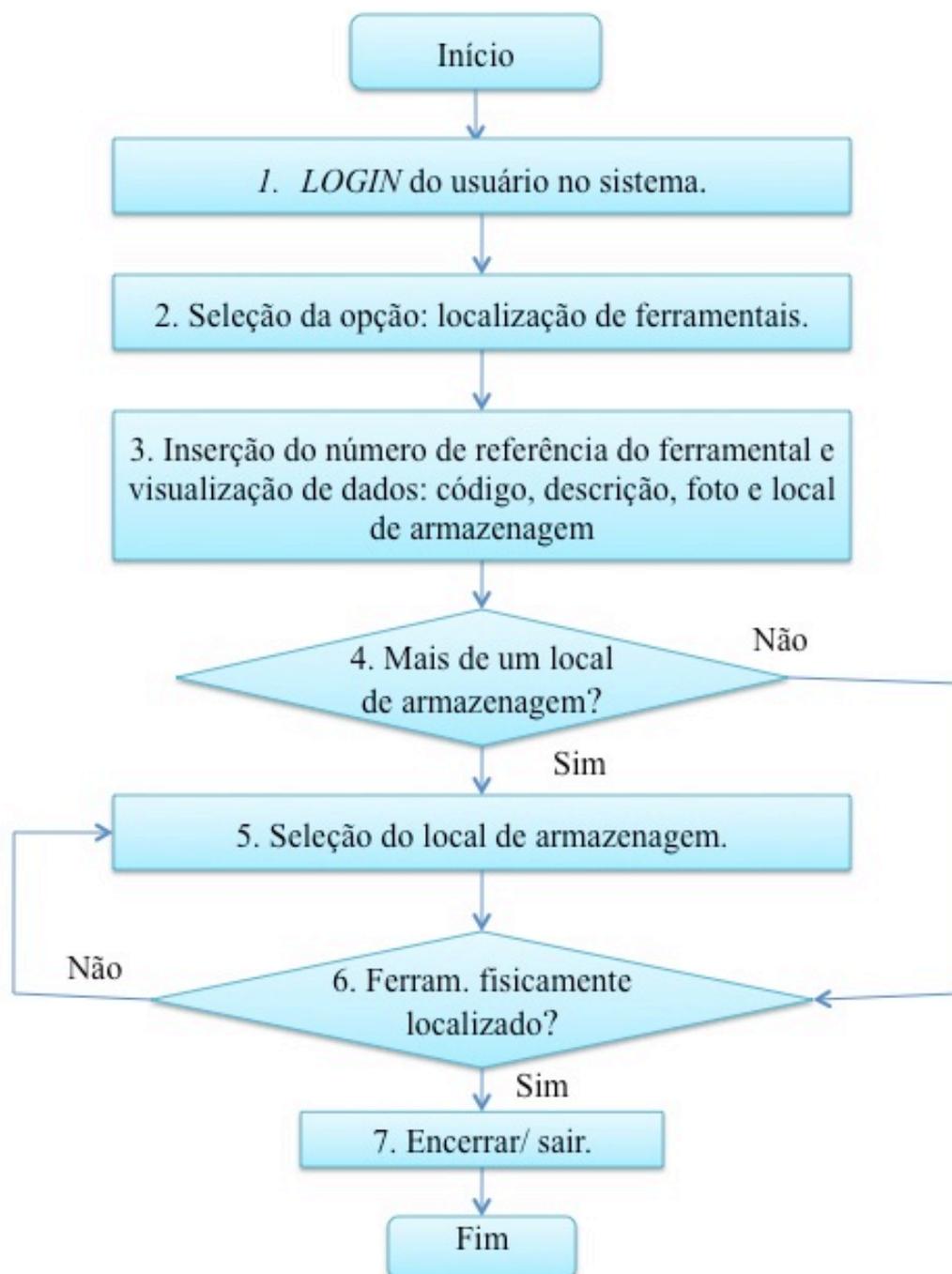
b) **Software SGF – Parte “B”: rastreamento físico de ferramentais**

A parte B do sistema possibilita localizar fisicamente todos os ferramentais cadastrados da empresa. Atualmente, a Tenda de Ferramentas possui um banco de dados que permite a localização teórica dos mesmos. Porém, considerando que o armazenamento de ferramentais não é centralizado, a “localização” dos mesmos, por este banco de dados, corresponde ao local de armazenagem pré-definido no sistema, mas que não corresponde à situação real, principalmente em situações de empréstimos de ferramental, de um setor a outro, ou realização de missões externas.

A parte B do *software* SGF foi estruturada visando possibilitar a localização física do ferramental nas diversas unidades da empresa e nos diversos setores dessas unidades. Além de contribuir na agilização do tempo de preparação da atividade produtiva, o SGF possibilitará o mapeamento de todos os ferramentais do ativo da empresa, em tempo real.

O detalhamento da estrutura do sistema utilizada para o desenvolvimento da parte B do software está representado no fluxograma da Figura 33.

B – Fluxograma de Rastreamento de Ferramentais

Figura 33: Fluxograma da Estrutura do *software* SGF– parte “B”: rastreamento de ferramental.

As etapas do fluxograma da parte B do *software* podem ser descritas da seguinte forma:

1. O usuário faz o *login* no sistema através da leitura de seu código individual de funcionário, gravado em código de barra no crachá, através do coletor.
2. A tela do coletor apresentará um menu de opções, conforme ilustrado na Figura 34. No menu deverá ser selecionada a opção “localização de ferramental”.



Figura 34: Sistema de Gestão de Ferramental – parte B, tela do Menu de Opções

3. O usuário digita a referência do ferramental (P/N) na tela do coletor (ou de um computador de mesa, caso o coletor esteja na parte A do *software*). A tela apresentará os dados do ferramental: nomenclatura, foto e local(ais) de armazenagem. O local de armazenagem consta no banco de dados do sistema. Porém, se aquele ferramental estiver sendo utilizado num serviço de manutenção, por exemplo, o mesmo terá sido alocado a uma OS. Neste caso, o sistema apresentará ao usuário o número da OS correspondente e a situação do ferramental (indisponível). Dados detalhados da OS, como o setor responsável por sua gestão (oficina, linha de montagem, etc) e o nome do mecânico que está executando o serviço são obtidos no sistema de gestão de ordens de serviço da empresa. As Figuras 35 e 36 ilustram a tela de inserção do P/N do ferramental e a tela de identificação do ferramental, respectivamente.



Figura 35: Sistema de Gestão de Ferramental – parte B, tela de inserção da referência do ferramental



Figura 36: Sistema de Gestão de Ferramental – parte B, tela de identificação do ferramental

4. Caso exista mais de um local de armazenagem, ou seja, há mais de um ferramental de mesmo P/N na empresa, o usuário passa para a etapa 5.
5. O usuário seleciona um dos locais de armazenagem; a tela do coletor/ computador apresentará o número de série do ferramental e sua situação relativa à disponibilidade, conforme ilustrado na Figura 37.



Figura 37: Sistema de Gestão de Ferramental – parte B, tela de localização do ferramental

6. Se o ferramental for fisicamente localizado, o usuário encerra o sistema, caso contrário, ele terá a opção de selecionar outros locais de armazenagem, se for o caso.
7. Para finalizar a seção o sistema pedirá a confirmação do usuário (Figura 38).



Figura 38: Sistema de Gestão de ferramental – parte “B”, tela de finalização.

c) Considerações gerais sobre o software Sistema de Gestão de Ferramentais (SGF)

No SGF poderão ser implementadas outras funções a partir da demanda da empresa. Todas essas interfaces estão interligadas através de uma rede *Wi-Fi* dentro da empresa, vinculada a banco de dados; o gerenciamento ocorrerá em tempo real e todas as informações cadastradas estarão visíveis no próprio coletor.

O *software* foi desenvolvido com capacidade de integração futura com o sistema SAP, que se encontra em fase de implantação na empresa, em outras funções além das que foram implementadas no projeto piloto.

3.4.5. CICLO 5 : EXECUÇÃO DO PROCESSO DE CRONOMETRAGEM

Com o objetivo de avaliar o resultado da aplicação das proposições e cenários considerados, os tempos de preparação dos ferramentais, no processo de manutenção selecionado, foram cronometrados em cada configuração.

As medições foram realizadas por 3 mecânicos distintos, todos habilitados para o trabalho, porém com diferentes graus de experiência na função. As etapas de trabalho de um mesmo processo foram executadas pelo mesmo mecânico em componente com determinado número de série. Foram, portanto, efetuadas nove leituras, da seguinte forma:

- a) Leituras 1, 2 e 3: manual (proposição 1), com preparação do ferramental antes do processo de manutenção (cenário 1): o mecânico foi até a prateleira onde os ferramentais estão localizados e, conhecendo-os fisicamente, procurou a referência (P/N) gravada em cada ferramental, leu o P/N e conferiu com a lista que possuía em mãos, do manual de manutenção, assinalando os já verificados. No caso do dispositivo de ensaio e dos cilindros ENERPAC, ele também verificou a validade da inspeção periódica.
- b) Leituras 4, 5 e 6: manual (proposição 1) com preparação do ferramental durante o processo (cenário 2): durante a execução da manutenção, o mecânico se deslocou, da bancada de trabalho até a estante dos ferramentais, tantas vezes quantas foram necessárias para localizar cada ferramental, identificou o ferramental e o trouxe à bancada para utilização. Dessa forma, os tempos foram maiores quando comparados ao cenário 1 devido à este deslocamento.

- c) Leituras 7, 8 e 9: automática (proposição 2), com preparação do ferramental antes do processo de manutenção (cenário 1); o mecânico preparou os ferramentais utilizando a parte “A” do *software* SGF e coletor manual de código de barras.

A tecnologia AIDC foi aplicada através do desenvolvimento do *software* SGF – Sistema de Gestão de Ferramentais, que inclui a leitura e a integração de dados. Foi selecionada, para fins de cronometragem, a tecnologia de identificação por código de barras bidimensional GS1 *DataMatrix* em função, principalmente, das características dimensionais dos ferramentais. Tendo em vista que o código matrix possui maior densidade de dados, esse atributo é relevante, pois permite a inserção de mais dados em etiquetas de tamanho bem reduzido. Além de possibilitar a medição dos tempos de preparação, essa ação permitirá a análise do menor código de barras capaz de armazenar as informações requeridas e de ser lido de maneira satisfatória. Isso contribuirá para a validação do projeto, na medida em que possibilita ampliar a abrangência do mesmo a outros ferramentais da empresa. O código de barras linear restringiria a identificação de somente um código alfa-numérico.

No projeto piloto, considerando que o método de marcação do código no ferramental, quer seja através de etiqueta ou DPM, não altera os tempos de preparação, foram coladas etiquetas com código *matrix*, para fins de teste.

O coletor de dados utilizado na pesquisa é o modelo Ck70, fabricado pela empresa americana Intermec Technologies Corporation, utiliza sistema operacional Windows Mobile 6.5 e possui módulo de *scanner* EA30. Este módulo possui tecnologia para leitura de códigos de barra, tanto unidimensionais como bidimensionais, incluindo a leitura de dados gravados através do método de marcação direta DPM. Este atributo também é relevante, pois contribui para a redução de custos, já que a identificação automática das ordens de serviço e fichas de processo, foi implantada no sistema SAP, com código de barras linear.

A Figura 39 ilustra o primeiro ferramental identificado com o código GS1 *DataMatrix*. A Figura 40 ilustra a leitura do código de barras GS1 *DataMatrix* deste primeiro ferramental, em superfície plana.

A Figura 41 ilustra o segundo ferramental identificado com o código GS1 *DataMatrix*. A Figura 42 ilustra a leitura do código de barras GS1 *DataMatrix* deste segundo ferramental, em superfície curva.

No Quadro 18 é apresentado o resultado detalhado da cronometragem nos 2 cenários.



Figura 39: Primeiro ferramental identificado com o código GS1 *DataMatrix*, em superfície plana.

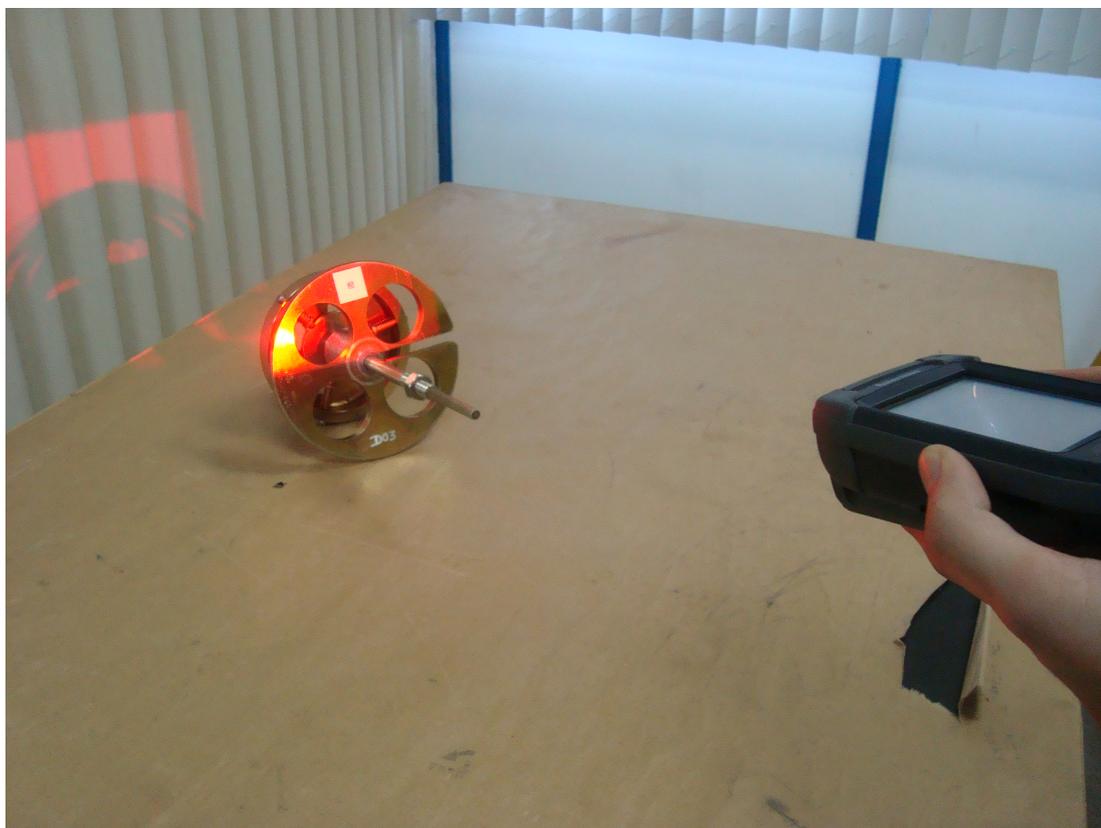


Figura 40: Leitura do código GS1 *DataMatrix* no primeiro ferramental , em superfície plana.



Figura 41: Segundo ferramental identificado com o código GS1 *DataMatrix*, em superfície curva.

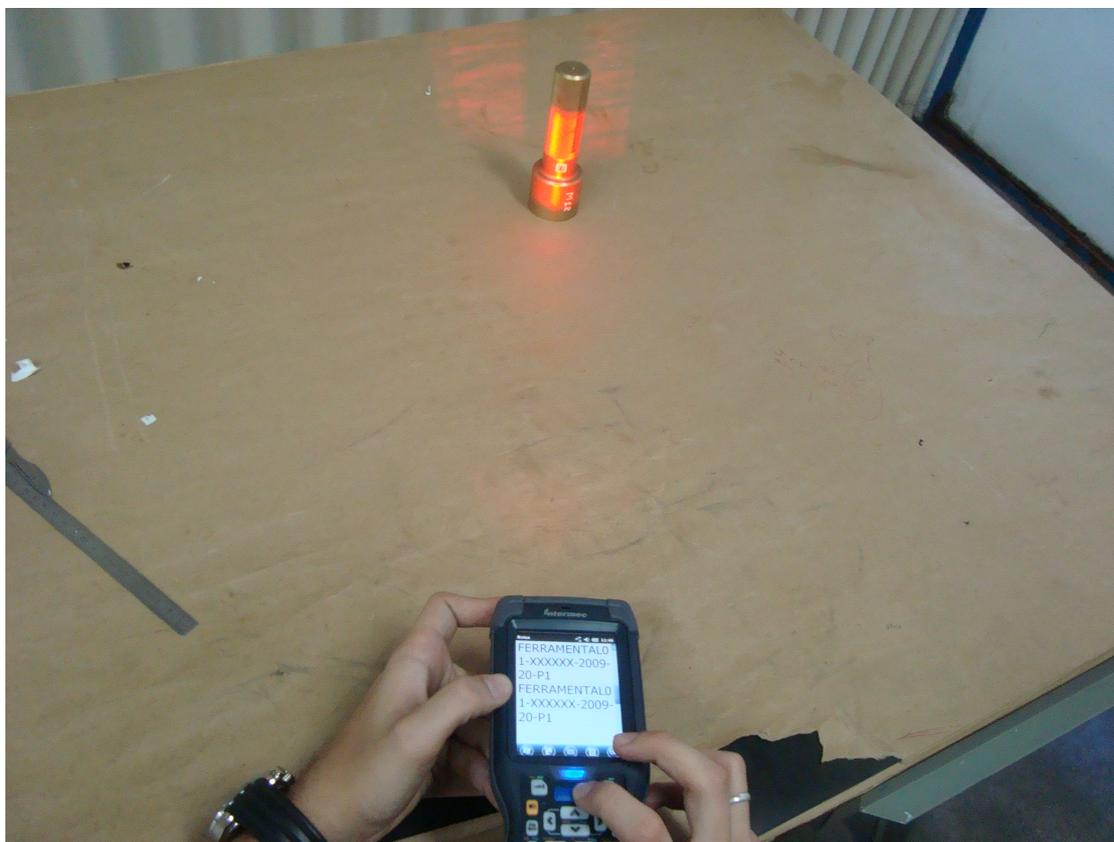


Figura 42: Leitura do código GS1 *DataMatrix* no segundo ferramental, em superfície curva.

Capítulo 4 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

Considerando que a identificação individual de ferramentais, independentemente do método utilizado, é um pré-requisito da atividade de manutenção aeronáutica, os resultados foram analisados sob os aspectos: aplicabilidade das tecnologias AIDC em função de suas especificidades e das características físicas dos ferramentais, tanto ao que se refere ao sistema de identificação como ao sistema de marcação dos ferramentais; e tempos de preparação dos ferramentais, cronometrados.

A análise da contribuição da tecnologia de identificação automática de dados na gestão de ferramentais aeronáuticos, com base nos 20 ferramentais do lote piloto, conforme descrito no ciclo 3 do Capítulo 3, conduz aos resultados apresentados em 4.1.

4.1. ANÁLISE DOS RESULTADOS (CICLO 6)

A análise do diagnóstico da situação e a aplicação dos ciclos 2, 3 e 5 da pesquisa-ação sugerem a análise que segue.

Para que o sistema de gestão, localização e rastreabilidade de ferramentais seja eficiente, é necessário que os ferramentais possam ser também identificados com o número de referência, com o local de armazenagem designado, com dados de fabricação, controle e verificações periódicas efetuadas e, preferencialmente, com foto para facilitar a localização.

Para que possam ser implantadas melhorias no sistema atual, recomenda-se um sistema de identificação automática, de forma que o processo de identificação seja agilizado e que o resultado da leitura possa ser inserido num banco de dados. Este banco de dados deve ser integrado à rede de computadores da empresa, para que possam interagir com, pelo menos, o sistema de ordens de serviço.

Considerando a ampliação e diversificação da atividade, é recomendável a criação de números de série para os ferramentais, de forma a individualiza-los.

De forma geral, compreendeu-se que a identificação pode ser efetuada através de leitura de código de barras, linear ou bi-direcional, que utiliza um feixe de luz; ou através de leitura de etiquetas de RFID, que contém um chip eletrônico. A leitura automática de dados pode ser realizada utilizando-se coletor manual (código de barras ou RFID) ou antena coletora (RFID). Para utilização de códigos de barras linear ou bi-dimensional, a marcação dos dados pode ser efetuada em etiquetas afixadas à peça ou diretamente sobre ela, através

de sistema DPM. Para utilização do sistema RFID, a marcação dos dados é efetuada em etiquetas especiais, chamadas *tags*.

Neste contexto e conforme os dados coletados no ciclo 3, a solução que melhor atende aos requisitos de funcionalidade de todos os ferramentais analisados é a tecnologia de código de barras; sendo o código bidimensional (*Matrix*) o mais adequado, principalmente devido à sua maior densidade de dados em relação ao código unidirecional (linear), haja vista que o tamanho do código é fator limitante nessa aplicação. O sistema com código GS1 *DataMatrix* atende às necessidades de armazenamento de informações em banco de dados, tanto para uma lista de ferramentais, quanto para os dados individuais, incluindo foto.

O código *Matrix* poderia ser gravado numa etiqueta ou diretamente na peça, através da tecnologia DPM. Porém, a etiqueta de papel, mesmo que resinada, implica em substituições periódicas, devido à natureza do serviço. Etiquetas de polímero ou de metal seriam aplicáveis à maioria dos ferramentais, mas não àqueles que possuem geometria e/ou dimensões que dificultam a afixação de etiquetas; como também não se aplicariam àqueles que não possuem área plana fora da área de trabalho. A marcação DPM, pelo seu caráter permanente e por dispensar o uso de etiquetas, é a mais adequada. Considerando o recente lançamento no mercado (agosto de 2011), de leitor portátil para códigos *Matrix*, a tecnologia de código de barras bidimensional gravados por DPM se torna tecnicamente viável na gestão dos ferramentais, pois todos passariam a ser eletrônica e individualmente identificados.

De acordo com os dados coletados no ciclo 5, a leitura de etiquetas GS1 *DataMatrix* confirma essa viabilidade técnica; códigos com cerca de 25 mm² (5 x 5 mm) foram identificados com o coletor Ck70 equipados com leitor EA30, de forma rápida e segura (sem erros de leitura). O coletor foi capaz de identificar os códigos *Matrix* à distâncias superiores a 1 metro, inclusive em superfície com pequena curvatura, como ilustrado nas fotos das Figuras 39 a 42.

Analisando-se a etapa de cronometragem dos tempos de preparação (ciclo 5), constata-se que o tempo médio total no cenário 1, ou seja, com preparação dos 20 ferramentais antes de se iniciar o processo de manutenção, e utilizando-se a leitura automática com coletor portátil, foi de 2 minutos e 10 segundos, ao passo que o tempo de leitura manual no mesmo cenário foi de 30 minutos e 50 segundos; ou seja, houve um ganho de mais de 28 minutos na atividade. A tecnologia AIDC, portanto, contribuiu significativamente para agilização da atividade de manutenção, conforme ilustrado nas Figuras 43 e 44.

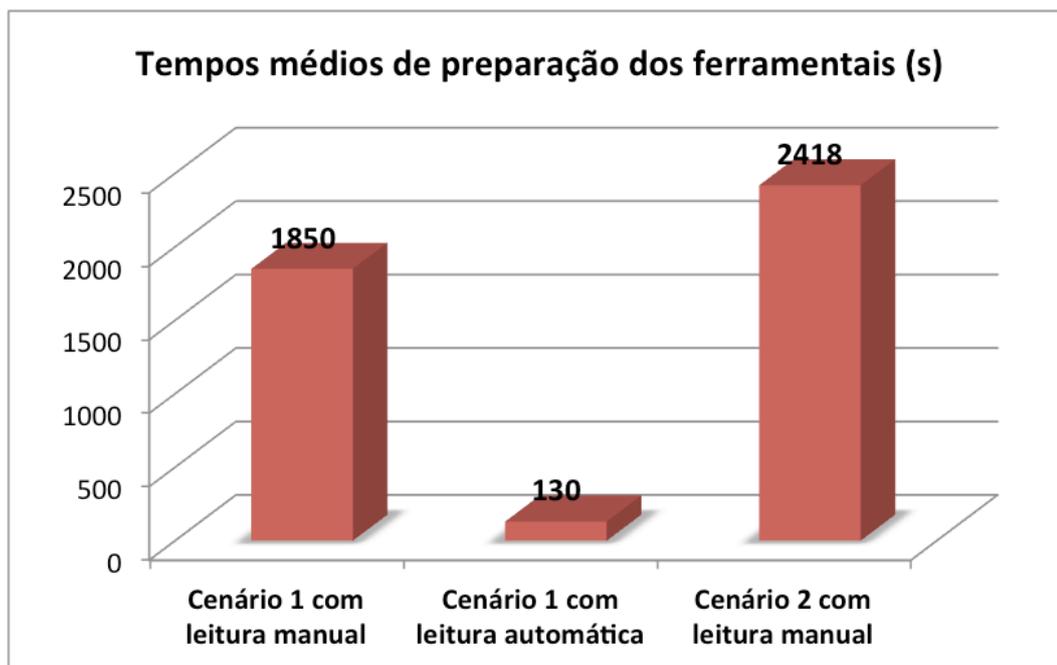


Figura 43: Comparação dos tempos médios de preparação de ferramentais, nos 2 Cenários.

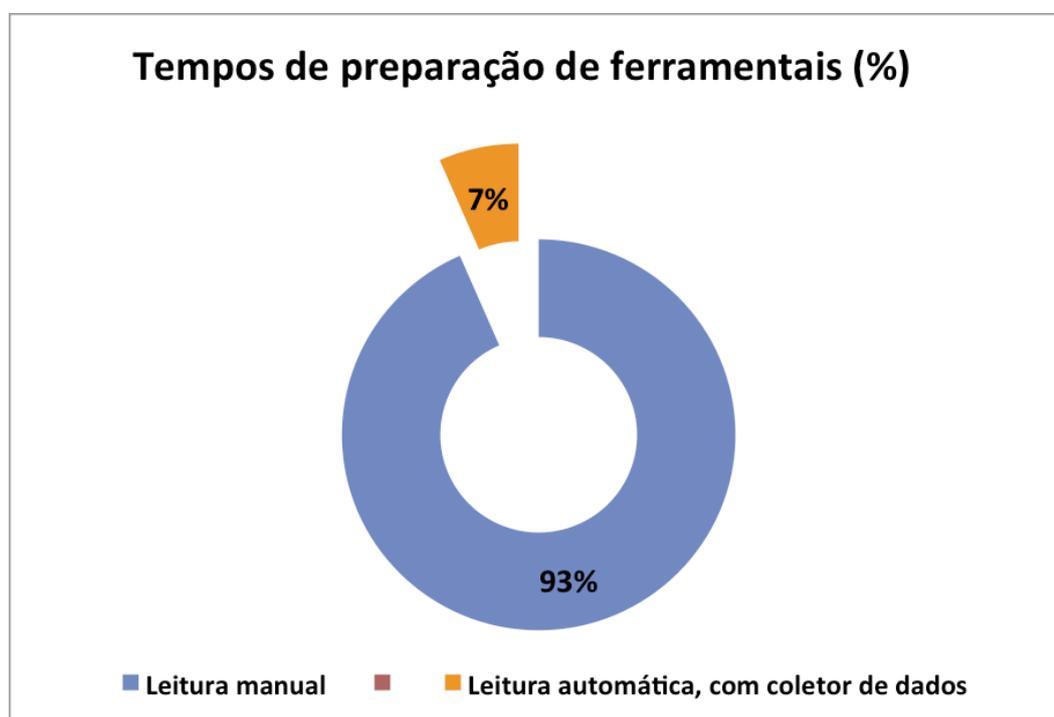


Figura 44: Tempos (%) de mão-de-obra aplicada na preparação de ferramentais – Cenário 1

Cabe ressaltar que a leitura automática foi efetuada em cada um dos 20 ferramentais, individualmente (etapa 1 das ações).

Com relação aos 2 cenários analisados, o cenário 1, com preparação dos ferramentais antes do processo de manutenção é mais apropriado do que o cenário 2, com preparação durante ao processo. No cenário 2, o tempo de mão-de-obra medido foi de 40 minutos e 18 segundos, cerca de 10 minutos superior ao resultado no cenário 1. Além disso, o cenário 1 minimiza o risco de interrupção ou atraso do serviço, quando aplicado em conjunto com o sistema desenvolvido, que inclui a alocação do ferramental na ordem de serviço em que será utilizado. O Quadro 19 representa a análise dos tempos médios de preparação de ferramentais, nos 2 cenários e proposição avaliados.

Quadro 19: Análise dos tempos médios de preparação de ferramentais.

Operação	Etapa de trabalho	Cenário 1: preparação antes do processo		Cenário 2: preparação durante do processo
		Cenário 1 c/ leitura manual tempo médio T0 (min : s)	Cenário 1 com leitura automática tempo médio T1	Cenário 2 c/ leitura manual tempo médio T0' (s)
1	a.	1:14		1:35
	b.	1:35		1:39
	c.	2:33		2:32
	d.	1:21		1:27
	e.	1:23		2:32
	f.	1:43		2:36
	g.	0:34		1:28
2	h.	2:08		2:48
	i.	1:16		2:37
3	j.	0:31		1:22
	k.	1:18		1:40
	l.	1:28		2:30
	m.	2:22		3:26
	n.	2:32		2:36
4	o.	0:23		1:33
	p.	2:22		2:34
	q.	3:25		2:30
5	r.	1:23		2:34
TOTAL		30 min 50 s = 1850 (s)	2 min 10 s = 130 (s)	40 min 18 s = 2418 (s)

Em complemento, através da análise dos processos de manutenção de componentes mecânicos e do acompanhamento a alguns serviços executados, pôde ser também constatado que os processos de manutenção estão bem estruturados e padronizados, cada componente possui um conjunto de processos definidos em função do tipo de serviço a ser efetuado, como, por exemplo, revisão geral, recondicionamento, reparos (A, B, C, etc), inspeções diversas, preservação e estocagem. Cada processo possui a lista de “cartões de trabalho” (ou capítulos) do manual de manutenção pertinente. Os cartões de trabalho, por sua vez, incluem os procedimentos detalhados, a lista de peças aplicadas, a lista de ferramentais utilizados e a relação de produtos químicos previstos.

A análise dos resultados apresentados no Quadro 19, associada à análise dos processos de manutenção, sugere que os tempos de preparação poderiam ser reduzidos mais ainda, se o sistema de gestão de ferramentais permitisse, além de identificação automática individual, a identificação por lotes, sendo cada lote correspondente à lista de ferramentais de um processo específico. O lote possuiria um código abrangendo todos os códigos individuais. Com isso, a preparação dos ferramentais de um mesmo processo se resumiria a validação de todo o grupo de ferramentais correspondentes, o que poderia ser realizado através da leitura de somente 1 código. Baseando-se nas medições individuais efetuadas, é possível estimar que esse processo de leitura levaria alguns segundos; a leitura em si é efetuada em 2 ou 3 segundos, após a qual o mecânico deverá confirmar, na tela do coletor, se todos os ferramentais estão aprovados e, em seguida, validar o lote inteiro. Esse sistema requer, no entanto, que os ferramentais estejam muito bem organizados nas prateleiras das estantes, separados por componente e por processo; e cada um em seu local específico, o que poderia ser efetuado utilizando-se, por exemplo, espuma recortada com o perfil do ferramental. Para que a validação do lote de ferramentais de um mesmo processo possa ser corretamente realizada, o mecânico precisará confirmar, visualmente, se todos os ferramentais estão presentes.

Por outro lado, relativo à tecnologia de identificação por rádio frequência, embora empresas fabricantes estejam trabalhando no desenvolvimento de pequenos *tags* com aplicação na indústria aeronáutica, os mesmos não estão ainda disponíveis no mercado. No âmbito dessa pesquisa, a tecnologia RFID seria aplicável somente a lotes de ferramentais, o que, isoladamente, não atenderia as especificidades da atividade; a impossibilidade de identificação individual de todos os ferramentais inviabiliza essa solução. Embora possa vir a contribuir na gestão da manutenção de aeronaves e componentes, a tecnologia RFID

também não atende aos objetivos deste trabalho no que se refere à rastreabilidade e ao rastreamento dos ferramentais.

4.2. SOLUÇÕES PROPOSTAS

A partir das análises efetuadas em 4.1, as seguintes soluções foram propostas, pelo pesquisador, e aprovadas, pela empresa:

- a) Implantação de novo sistema de gestão de ferramentais, com identificação individual e automática dos ferramentais, através da utilização da tecnologia AIDC, com código de barras bidimensional GS1 *DataMatrix* associado ao *software* SGF, desenvolvido especificamente. O código *matrix* poderá ser gravado em etiqueta ou marcado diretamente no ferramental. Recomenda-se a tecnologia DPM, em função das especificidades dos serviços.
- b) Implantação conjunta de sistema de identificação de lotes de ferramentais, através de identificação da estante de armazenamento dos mesmos, em complemento ao proposto em (a). Essa proposta visa contribuir para a agilização da identificação de ferramentais de processos padronizados. A validação simultânea de todos os ferramentais de um mesmo processo poderá contribuir para a redução dos tempos de preparação. Essa solução é viável para execução de processos padronizados, em reparos menores e/ou serviços não padronizados permanecerá a validação individual dos ferramentais. Para que a solução de validação conjunta dos ferramentais possa ser aplicada, será necessária a reformulação dos locais de armazenagem: as estantes deverão conter locais físicos apropriados a cada um, de forma que a identificação visual de um ferramental faltante seja facilitada. Além disso, a informação do estado do mesmo, quanto à sua aprovação para utilização, deverá estar repercutida, no banco de dados, na lista dos ferramentais de um mesmo processo.
- c) Na proposta apresentada em (b), a identificação da estante de ferramentais, através de etiqueta de código *matrix*, é adequada ao novo sistema de gestão proposto e ao sistema de armazenamento atualmente utilizado. No entanto, como o código de barras (linear ou *matrix*) funciona como um “apontador” para o banco de dados, a cada modificação na lista de ferramentais (por ex. inspeção/ aferição periódica), haverá necessidade de modificar o banco de dados, o que é perfeitamente possível utilizando-se o código *matrix*. Dessa forma, como não há movimentação das estantes

e como a alteração do banco de dados não é uma restrição para códigos de barras; a utilização de etiquetas de RFID, mais onerosas que as primeiras, não é necessária para a aplicação pesquisada. Dessa forma, a proposta apresentada foi a utilização do mesmo tipo de código de identificação (GS1 *DataMatrix*), tanto nos ferramentais quanto nas estantes, cuja leitura pode ser efetuada com o mesmo tipo de coletor.

- d) Implantação de um sistema de planejamento de reposição de ferramentais, utilizando-se o sistema desenvolvido e estabelecendo-se critérios de reposição de ferramentais (critérios de desgaste de áreas críticas, por exemplo) ou critérios de inspeção baseado em tempo de utilização.
- e) Instalação de fechadura eletrônica nas portas das áreas de manutenção e demais setores usuários de ferramentais. O ciclo de execução dos processos de manutenção, fabricação ou montagem pode ser de algumas horas ou de alguns dias. No sistema proposto, quando o mecânico faz a validação de um ferramental num processo, além do ferramental estar alocado na ordem de serviço correspondente, o mecânico passa a ser responsável pelo ferramental alocado. Dessa forma, é imprescindível que o acesso físico aos ferramentais, tanto para os ferramentais armazenados no setor quanto para os que estejam alocados em OS, seja restrito às pessoas autorizadas.

4.3. PLANEJAMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DAS AÇÕES (CICLO 7)

As ações para implementação das soluções propostas em 4.2 foram planejadas em duas etapas distintas:

- Primeira etapa: implantação do sistema de gestão proposto com identificação individual dos ferramentais;
- Segunda etapa: implantação, em complemento, da identificação das estantes de armazenamento de ferramentais.

No projeto piloto, este planejamento se restringe às ações aplicáveis no âmbito da unidade de análise selecionada, podendo ser futuramente estendida aos demais setores produtivos da empresa. Nos Quadros 20 e 21 estão representadas as ações necessárias para reestruturação da gestão de ferramentais, com aplicação da tecnologia AIDC; nas etapas 1 e 2, respectivamente.

Quadro 20: Ações para a reestruturação do sistema de gestão de ferramentais – Etapa 1

Sistema de Gestão de Ferramentais – Reestruturação – Etapa 1			
Nº Ação	Ação	Priorid.	Setor Responsável
1	Listar todos os processos padronizados do setor.	1	Métodos& Processo (MPR)
2	Elaborar, no banco de dados, a lista dos processos padronizados.	1	MPR
3	Verificar se os processos selecionados possuem código de barras no SAP; em caso negativo, criar o(s) código(s).	1	Logística (LOG)
4	Transferir a lista de ferramentais existente para novo banco de dados, indexado por processo.	2	LOG
5	Separar fisicamente e armazenar os ferramentais por processo de montagem/ manutenção e por componente.	2	Oficina (OFC)
5	Analisar geométrica, dimensional e funcionalmente cada ferramental e definir o tipo de marcação a ser efetuada: etiqueta (e material) ou gravação direta.	3	MPR
6	Atualizar a lista de ferramentais do grupo 1 na Tenda de Ferramentas, em função do desenho, da utilização e do tipo de ferramental.	3	Tenda de ferramentas (TEN)
7	Analisar o desenho de cada ferramental, verificar cotas críticas, estabelecer critérios de reposição e periodicidade de inspeção para ferramentais do grupo 1.	3	Controle
6	Criar códigos <i>matrix</i> e efetuar a gravação dos códigos em cada ferramental ou colar etiqueta.	3	LOG/ OFC
7	Coletar e inserir dados de todos os ferramentais no banco de dados, incluindo: nome, referência, foto, local de armazenagem, OS de fabricação ou Pedido de Compra (PC), grupo, periodicidade e validade de controle.	3	MPR/ LOG
8	Selecionar amostra e testar o software.	3	Tecnol. Inform. (TI)/ MPR/ LOG
9	Integrar o SGF nos setores: Laboratório de Metrologia, Tenda de Ferramentas, Planejamento.		TI
10	Efetuar modificações no software, se necessário, e testar a cada ciclo.	3	TI
11	Validar a etapa 1 do sistema e o software junto aos usuários e responsáveis.	3	MPR/ LOG/ OFC/ TI/ Controle (CNT)
12	Instalar fechadura eletrônica nas portas da oficina	4	Infraestrutura (INF)
11	Modificar os procedimentos internos de trabalho, inserindo o novo sistema de gestão de ferramentais.	4	MPR
13	Efetuar treinamento da equipe de mecânicos na etapa 1	4	MPR/ OFC
14	Divulgar o sistema na empresa e orientar usuários e gerentes na consulta ao mesmo.	4	OFC/ TI/ MPR

Quadro 21: Ações para a reestruturação do sistema de gestão de ferramentais – Etapa 2

Sistema de Gestão de Ferramentais – Reestruturação – Etapa 2			
Nº Ação	Ação	Priorid.	Setor Responsável
15	Modificar o sistema de armazenagem dos ferramentais: as prateleiras das estantes devem conter base de espuma com locais de armazenagem recortados.	5	OFC
16	Criar códigos <i>matrix</i> , gravar as etiquetas e colar nas estantes	5	LOG/ OFC
17	Atualizar o <i>software</i> , inserindo o código das estantes	5	TI/ OFC
18	Testar o sistema e o <i>software</i>	5	TI/ OFC/ MPR
19	Validar a etapa 1 do sistema e o <i>software</i> junto aos usuários e responsáveis	5	MPR/ LOG/ OFC/ TI/ Controle (CNT)
20	Atualizar os procedimentos internos, inserindo a etapa 2	6	MPR
21	Efetuar treinamento da equipe na etapa 2	6	MPR/ OFC
22	Divulgar a implantação da etapa 2 na empresa	6	OFC/ TI/ MP

Capítulo 5 – CONCLUSÕES

No âmbito deste trabalho de pesquisa, os resultados sugerem que a tecnologia de identificação automática de dados (AIDC) pode contribuir, de maneira significativa, para a melhoria da produtividade, da rastreabilidade e da qualidade da manutenção, especificamente no sistema de gestão de ferramentais, com benefícios mensuráveis, tendo sido constatado redução considerável dos tempos de preparação dos ferramentais.

A pesquisa demonstra que o processo de identificação de ferramentais pode ser melhorado e agilizado, através da implantação de sistema de identificação eletrônica individual dos ferramentais, com código de barras bidimensional GS1 *DataMatrix*, associado ao *software* SGF – Sistema de Gestão de Ferramentais, desenvolvido especificamente; através da modificação de procedimentos de trabalho e através de modificações físicas na oficina de componentes.

A pesquisa sugere que a gestão de ferramentais pode ser melhorada e agilizada também com a identificação dos ferramentais em lotes, sendo cada lote composto pelo grupo de ferramentais pertencentes ao mesmo processo de manutenção.

5.1. VERIFICAÇÃO DOS OBJETIVOS

Conclui-se que os objetivos da pesquisa foram alcançados, através do sistema desenvolvido e proposto. Este sistema pode contribuir para o aumento da agilidade na preparação e utilização de ferramentais durante a execução dos processos de manutenção, na medida em que transforma a leitura manual dos dados em leitura automática, de forma rápida e segura. O tempo médio de mão-de-obra despendido na preparação dos ferramentais do lote piloto, aplicando-se o sistema (atual) de leitura manual foi de 30 minutos, ao passo que o tempo medido após aplicação da tecnologia recomendada foi de 2 minutos, aproximadamente. Esse resultado, um ganho de cerca de 28 minutos no processo, demonstra o potencial de contribuição da pesquisa na atividade, principalmente no contexto de expansão da empresa e com a possibilidade de ampliação do projeto piloto a outras atividades produtivas.

O sistema proposto também pode promover melhorias no processo de identificação e rastreamento de ferramentais nos diversos setores da empresa, pois prevê a indexação dos

ferramentais ao processo de manutenção a que pertencem e, desses, ao sistema de ordens de serviço da empresa. A alocação de um ferramental na respectiva ordem de serviço automaticamente promove a reserva do mesmo naquele serviço e contribui para a redução das interrupções de serviços e, em consequência, dos custos produtivos. O mesmo conceito poderá ser estendido para as atividades de montagem, fabricação e inspeção. Essa melhoria é particularmente relevante considerando o contexto de ampliação da atividade e do volume de ordens de serviço envolvidas.

O sistema proposto também contribui para a melhoria da rastreabilidade dos ferramentais, pois todos os dados relevantes dos mesmos estariam num mesmo banco de dados, interligado ao sistema de ordem de serviço da empresa e de fácil acesso. Este banco de dados poderá absorver outras informações, como por exemplo, o número da Ordem de Serviço de Fabricação ou do Pedido de Compra que, por sua vez, será um código chave para a pesquisa de todo o histórico de fabricação daquele ferramental no banco de dados da empresa.

A alocação dos ferramentais nas respectivas ordens de serviço também contribui para aumentar a disponibilidade dos mesmos, na medida em que promove melhorias no sistema de rastreamento. Utilizando-se o menu de “localização de ferramentais” do software desenvolvido, ele será facilmente rastreável: não estando disponível em seu local de armazenagem, cuja informação está acessível no sistema, ele estará alocado a uma OS, seja esta de montagem, manutenção, inspeção ou missão externa. Além disso, o sistema fornece meios e facilita o desenvolvimento de um sistema de medição de parâmetros de disponibilidade.

A pesquisa também favorece melhorias no sistema de planejamento de reposição de ferramentais, através da integração futura do sistema proposto com o sistema de planejamento da montagem e da manutenção de aeronaves e componentes da empresa, possibilitando a previsão de demanda de ferramental. Essa previsão poderá ser elaborada a partir da indexação eletrônica dos mesmos a seus respectivos processos de montagem e manutenção. Além disso, o controle mais preciso dos ferramentais utilizados e critérios de desgaste bem administrados favorecem o planejamento de reposição.

Esse projeto piloto poderá ser estendido aos demais setores produtivos e a todos os ferramentais da empresa. O desenvolvido no projeto é de simples utilização, opera em ambiente Windows e possui capacidade de integração com o sistema SAP, em fase de implantação e testes na empresa. O atributo de leitura dos dois tipos de código do coletor Ck70 com módulo de *scanner* EA30 pode contribuir para a redução dos custos operacionais

da atividade de manutenção, pois reduziria investimentos em aquisições de diversos tipos de coletores. O coletor Ck70 poderia ser utilizado tanto para códigos *matrix*, como proposto neste trabalho, quanto na gestão do sistema de ordens de serviço da empresa, que utiliza códigos de barras lineares, integrados em rede com o sistema S.A.P.

A pesquisa também contribuiu para a conscientização do pessoal envolvido sobre a necessidade de realização de um inventário completo dos ferramentais, a análise detalhada da funcionalidade dos mesmos e dos respectivos desenhos, a recuperação de dados relativos à cotas críticas, o levantamento dos ferramentais controlados e a melhoria dos procedimentos internos de trabalho.

No decorrer deste trabalho, foram certificados dois fornecedores locais para fabricação de ferramentais de maior complexidade e destinados à manutenção de componentes vitais ou que se destinam a assegurar a intercambiabilidade (grupo 1). A empresa passou a contar com três fornecedores qualificados, o que contribui para melhorar a disponibilidade de ferramentais e garantir maior competitividade.

5.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se, para trabalhos futuros, a análise de viabilidade econômica de implantação deste projeto em empresa aeronáutica, tanto na manutenção de componentes, como na manutenção de aeronaves.

Cabe citar ainda, como sugestão para trabalhos futuros, a ampliação dessa pesquisa à toda a atividade de manutenção, abrangendo o processos de execução, controle e monitoramento. A tecnologia AIDC aplicada à dados relativos aos serviços executados, diretrizes de aeronavegabilidade e boletins de serviço aplicados, modificações técnicas introduzidas, MTBF, níveis de desgaste de peças críticas, dentre outros, poderá fornecer importante contribuição no monitoramento e apoio à frota operacional, bem como à redução de custos.

Há também muito a ser sugerido para otimizar todo o sistema produtivo. A integração do sistema de gestão S.A.P, em fase de implantação na empresa, com a tecnologia AIDC, associada à implantação um sistema de certificação digital junto à ANAC, poderá promover uma evolução para sistemas do tipo *paper-less*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBAREDA, A. P.; TESKE, E. K.; CONCEIÇÃO, E. da; SILVA, J. G. da; NORDES, J. de J.; COSTA, R. J. da. **Código de Barras**. Fundação de Estudos Sociais do Paraná, Curso de Administração de Empresas, Curitiba, Paraná, Brasil, 2007.

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil. **Frota Aérea no Brasil cresceu 18.5% desde 1999 e já supera 12.000 aeronaves**. Assessoria de Imprensa, Brasília, DF, publicado em 2 jul. 2009. Disponível em: <http://www2.anac.gov.br/imprensa/frota_aerea_cresceu.asp>. Acesso em 20 jun. 2011.

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil. **Certificação, Empresas de Manutenção Certificadas no Brasil, 2011**. Superintendência de Aeronavegabilidade – SAR – AIR145 – Empresas, Ministério da Defesa. Disponível em <<http://www2.anac.gov.br/certificacao/AvGeral/AIR145Bases>>. Acesso em 23 ago. 2011

AZEVEDO, S. G.; FERREIRA, J.; LEITÃO, J. **O impacto da identificação por rádio frequência (RFID) no desempenho das empresas : uma proposta de modelo de avaliação**. Fundación DialNet. Universidade da Beira Interior, Ayala Calvo J.C. y grupo de investigation FEDRA, Espanha, p.1559-1571, 2007. Disponível em: <<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2234459>>. Acesso em: 20 jun.2011.

BANGE, V. **Putting RFID in writing**. Supply Management, vol 11, n°2; p.34, 2006.

BERRY, L.; PARASURAMAN, A. **Marketing Services – Competing Through Quality**. The Fre Press, NY, USA, 1991

BERZ, E. L. **Predição de funcionamento de RFID aplicado à crachás inteligentes**. Dissertação de Mestrado, Fac. de Informática, PUC-RS, Porto Alegre, Brasil, 2011

BORCK, J. **Tunning in to RFID**. Infoworld, vol.28, n°16; p.31-36, 2006.

BRASIL. **IAC 3132/145/079 - Manual de Procedimentos para Inspeção em Empresas de Manutenção Aeronáutica**. Ministério da Aeronáutica, Departamento de Aviação Civil, Subdepartamento técnico, 1993. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/biblioteca/iac/IAC3132%20.pdf>>. Acesso em: 02 ago.2011.

BRASIL. **IAC 3139-135-0500 - Instruções para Elaboração do Manual Geral de Manutenção (MGM) – Taxis Aéreos operando exclusivamente aeronaves com configuração máxima para passageiros igual ou inferior a 9 (nove) assentos**. Serviço Público Federal, Departamento de Aviação Civil, Subdepartamento técnico, p.17, 2000. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/biblioteca/iac/IAC3132%20.pdf>>. Acesso em: 02 ago.2011.

BRASIL. **IAC 3142-39-0200 - Diretrizes de Aeronavegabilidade**. Ministério da Aeronáutica, Departamento de Aviação Civil, p.11. Portaria DAC n°126/DGAC, de 11 fev. 2000. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/biblioteca/iac/IAC3142.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2011.

BRASIL. IAC 3149-21/43-0302 - Requisitos para Uso e Preenchimento do Certificado de Liberação Autorizada (Etiqueta de Aprovação de Aeronavegabilidade), Formulário SEGVÓO 003. Comando da Aeronáutica, Departamento de Aviação Civil, Divisão de Aeronavegabilidade e Engenharia de Manutenção, 2002. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/biblioteca/iac/IAC3132%20.pdf>>. Acesso em: 02 ago.2011.

BRASIL. IS 43-001 Revisão A, Instrução Suplementar - Elegibilidade, Qualidade e Identificação de Peças de Reposição Aeronáuticas. Publicada no DOU nº 88 S/1 p.145, de 12 mai 2009. ANAC, Agência Nacional de Aviação Civil, 2009.

BRASIL. RBAC 01 - Definições, Regras de Redação e Unidades de Medida. Emenda nº 01. Publicado no DOU nº43, S/1, p.6, de 2 mar. 2011. Regulamento Brasileiro de Aviação Civil, ANAC, 2011. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/rbha.asp>>. Acesso em: 17 ago. 2011.

BRASIL. RBAC 39 - Diretrizes de Aeronavegabilidade. Publicado no DOU nº43, S/1, p.6, de 2 mar. 2011. Regulamento Brasileiro de Aviação Civil, ANAC, 2011. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/rbha.asp>>. Acesso em: 17 ago. 2011.

BRASIL. RBAC 121 - Requisitos Operacionais: Operações Domésticas, de Bandeira e Suplementares. Publicada no DOU nº 54, S/1, p.16, de 22 mar. 2010, Regulamento Brasileiro de Aviação Civil, ANAC, 2010. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/rbha.asp>>. Acesso em: 18 ago. 2011.

BRASIL. RBHA 021 - Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica: Procedimentos de Homologação para Produtos e Partes Aeronáuticas. Publicado no DOU nº33, de 18 fev. 2005, incluindo todas as Emendas até a nº 21-5 e mais a Errata 21-02, de 04 jan. 2006. ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil, 2006. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/certificacao/Doc/ANAC/RBHA/021-05.PDFm>>. Acesso em: 02 ago. 2011.

BRASIL. RBHA 043 - Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica: Manutenção, Manutenção Preventiva, recondicionamento, Modificações e Reparos. Publicado no DOU nº170, de 02 de setembro de 2004. Inclui todas as alterações até a Emenda nº 43-04, emitida em 20 de dezembro de 2005. ANAC, Agência Nacional de Aviação Civil, 2005. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/biblioteca/rbha/rbha043.pdf>>. Acesso em: 02 ago. 2011.

BRASIL. RBHA 045 - Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica - RBHA 45 : Marcas de Identificação, de Nacionalidade e de Matrícula. Extrato da Resolução nº4, 08/12/2006, publicada no DOU nº236, de 11 dez. 2006, incluindo todas as alterações até a Emenda 45-04, ANAC, 2006.

BRASIL. RBHA 145 - Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica: Empresas de Manutenção de Aeronaves. Publicada no DOU em 09 abr. 1990, incluindo todas as alterações até a Emenda 145-04, e os seguintes Atos Normativos: Resolução nº 74 e Resolução nº 97, 2009. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/biblioteca/rbha/rbha145.pdf>>

CENIPA - Centro de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **PANORAMA ESTATÍSTICO da Aviação Civil Brasileira para 2000 a 2009**. Ministério da Defesa, Comando da Aeronáutica, 2010. Disponível em: <http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/Anexos/article/19/PANORAMA_2000_2009.pdf>. Acesso em 15 jun. 2011.

CENIPA - Centro de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **AVIAÇÃO CIVIL Brasileira**. Ministério da Defesa, 2011. Disponível em: <<http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/index.php/estatisticas/estatisticas/aviacao-civil-brasileira>>. Acesso em 20 ago. 2011.

C. GUARD: **U.S. Aeronautical Engineering Maintenance Management Manual**. Department of Homeland Security, United States Coast Guard, COMDTINST M13020.1F, 2011. Disponível em: <http://www.uscg.mil/directives/cim/13000-13999/CIM_13020_1G.pdf>. Acesso em: 15 ago. 11.

CHRISTOPHER, M. **Logistics and Supply Chain Management: Strategies for Reducing Cost and Improving Services**. Financial Times, Prentice-Hall, 2º edição, Londres, 1998.

CROSBY, P. B. **Quality is Free: The Art of Making Quality Certain**. New York, New America Library, USA, 1979.

CUNNINGHAM, M. J. **Importance of Traceability for the end user**. Institution of Electrical Engineers, University of Manchester, UK, 1994.

D'HONT, S. **The Cutting Edge of RFID Technology and Applications for Manufacturing and Distribution: A White Paper from Texas Instruments**, p.1, 2003. Disponível em: <http://www.ti.com/tiris/docs/manuals/whtPapers/manuf_dist.pdf>. Acesso em: 12 mai.2011.

DYER, M.K. **Product "Traceability" for NASA space systems (Product identification and traceability standards for space system quality assurance program for NASA space systems)**. 20th Annual Technical Conference Transactions, American Society for Quality Control, New York, N.Y., United States, June 1-3, 1966, p. 202-208, 1966

EDVARSSON, B.; GUSTAFSSON A.; ROOS, I. **Service portraits in service research: a critical review**. International Journal of Service Industry Management. Vol. 16 Iss: 1, p. 107-121, 2005.

EDWARDS, M.; HOWELL, S.L. **A Methodology for System Requirements Specification and Traceability for Large Real-Time Complex Systems**. Technical report, U.S. Naval Surface Warfare Center, Dahlgren, VA., 1991.

ELICKSON, S. **An Analysis of the Potential Application of RFID to Helicopter Maintenance Operations**. Simon Fraser University, Faculty of Business Administration, Management of Technologies Program, Burnaby, BC, Canadá, 2006. Disponível em: <<http://summit.sfu.ca/system/files/iritems1/7185/etd2682.pdf>>. Acesso em: 12 mai. 2011.

FERREIRA, V. L.; SALERMO, M. S.; LOURENÇÃO, P. T. M. **As estratégias na relação com fornecedores: o caso Embraer**. Revista Gestão e Produção, São Carlos, v. 18, n.2, p.221-236, 2011.

GARVIN, D. A. **Quality on the Line**. Harvard Business Review, number 61, p. 65-73, September-October 1983.

GOTEL, O.C.Z.; FINKELSTEIN, C.W. **An Analysis of the Requirements Traceability Problem**. Proceedings of the First International Conference on Requirements Engineering, 2002. Disponível em: <http://eprints.ucl.ac.uk/archive/00000749/01/2.2_rprob.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2011

GLOVER, B. e BHATT, H. **RFID Essentials (Theory in Practice)**. O'Reilly Media, Inc., 1.ed., 288p, 2006.

GRONROOS, C. **Adopting a Service Logic for Marketing**. Hanken Swedish School of Economics, Finland, Marketing Theory, Vol. 6, No. 3, p. 317-333, 2006.

GS1 Brasil – Associação Brasileira de Automação. Disponível em: <<http://www.gs1br.org/main.jsp>>. Acesso em: 20 jul. 2011.

GS1 Brasil. **GS1 DataMatrix, Introdução e perspectiva técnica da simbologia mais avançada, compatível com os AIs GS1**, 2009. Disponível em: <<http://www.gs1.org/>>. Acesso em: 18 jul. 2011.

GS1 Global User Manual, 2010. Disponível em: <<http://gs1br.org/main.jsp>>. Acesso em: 22 ago. 2011.

HESSBURG, J. **MRO Handbook**. McGraw-Hill, NY, p. 246, 2000

HIGGINS, L. R. **Maintenance Engineering Handbook**. McGraw-Hill, NY, 1990.

HJORTH-ANDERSON, C. **The Concept of Quality and the Efficiency of Markets for Consumer Products**. Journal of Consumer Research, n. 11, p. 708-718, September 1984.

JONES, P. C. H.; HILLIER, D. **The benefits, challenges and impacts of rádio frequency identification technology (RFID) for retailers in the UK**. Marketing Intelligence & Planning, vol.23, n°4/5; p.395-403, 2005.

KARKKAINEN, M.; HOLMSTROM, J. **Wireless product identification: enabler for handling efficiency, customisation and information sharing**. Supply Chain Management: An International Journal, Volume 7, Number 4, p. 242-252, 2002.

KELEPOURIS, T.; BLOCH da SILVA, S.; McFARLANE, D. **Automatic ID Systems: Enablers for Track and Trace Performance**. Technical Report. Aerospace ID, University of Cambridge, UK, 2006. Disponível em: <http://aero-id.org/research_reports/AEROID-CAM-010-TrackTrace.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2011.

KELLY, E. P.; ERICKSON, G. S. **RFID Tags: commercial applications v. Privacy rights**. Industrial Management & Data Systems, vol 105, n°/6, p.703-715, 2005.

KEVAN, T. **Calculating RFID's benefits**. Frontline Solutions, vol. 5, n°1, p. 16-21, 2004.

KNILL, B. **Pallet tracking leads RFID applications**. Material Handling Management, vol. 57, n°1, p. 8-10, 2002.

KINNISON, H. A. **Aviation Maintenance Management**. New York, NY, EUA, McGraw-Hill, 2004.

LODEWIJKS, G.; VEEK, H. P.M.; DE LA CRUZ, A. M. L. **Reliability of RFID Logistic Systems**. Proceedings of the 2006 IEEE Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics, June 21-23, 2006, Shangai, China, p. 971-976.

MACHADO, M. C.; URBINA, L. M. S.; ANDRADE, D.; LUCHT, R. R. **Avaliação de Empresas de Manutenção Aeronáutica**. Brazilian Symposium on Aerospace Eng. & Applications, 3rd CTA-DLR Workshop on Data Analysis & Flight Control, September 14-16, 2009, S. J. Campos, SP, Brazil,.

MENDES, A. L. S. **Gestão do Valor nas Operações de Manutenção**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, Florianópolis, 2002. Disponível em:
< <http://www.lgti.ufsc.br/public/mendes.pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2011.

MENDES, J. V.; ESCRIVÃO FILHO, E. **Sistemas Integrados de Gestão (ERP) em pequenas empresas: um confronto entre o referencial teórico e a prática empresarial**, Gestão & Produção, v.9, n.3, p.277-296, dez. 2002. Disponível em:
< <http://www.scielo.br/pdf/gp/v9n3/14570.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2011.

MONTGOMERY, D.; RUNGER, G. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. Rio de Janeiro, LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2ª ed., 2003.

MORONI, M.A. **Serviços de Manutenção Aeronáutica como Unidade de Negócios: um modelo de gestão baseado num sistema de indicadores de desempenho**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, Brasil, 2003.

MULLER, G.; RICHTER, K.; PLATE, C. **Optimizing Maintenance Processes with RFID and related Knowledge management**. Fraunhofer Institute for Factory Operation and Automation – IFF, delta3n.hu, Magdeburg, Germany, 2008. Disponível em:
<[HTTP://www.delta3n.hu](http://www.delta3n.hu)>. Acesso em: 28 jun. 2011.

MURMAN, E.; REBENTISCH, E.; WALTON, M. **Challenges in the better, faster, cheaper era of aeronautical design, engineering and manufacturing**. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA – USA; Aeronautical Journal, 2000.

OLIVEIRA, F.B; PAULINO, S.R. **Desenvolvimento do Sistema de Inovação: o estabelecimento da indústria aeronáutica na região administrativa central**. Revista Uniara, São Paulo, n. 21/22 – 2008/2009.

PARASURAMAN, A.; ZEITHAML, V.A.; BERRY, L.L. **A Conceptual Model of Service Quality and Its Implications for Future Research**. Journal of Marketing (Fall), USA, p. 41-50, 1985.

PARASURAMAN, A.; ZEITHAML, V.A.; BERRY, L.L. **ServQual: A multiple-Item Scale for Measuring Consumer Perceptions of Service Quality**. Journal of Retailing, USA, v. 64, n. 1, p. 12, 1988

PARASURAMAN, A.; ZEITHAML, V.A.; BERRY, L.L. **The Nature and Determinants of Customer Expectations of Service**. Journal of the Academy of Marketing Science, USA, vol. 21, n. 1, p.1-12, 1993.

PÁTKAI, B.; THEODOROU, L.; McFARLANE, D.; PRODONOFF Jr., V. **Identification and Condition Monitoring of Mobile Objects by ID-based Sensor Integration – A Case Study**. Auto-ID Lab, University of Cambridge, UK, Aerospace ID, 2007.

PC PROJECT. **Intermec apresenta modulo de leitura inédito que identifica códigos de barra 1D e 2D simultaneamente**. 26ª edição da Feira de Intralogística – Movimat, São Paulo, agosto de 2011. Disponível em: <<http://www.pcproject.com.br/>>. Acesso em: 05 ago. 2011.

RAJPAL, P.S.; SHISHODIA, K.S.; SEKHON, G.S. **An artificial neural network for modeling reliability, availability and maintainability of a repairable system**. Journal of Reliability Engineering and System Safety, v.91, p. 809-819, 2006.

RAMESH, B.; JARKE, M. **Toward Reference Models for Requirements Traceability**. IEEE Transactions on Software Engineering, vol. 27, number 1, p. 66-95, 2001.

ROZHDESTVENSKIY, D. **Product Tracking and Direct Parts Marking System Optimization**. Tese, The Concordia Institute for Information Systems Engineering, Concordia University, Montreal, Quebec, Canada, November 2010.

SWEDBERG, C. **Airbus installs RTLS for Large-Componente Assembly**. Manufacturing News. RFID JOURNAL, February 19, 2010.

SCHREIBER, J. H. S; SILVA, S. B. da; CORREIA, A. R. **Análise da aplicabilidade da solução RFID no contexto do sistema de abastecimento Kanban**. 2009 Brazilian Symposium on Aerospace Eng. & Applications, 3rd CTA-DLR Workshop on Data Analysis & Flight Control, September 14-16, 2009, S.J. Campos, Brazil. Disponível em: <<http://www.cta-dlr2009.ita.br/Proceedings/PDF/59165.pdf>> . Acesso em: 13 abr. 2011.

SMITH, A. D.; OFFODILE, F. **Information Management of Automatic Data Capture: an overview of technical developments**. Information Management & Computer Security, Vol.10, Iss.3, p. 109-118, 2002.

TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT K. **Managing Innovation: integrating technological, market and organizational change**. 2. ed. England, John Wiley&Sons, 2001.

STUART, C. K; LIU, J. J. **Securing RFID applications: Issues, Methods and Controls**. Information Systems Security, Vol.15, Issue 4, p.43-56, 2006.

SU, X.; CHU, C.; PRABHU, B. S.; GADH, R. **On the Identification Device Management and Data Capture via WinRFID Edge-Server**. Systems Journal, IEEE, Vol. 1, Issue 2, p. 95-104, 2007.

SULLIVAN, L.; ZAINO, J.; CACHELDOR, B. **ERP Zilla**. Information Week, Vol. 1047, p. 30-38, 2005.

TECNOLOGISTICA ONLINE. **Módulo de leitura de códigos de barra EA30, da Intermecc**. Matéria de 4 ago. 2011. Disponível em: <<http://www.tecnologista.com.br/vitrine/leitor-de-codigos-de-barra-ea30-da-intermec/>>. Acesso em: 05 ago. 2011.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da Pesquisa Ação**. 17^a ed., p. 16 - 22, São Paulo, S.P., 2009.

TRIOLA, M.F. **Introdução à Estatística**. Rio de Janeiro, LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 9^a ed., 2005.

TRIPP, D. **Pesquisa-ação: uma introdução metodológica**. Revista Educação e Pesquisa, v. 31. N. 3, p. 443-466, 2005.

TURRIONI, J.B e MELLO, C.H.P. **Pesquisa Ação na Engenharia de Produção**. Cap. 7 de Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações, CAUCHICK, M. (organizador), Rio de Janeiro, Ed. Elsevier , 2010.

VILADOMAT, A. B. **Global Traceability**. Master thesis, Universitat Polytècnica de Catalunya, Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona, Mobilitat, Espanha, 2011.

WOODRUFF, R.B.; GARDIA, S. (1996). **Know your Customers – New Approaches to Understanding Customer Value and Satisfaction**. Oxford, Blackwell, 1996

WYLD, D. C. **RFID: The Right Frequency for Government**. IBM Center for the Business of Government, EUA, 2005. Disponível em: <businessofgovernment.org/pdfs/WyldReport4.pdf>. Acesso em: 16 jun.2011.

YAO, A. C.; CARLSON, J. G. **The impact of real-time data communication on inventory management**. International Journal of Production Economics, vol. 59, Issues 1-3, p. 213-219, 1999.

ZEITHAML, V. **Defining and Relating Price, Perceived Quality and Perceived Value**. Cambridge, MA, USA, Marketing Science Institute, Report, p. 87-101, 1987.

ZUBER-SHERRITT, O.; PERRY, C. **Action research within organizations and university thesis writing**. The Learning Organization, v. 9, n. 4, p. 171-179, 2002.

GLOSSÁRIO

Para os propósitos dessa pesquisa são válidas as seguintes definições, estabelecidas no RBAC nº01 (BRASIL.RBAC 01, 2011), a menos que de outra forma seja explicitado no texto.

1. **Aeronave:** dispositivo usado ou que se pretenda usar para voar na atmosfera, capaz de transportar pessoas e/ou objetos.
2. **Aeronave Civil:** aeronave que não se enquadra na definição de aeronave militar.
3. **Aeronave de Asa Rotativa:** aeronave mais pesada que o ar, que depende principalmente da sustentação gerada por um ou mais rotores para manter-se no ar.
4. **Aeronave de Asa Fixa:** aeronave mais pesada que o ar, propelida a motor e que é sustentada no ar pela reação dinâmica do ar contra suas superfícies de sustentação que permanecem fixas sob determinadas condições de voo.
5. **Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC):** entidade integrante da Administração Pública Federal indireta, submetida a regime autárquico especial, vinculada ao Ministério da Defesa, com prazo de duração indeterminado que atua como autoridade brasileira de aviação civil e que tem suas competências estabelecidas pela Lei nº 11.182, de 27 de setembro de 2005.
6. **Componente:** “Materiais processados, peças e conjuntos que constituem parte integrante de uma aeronave, motor ou hélice, que sejam empregados em sua fabricação; dispositivos, bem como os acessórios instalados, cuja falha ou funcionamento incorreto possa afetar a segurança do voo e/ou dos ocupantes da aeronave (seção 10.43 do RBHA 10)” (BRASIL. IAC 3142-39-0200, 2000).
7. **Componente Controlado:** “Aquele que possui limites de utilização para revisão, substituição, teste e/ou calibração previstos no programa de manutenção do fabricante. Estes limites podem ser estipulados em horas de utilização, número de pousos ou de ciclos, tempo calendárico, métodos estatísticos de controle ou quaisquer outros métodos de controle pré-definidos e aprovados; podem ser propostos pelos fabricantes (inicialmente e de forma conservativa) ou pelos operadores (em função de suas operações específicas), com a necessária aprovação e o acompanhamento da autoridade aeronáutica” (BRASIL. IAC 3142-39-0200, 2000).
8. **Manutenção** (exclui a manutenção preventiva): qualquer atividade de inspeção,

revisão, reparo, limpeza, conservação ou substituição de partes de uma aeronave e seus componentes.

9. **Manutenção Preventiva:** operação de preservação simples ou de pequena monta, assim como a substituição de pequenas partes padronizadas que não envolva operações complexas de montagem e desmontagem.
10. **Modificação:** qualquer alteração levada a efeito em aeronaves e seus componentes.
11. **Operar:** referindo-se a uma aeronave, significa usar, motivar o uso ou autorizar a sua utilização com o propósito (exceto como previsto no RBHA 91.13) de executar um voo, incluindo a pilotagem de aeronave, com ou sem o direito legal de controle da mesma como proprietário, arrendatário ou locatário.
12. **País de Origem:** “País da organização responsável pelo projeto de tipo do produto aeronáutico” (BRASIL. IAC 3142-39-0200, 2000).
13. **Produto Aeronáutico:** aeronave, motor ou hélice, assim como seus componentes e partes. Inclui qualquer instrumento, mecanismo, peça, aparelho, acessório e equipamento de comunicação, desde que sejam usados ou que se pretenda usar na operação e no controle de uma aeronave em vôo, que sejam instalados ou fixados à aeronave e que não sejam parte de uma aeronave, um motor ou uma hélice. Inclui, ainda, materiais e processos usados na fabricação de todos os itens acima (BRASIL. IAC 3142-39-0200, 2000).
14. **Produto Aeronáutico Classe I:** É uma aeronave, motor ou hélice completos (BRASIL. IAC 3149-21/43-0302, 2002).
15. **Produto Aeronáutico Classe II:** É um componente maior de um produto Classe I, cuja falha pode prejudicar a segurança do produto Classe I. Ex: asas, fuselagens, conjuntos de empenagens, trem de pouso, transmissões de potência, superfícies de comando, etc (BRASIL. IAC 3149-21/43-0302, 2002).
16. **Produto Aeronáutico Classe III:** É qualquer peça ou componente não enquadrado como produto Classe I ou II e inclui peças padronizadas como as peças “Army/Navy Specification (NA)”, “National Aerospace Standard (NAS)”, “Society of Automotive Engines (SAE)”, “Military Specification (MIL)”, etc (BRASIL. IAC 3149-21/43-0302, 2002).
17. **Reparo:** restituição de uma aeronave e/ou de seus componentes à situação aeronavegável, após a eliminação de defeitos ou danos, inclusive os causados por

acidentes/incidentes.

18. **Requisito de Aeronavegabilidade:** exigência governamental relativa ao projeto, materiais, processos de construção e fabricação, desempenho, qualidades de voo, sistemas e equipamentos de uma aeronave e seus componentes, visando garantir a segurança da operação.
19. **Rotor:** referindo-se a aeronaves de asas rotativas, significa um conjunto de aerofólios rotativos.
20. **Rotor Principal:** rotor que supre a principal parcela da sustentação de uma aeronave de asa rotativa.
21. **Tempo de Serviço:** referindo-se a tempos nos registros de manutenção, significa o tempo transcorrido desde o momento em que a aeronave deixa a superfície da terra até o momento em que ela toca essa superfície, no pouso.

APÊNDICE A – REGULAMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO AERONÁUTICA

O RBHA é o conjunto de normas que definem as condições gerais de funcionamento para os detentores dos Certificados de Homologação de Empresa (CHE). Os principais RBHAs que envolvem a atividade de manutenção da frota civil brasileira, objeto dessa pesquisa, são o RBHA 043 e o RBHA 145.

O RBHA 043 refere-se à manutenção (incluindo preventiva), recondicionamento, modificações e reparos; e estabelece regras governando a manutenção de qualquer aeronave que possua um certificado de aeronavegabilidade brasileiro; incluindo motores, hélices, rotores e partes componentes das mesmas. (BRASIL. RBHA 043, 2005).

O RBHA 145 refere-se às empresas de manutenção de aeronaves e estabelece os requisitos necessários à emissão dos CHes de manutenção de aeronaves, células, motores, hélices, rotores, equipamentos e partes dos referidos conjuntos. Estabelece ainda as regras gerais de funcionamento para os detentores desses certificados e define os padrões, classes, tipos de serviço e limitações para emissão de cada certificado de homologação de empresa (BRASIL. RBHA 145, 2009).

O RBHA 145-04 (2005) estabelece que toda oficina homologada para manutenção, modificação, reparo ou inspeções requeridas para uma empresa aérea, tendo um programa de manutenção para aeronavegabilidade continuada conforme estabelecido no RBAC 121, deve cumprir os requisitos da Subparte L do referido regulamento e deve executar esses trabalhos conforme o manual aprovado da empresa aérea. A Subparte L do RBAC 121 refere-se aos requisitos para execução da manutenção, dividido em seções. As seções relacionadas a essa pesquisa são descritas no Quadro A1 (BRASIL. RBAC 121, 2010).

Quadro A1 - Requisitos para Manutenção, Manutenção Preventiva, Modificações e Reparos.

Fonte: RBAC 121, Subparte L (2010)

Capítulo	Descrição
121.362	Instalações e recursos para manutenção, modificações e reparos
121.363	Responsabilidade pela aeronavegabilidade
121.365	Organização da manutenção, manutenção preventiva, modificações e reparos
121.367	Programas de manutenção, manutenção preventiva, modificações e reparos
121.369	Requisitos do manual
121.373	Acompanhamento e análise continuada
121.379	Autoridade para executar e aprovar manutenção, modificações e reparos
121.380	Requisitos para os registros de manutenção

A.1 Requisitos de Aeronavegabilidade

A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) define, no RBAC nº 01 Emenda 01 (2011) o requisito de aeronavegabilidade como “uma exigência governamental relativa ao projeto, materiais, processos de construção e fabricação, desempenho, qualidades de vôo, sistemas e equipamentos de uma aeronave e seus componentes, visando garantir a segurança da operação”. Cada detentor de Certificado de Homologação de Empresa (CHE) é o responsável primário pela aeronavegabilidade de suas aeronaves, incluindo célula, motor(es), hélice(s), equipamentos e partes dos mesmos; e também pela execução da manutenção, manutenção preventiva, modificações e reparos nessas aeronaves, de acordo com o seu manual e com as normas dos RBAC (ANAC – RBAC 121.363, 2010).

A.2 Limitações de Aeronavegabilidade

As limitações de aeronavegabilidade de uma aeronave são parâmetros e critérios definidos pelo fabricante, tanto para os aspectos operacionais da aeronave quanto para a manutenção da mesma. Cada executor de uma inspeção ou outra manutenção especificada em uma seção de limitação de aeronavegabilidade de um manual de manutenção do fabricante ou nas instruções de aeronavegabilidade continuada, deve realizar o trabalho em conformidade com aquela seção ou conforme especificações operativas emitidas segundo os RBHA 121 ou 135 ou, ainda, conforme um programa de inspeções aprovado conforme o parágrafo 91.409(e) do RBHA 91 (BRASIL, RBHA 043, 2005).

A3 Diretriz de Aeronavegabilidade (DA)

Diretriz de Aeronavegabilidade (DA) é o documento emitido ou adotado pela ANAC, que contém ações de segurança operacional a serem executadas em um produto aeronáutico com o objetivo de restaurar o nível aceitável de segurança operacional, quando evidências demonstram que este nível aceitável possa estar comprometido. As DAs se aplicam às aeronaves, aos motores, às hélices, aos equipamentos (BRASIL. RBAC 39, 2011), assim como aos componentes mecânicos e hidráulicos. Também pode ser definida como uma “informação de aeronavegabilidade continuada de caráter mandatório”, emitida como emenda ao RBHA 39 e que estabelece, como apropriado: “inspeções, modificações, instruções e limitações aplicáveis a produtos aeronáuticos, quando existir uma condição

insegura em um produto e essa condição tiver probabilidade de existir ou se desenvolver em outros produtos de mesmo projeto de tipo” (BRASIL. IAC 3142, 2000).

Uma DA normalmente é tratada pelo sistema de abreviatura, de acordo com a definição natural do país de origem do produto aeronáutico. O Quadro A2 apresenta os termos correspondentes a Diretriz de Aeronavegabilidade em alguns países de maior interação com o Brasil e signatários da Convenção de Chicago. Em todos esses países, assim como naqueles não citados, as definições e abreviaturas, desde que signatários da Convenção de Chicago, têm o mesmo caráter de cumprimento mandatório, quando aplicáveis a produtos aeronáuticos de origem estrangeira em operação no Brasil.

Quadro A2: Abreviaturas de Diretrizes de Aeronavegabilidade Internacionais. Fonte: adaptado de IAC 3142-39-0200 (BRASIL. IAC 3142, 2000)

PAÍS	DENOMINAÇÃO	ABREVIATURA
ALEMANHA	<i>LUFTTUCHTIGKEITSANWEISUNG</i>	LTA
ARGENTINA	<i>DIRECTIVA DE AERONAVEGABILIDAD</i>	DA
BRASIL	DIRETRIZ DE AERONAVEGABILIDADE	DA
CANADÁ	<i>AIRWORTHINESS DIRECTIVE</i>	CF
EUA	<i>AIRWORTHINESS DIRECTIVE</i>	AD
FRANÇA	<i>CONSIGNE DE NAVIGABILITÉ</i>	CN
HOLANDA	<i>BIJZONDERE LUCHTWAARDIGHEIDS AANWIJZING</i>	BLA
ISRAEL	<i>AIRWORTHINESS DIRECTIVE</i>	AD
ITÁLIA	<i>PRESCRIZIONE DE AERONAVEGABILITÀ</i>	PA
JAPÃO	<i>AIRWORTHINESS DIRECTIVE</i>	TCD
SUÍÇA	<i>AIRWORTHINESS DIRECTIVE</i>	HB
SUÉCIA	<i>SWEDISH AIRWORTHINESS DIRECTIVE</i>	SAD

Em função da urgência da ação requerida, as instruções podem ser emitidas através de uma Diretriz de Aeronavegabilidade de Emergência (DAE) ou de uma Diretriz de Aeronavegabilidade (DA).

As DAs brasileiras também são emitidas em língua inglesa para os produtos aeronáuticos brasileiros em operação no exterior e para os produtos aeronáuticos de origem estrangeira em operação no Brasil. Cabe ao CTA (Centro Técnico Aeroespacial), baseado em solicitação de autoridade aeronáutica estrangeira ou em informações do fabricante, definir quais DA compõem esta categoria.

Normalmente, o detalhamento da ação de manutenção mandatória não se encontra na própria DA e sim, por referência, em um Boletim de Serviço (BS) do fabricante do produto aeronáutico. No entanto, as informações contidas em uma DA sempre prevalecem, nos casos de conflito, sobre as informações contidas em documentos referenciados pela mesma. Ou seja, se uma DA requer uma inspeção a cada 500 horas de voo de uma aeronave, onde a descrição para a realização da inspeção encontra-se, por referência, em um Boletim de Serviço que estabelece tal inspeção a cada 600 horas de voo da aeronave, a inspeção deve, então, ser realizada a cada 500 horas de voo de acordo com a DA.

O Boletim de Serviço (BS) é um documento emitido pelo fabricante do produto aeronáutico, com o objetivo de corrigir uma falha ou um mau funcionamento deste produto ou nele introduzir modificações e/ou aperfeiçoamentos ou, ainda, visando à implantação de ação de manutenção ou manutenção preventiva aditiva àquelas previstas no programa de manutenção básico do fabricante. Um BS, mesmo classificado como "mandatório" pelo fabricante, somente terá caráter mandatório quando o DAC ou a autoridade aeronáutica do país de origem do produto aeronáutico emitir uma Diretriz de Aeronavegabilidade ou estabelecer seu caráter mandatório no próprio BS, ou quando incorporado por referência através de outro documento mandatório" (BRASIL. IAC 3142, p.11, 2000).

Com relação aos registros de cumprimento de uma Diretriz de Aeronavegabilidade (DA), a seção 91.417 do RBHA 91 estabelece que todas as DAs aplicáveis ao modelo das aeronaves, motores, hélices e quaisquer outros componentes aeronáuticos, obrigatoriamente, deverão ter seu registro de cumprimento e fazer parte de um controle, mesmo que para um determinado produto aeronáutico não seja aplicável a referida DA, devendo, neste caso, constar como Não Aplicável, justificando o motivo. O proprietário ou o operador de uma aeronave deve conservar registros de manutenção que apresentem a descrição do serviço realizado (registro primário) e que comprovem a presente situação das DAs aplicáveis (registro secundário). Tais registros devem incluir, para cada DA, o método para cumpri-la, o número e a data de revisão da mesma e, caso a DA requeira ações periódicas, o tempo e data em que a próxima ação será requerida. A falta de controle e de registros de manutenção adequados que comprovem o cumprimento de uma DA, implicará a perda da condição aeronavegável, ficando suspensa a validade do Certificado de Aeronavegabilidade da aeronave.

A.4 Programas de Manutenção, Manutenção Preventiva, Modificações e Reparos

O Programa de Manutenção é um documento que estabelece as tarefas específicas de manutenção programada, a frequência de realização de cada uma delas e os procedimentos relacionados; constitui-se de um programa de confiabilidade necessário para a operação de aeronaves às quais se aplica com segurança. (BRASIL. RBAC 01, 2011).

Conforme a seção 367 do RBAC 121 (2010), cada detentor do CHE deve estabelecer um programa de inspeções e um programa abrangendo manutenção, manutenção preventiva, modificações e reparos que assegurem que os processos sejam realizados de acordo com os procedimentos estabelecidos em seu manual; que exista pessoal habilitado, instalações e equipamentos adequados para a execução apropriada dos serviços; e que cada aeronave liberada para vôo esteja aeronavegável e tenha sido adequadamente mantida segundo o referido regulamento.

No Brasil, de acordo com o RBHA 43, são autorizados a executar ou prestar serviços de manutenção numa aeronave, célula, motor, hélice, componente ou equipamento destes:

- o possuidor de uma licença de mecânico: serviços para os quais tenha sido especificamente habilitado pelo DAC;
- uma oficina homologada pela autoridade aeronáutica competente, conforme previsto no RBHA 145;
- uma empresa aérea homologada conforme os RBHA 121 ou 135, conforme previsto em suas especificações operativas, emitidas segundo os referidos regulamentos;
- o fabricante pode recondicionar, modificar ou reparar qualquer aeronave, motor, hélice, rotor ou equipamento fabricado por ele, segundo um certificado de homologação de tipo (CHT) ou segundo um certificado de homologação de empresa (CHE) para fabricação de produtos aeronáuticos ou ainda segundo uma Ordem Técnica Padrão (OTP), um Atestado de Produto Aeronáutico Aprovado (APAA) ou uma Especificação de Produto ou Processo aprovada pelo CTA;
- o fabricante pode executar qualquer inspeção requerida pelo RBHA 91 em aeronave por ele fabricada conforme um certificado de homologação de empresa (CHE) de fabricação de produtos aeronáuticos ou conforme um sistema aprovado de inspeções de produção para tal aeronave.

A.5 Requisitos do Manual de Manutenção

A seção 369 do RBAC 121 (2010) estabelece que o manual do detentor de certificado deve conter os programas requeridos pela seção 367 do mesmo, os quais são submetidos à aprovação da ANAC. Tais programas devem ser cumpridos na execução dos trabalhos de manutenção, manutenção preventiva, modificações e reparos em todas as aeronaves do detentor de certificado, inclusive células, motores, hélices, equipamentos normais e de emergência e partes dos mesmos.

Os programas devem incluir, pelo menos:

- métodos para executar manutenção rotineira e não rotineira (outras que não inspeções obrigatórias), manutenção preventiva, modificações e reparos;
- designação de itens de manutenção ou de modificações que exigem inspeções obrigatórias, incluindo, pelo menos, aqueles que poderiam resultar em falhas, mau funcionamento e defeitos que degradem a segurança de operação da aeronave;
- métodos de execução de inspeções obrigatórias e a designação, pelo título ocupacional, da pessoa autorizada a realizar cada inspeção obrigatória;
- procedimentos para a re-inspeção de trabalhos realizados em consequência de defeitos encontrados em inspeções obrigatórias anteriores;
- procedimentos, padrões e limites necessários à execução de inspeções obrigatórias, à aceitação ou rejeição de itens inspecionados e à inspeção e calibração periódica de ferramentas de precisão, dispositivos de medida e equipamentos de teste;
- procedimentos que assegurem que todas as inspeções obrigatórias foram realizadas;
- instruções para evitar que qualquer pessoa que tenha realizado um trabalho realize qualquer inspeção obrigatória requerida por esse trabalho;
- tarefas de manutenção e os respectivos intervalos em que serão executadas, considerando-se antecipadamente a utilização da aeronave; e identificação das tarefas de manutenção mandatórias especificadas no projeto de tipo da aeronave;
- o programa de integridade estrutural continuada da aeronave;
- descrições do programa de confiabilidade e *Condition Monitoring* para os sistemas da aeronave, componentes e grupo motopropulsor;
- projeto e a aplicação do programa de manutenção devem incorporar os princípios de fatores humanos.

A.6 Regras Gerais de Execução da Manutenção

O conjunto de recursos e instalações para manutenção aeronáutica, do detentor do CHE não pode ser inferior ao conjunto de instalações e recursos requerido pelo RBAC 145 para certificar uma oficina aeronáutica (BRASIL. RBAC 121, seção 362, 2010). Cada detentor de certificado, ao executar uma inspeção e/ou manutenção, deve possuir uma organização adequada ao serviço a ser executado (BRASIL. RBAC 121, seção 365, 2010).

O RBHA 043 (2005) estabelece o conjunto de regras para execução da manutenção (incluindo preventiva), modificações ou reparo em uma aeronave, célula, motor, hélice, rotor, equipamento ou componente dos mesmos (BRASIL. RBHA 043, 2005), tais como:

- o trabalho deve ser realizado utilizando-se métodos, técnicas e práticas estabelecidas em diretrizes de aeronavegabilidade na última revisão do manual de manutenção do fabricante, ou nas instruções para aeronavegabilidade continuada preparadas pelo fabricante;
- no trabalho devem ser utilizados ferramentas, equipamentos e aparelhos de teste necessários para assegurar sua realização de acordo com práticas industriais de aceitação geral, bem como ferramentais e equipamentos de teste recomendados pelo fabricante, quando for o caso, ou equivalentes aprovados;
- a manutenção (incluindo preventiva), a modificação e/ou do reparo devem ser realizados de tal maneira e aplicando-se materiais de tal qualidade, que as condições da aeronave e suas partes fiquem pelo menos iguais às condições originais ou fiquem apropriadamente modificadas; no que diz respeito à função aerodinâmica, à resistência estrutural, à resistência à vibração e à deterioração e à outros aspectos que afetem a aeronavegabilidade;
- aeronaves acidentadas deverão ser reparadas cumprindo-se as instruções específicas da autoridade aeronáutica, relativas à comunicação de acidentes, transporte e traslado da aeronave, início dos serviços, liberação da aeronave e registro dos serviços executados.

A.7 Registros de Inspeção

De acordo com o RBAC 121, seção 380 (2010), a oficina de manutenção detentora do certificado (CHE) deve conservar todos os registros necessários para demonstrar que os requisitos para conservação da aeronavegabilidade da aeronave, conforme RBAC 121, seção 709, foram atendidos.

Os registros de inspeção devem conter as seguintes informações, pelo menos:

- tempo total em serviço (horas totais de voo) da célula, motor(es), hélices, peças com tempo limite de vida (TLV), equipamentos normais e de emergência;
- horas de voo desde a última revisão geral dos itens instalados na aeronave que requeiram revisão geral com base em tempo de utilização definido (*hard time*);
- identificação da presente situação de inspeções da aeronave, incluindo tempos de utilização desde a última inspeção prevista pelo programa de inspeções sob o qual a aeronave e seus componentes são mantidos;
- situação atual de cumprimento das diretrizes de aeronavegabilidade (DA) aplicáveis, incluindo o método de aplicação das mesmas; e, para DAs que envolvam ações recorrentes, o tempo e a data da próxima ação requerida;
- lista atualizada de cada grande modificação realizada em cada célula, motor, hélice e equipamentos.

Os registros de inspeção e/ou manutenção de aeronaves são efetuados no Livro de Célula (*Logbook*, designação internacional, também usada no Brasil). O *Logbook* contém as horas de voo da célula, os dados sobre abastecimento com combustível e trocas de óleo, os dados da tripulação, etc. Inclui espaço para anotações da tripulação sobre quaisquer problemas, relacionados à manutenção, que encontrem durante o voo. O *Logbook* também possui espaço apropriado para anotações sobre ações corretivas tomadas, pelo mecânico, e liberação da aeronave para retorno ao serviço (KINISSON, 2004).

O Livro de Célula contém ainda todas as FMEs (originais) dos componentes e equipamentos, da mesma forma como o Livro do Motor contém todas as FMEs dos componentes do motor.

A.8 Registros de Manutenção

O RBHS 43 estabelece que cada técnico habilitado ou cada empresa aérea operando conforme especificações operativas emitidas segundo os RBHA 121 e 135, deve fazer as anotações de manutenção, recondicionamento, modificações e reparos em aeronaves, células, motores, hélices, rotores, equipamentos ou parte componente dos mesmos, com o seguinte conteúdo:

- a descrição do trabalho executado, incluindo as datas de início e término do trabalho;
- nome da pessoa que executou o trabalho;

- no caso de grandes reparos ou grandes modificações, o executante deve preencher um formulário na forma e maneira estabelecida pelo apêndice B do RBHA 43;
- nome, assinatura, número e tipo de licença da pessoa que o aprovou, caso o trabalho realizado foi satisfatoriamente completado.

Com relação à componentes, sub-componentes, motor ou hélice, são passíveis de registro de manutenção quando submetidos a (BRASIL. IS 43.001A , 2009):

- Revisão Geral, pela utilização de métodos, técnicas, e práticas aceitas pelo órgão certificador, incluindo a desmontagem, limpeza, inspeção, reparo (quando necessário), e remontagem e/ou submetido à testes realizados de acordo com as normas e dados técnicos aprovados, atualizados e aceitos pelo órgão certificador. São considerados dados técnicos aprovados: dados do fabricante, os quais foram desenvolvidos e documentados pelo detentor do Certificado de Homologação de Tipo (CHT) ou Certificado de Homologação Suplementar de Tipo (CHST), ou ainda aprovação de material, peça, processo, ou dispositivo sob o RBAC 21, seção 305;
- Recondicionamento ou Reparo, utilizando-se peças novas ou usadas que estão em conformidade com as tolerâncias e limites aprovados ou peças que foram submetidas a desmontagem, limpeza, inspeção, reparo (se aplicável), remontagem e ensaio nas mesmas tolerâncias e limites de um produto novo.

A.9 Recuperação de Registros de Manutenção

Com relação à recuperação dos registros de manutenção, cada detentor do CHE deve estabelecer um sistema que permita a conservação e a recuperação das informações sobre serviços executados em suas aeronaves que contenha, pelo menos (BRASIL.RBAC 121, seção 369, 2010):

- a descrição dos trabalhos realizados;
- o nome da pessoa que realizou o trabalho, caso essa pessoa tenha executado o trabalho sob regime de contrato de serviço; e
- o nome ou outra identificação positiva da pessoa que aprovou o trabalho O Regulamento Brasileiro de Aviação Civil define períodos mínimos de conservação de registros de manutenção para consultas futuras.

No entanto, a oficina de manutenção detentora do certificado pode optar pela conservação desses registros por período superior ao pré-definido no RBAC, caso seja de seu interesse. A conservação desses registros por período superior a 2 ou 3 ciclos de manutenção é útil para as empresas, principalmente fabricantes de aeronaves, motores e componentes, pois possibilita estudos estatísticos da evolução de parâmetros como o MTBF (*Mean Time Between Failure*) e do MTBR (*Mean Time Between Removal*).

Os registros de manutenção de componentes, motores e equipamentos acompanhados em utilização e inseridos nos grupos de manutenção HT (*Hard Time*) e OC (*On Condition*), são efetuados na Ficha Matrícula de Equipamento (FME) ou *Logcard* (denominação internacional, também usada no Brasil). A FME é mantida dentro da aeronave e inclui informações de voo relativas à cada ciclo (intervalo entre cada decolagem e pouso), bem como todas as manutenções efetuadas no componente, inclusive modificações.

A.10 Período de Conservação de Registros de Manutenção

Registros aeronáuticos são mantidos, pelo menos, pelos seguintes períodos de tempo (BRASIL. RBAC 121, seção 380, 2010):

- 12 meses após o trabalho ter sido realizado ou até que o trabalho seja suplantado por outro trabalho, o que for maior: todos os registros que demonstram que os requisitos para conservação da aeronavegabilidade da aeronave foram aplicados; exceto os registros da última revisão geral, tratados de outra forma;
- até que o trabalho seja suplantado por outro trabalho com objetivos e detalhamento equivalentes: registros das revisões gerais de cada célula, componentes, motor, hélice e equipamento. Uma aeronave que voa, por exemplo, em média 60 horas por mês (720 horas/ano), cujo componente submetido à revisão geral possui um TBO de 3.600 horas, terá seus registros de revisão mantidos por 5 anos, quando o componente será removido para a próxima revisão geral;
- permanentemente: registros de horas totais da célula, dos motores e registros completos de aeronaves acidentadas, devem acompanhar a aeronave em toda sua vida útil, inclusive em caso de venda da mesma.

A.11 Aprovação para Retorno ao Serviço (*Maintenance Release*)

Trata-se do documento que contém uma declaração confirmando que o trabalho de manutenção a que se refere foi completado de maneira satisfatória, de acordo com dados aprovados e conforme os procedimentos descritos no manual de procedimentos das organizações de manutenção ou conforme um sistema equivalente.

O detentor do Certificado de Homologação de Empresa (CHE) pode aprovar o retorno ao serviço de qualquer aeronave, célula, motor, hélice e equipamento após sofrer manutenção, manutenção preventiva, modificações e reparos (BRASIL. RBAC 121, seção 379, 2010).

O responsável pela aprovação do retorno ao serviço de um produto com Certificado de Homologação de Tipo (CHT), ou seja, que possua um projeto de tipo aprovado, deve assegurar que os registros de manutenção requeridos cumpram com as normas estabelecidas no RBAC 43, e devem incluir as seguintes informações (BRASIL. IS 43-001A, 2009):

- tipo de inspeção, data de execução e descrição sucinta de sua extensão;
- horas de operação, ciclos, ou limites de vida do produto, conforme aplicável;
- assinatura, número do certificado, e tipo de certificado da pessoa responsável pela aprovação do retorno ao serviço; e
- afirmação apropriada de que o produto ou peça está aprovado (ou não) para retorno ao serviço, conforme aplicável.

De acordo com o RBHA 43, se o reparo ou modificação tiver acarretado qualquer alteração nas limitações operacionais da aeronave ou nos dados de voo contidos no Manual de Voo aprovado, tais limitações e modificações deverão ser apropriadamente registradas ou revisadas, como requerido pelo RBHA 91, seção 91.9 (BRASIL. IS 43-001A, 2009).

A.12 Acompanhamento e análise continuada

Segundo Kinnison (2004), nos EUA, o *Federal Aviation Regulation* nº121.373, emitido pelo FAA (*Federal Aviation Administration*), indica a necessidade de monitoramento da atividade aeronáutica, visando assegurar que os programas de inspeção e manutenção sejam eficazes. Essencialmente o programa *Continuing Analysis and Surveillance* (CAS) norte americano visa detectar e corrigir deficiências nos programas de manutenção, quanto à sua eficácia e seu desempenho. Ele abrange a análise de áreas com maior potencial de problemas, a definição de ações corretivas requeridas e o rastreamento da

atividade após essas ações terem sido executadas; para fins de verificação da eficácia das medidas corretivas. Isso é realizado através da coleta e análise de dados, como também através do monitoramento de todas as atividades de manutenção da empresa, seus fornecedores e seus contratantes.

No Brasil, a ANAC preconiza a aplicação de um programa semelhante, no qual cada fabricante ou empresa de manutenção, detentores do CHE, deve desenvolver e manter um sistema de acompanhamento e análise continuada da execução e eficácia dos seus programas de inspeções e de manutenção, manutenção preventiva, modificações e reparos, visando corrigir discrepâncias ou deficiências desses programas. Tal sistema deve acompanhar a execução de todos os trabalhos em curso, sejam executados pelo próprio detentor de certificado, ou executados sob contrato externo (BRASIL. RBAC 121, seção 373, 2010).