

TESE DEFENDIDA POR Warner Brunelli
Deprê E APROVADA PEL
COMISSÃO JULGADORA EM 02.10.02.
h. Künzi
ORIENTADOR

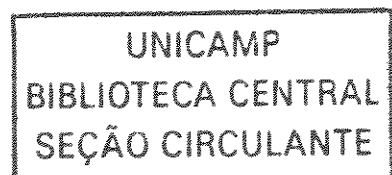
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Estudo das Características dos Rebites Sólidos Cabeça Escareada a 120°, Instalados com Interferência, no Processo Produtivo EMBRAER

Autor: Warner Brunelli Deprê

Orientador: Prof. Charly Künzi

200307204



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Estudo das Características dos Rebites Sólidos Cabeça Escareada a 120°, Instalados com Interferência, no Processo Produtivo Embraer

Autor: Warner Brunelli Deprê
Orientador: Prof. Charly Künzi

Curso: Engenharia Mecânica- Mestrado Profissional
Área de Concentração: Instrumentação e Controle Industrial

Trabalho Final de Mestrado Profissional apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Mestre Profissional em Engenharia Mecânica/ Gestão da Qualidade Total.

Campinas, 2002
S.P. – Brasil

1ª CHAMADA		UNICAMP
		D442e
/	EX	
OMBO BC/	52596	
ROC.	16-129103	
C	☐	D ☒
PREÇO	R\$ 11,00	
DATA	13/03/02	
1ª CPD		

CM00180725-9

B D 2839,18

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

D442e

Deprê, Warner Brunelli

Estudo das características dos rebites sólidos cabeça escareada a 120°, instalados com interferência, no processo produtivo Embraer / Warner Brunelli Deprê.-- Campinas, SP: [s.n.], 2002.

Orientador: Charly Künzi.

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Alumínio. 2. Processos de fabricação. 3. Engenharia – Método estatísticos. I. Künzi, Charly. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

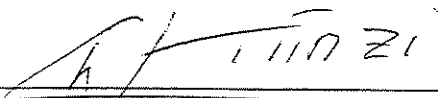
**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

Trabalho Final de Mestrado Profissional

**Estudo das Características dos Rebites Sólidos
Cabeça Escareada a 120°, Instalados com
Interferência, no Processo Produtivo Embraer**

Autor: **Warner Brunelli Deprê**

Orientador: **Prof. Charly Künzi**



**Prof. Dr. Charly Künzi, Presidente
IMECC/Universidade Estadual de Campinas**



**Prof. Dr. Eugênio José Zochi
FEM/Universidade Estadual de Campinas**



**Prof. Dr. Sérgio Tonini Button
FEM/Universidade Estadual de Campinas**

Campinas, 02 de outubro de 2002.

Dedicatória:

Dedico este trabalho a meus pais, a minha esposa Angélica e as minhas filhas Aline e Giovanna.

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Charly Künzi pelo apoio e orientação na elaboração deste trabalho.

Ao Dr. Silvio Fazzoli (Centro Técnico Aeroespacial/IAE) pelo incentivo inicial para que eu iniciasse o curso de mestrado.

Aos Engs. Dario Jordão, Gustavo Henrique Zanrosso e Gustavo Starling Loureiro Alves (EMBRAER) pelo apoio e orientação na realização deste trabalho.

A todos os níveis de chefia aos quais estive subordinado na EMBRAER durante o transcorrer do curso e durante a realização deste trabalho, pela oportunidade e confiança depositada.

A todos que direta ou indiretamente, contribuíram para que eu chegasse até aqui, meu sincero agradecimento.

Resumo

DEPRÊ, Warner Brunelli, *Estudo das Características dos Rebites Sólidos com Cabeça Escareada a 120°, Instalados com Interferência, no Processo Produtivo EMBRAER*, Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2001, 111p. Trabalho Final de Mestrado Profissional.

O processo de rebiteagem atual da Embraer não é considerado robusto, mas um processo sob controle estatístico e previsível. Alguns trabalhos foram desenvolvidos com sucesso para garantir a estabilidade do processo, que atualmente apresenta baixos índices de defeitos. No entanto, devido à variabilidade inerente a cada operação de escareamento e cravação e a ordem de grandeza das tolerâncias do processo, uma pequena alteração nas características dos rebites afeta consideravelmente a qualidade da rebiteagem e, portanto, a qualidade do produto EMBRAER. Para garantir a estabilidade do processo de rebiteagem, analisou-se a influência dos parâmetros de fabricação dos rebites do atual fornecedor nas características de instalação. O trabalho englobou desde engenharia do valor e ensaios dimensionais e metalográficos, até um levantamento estatístico comparativo entre as principais dimensões dos rebites com os limites de tolerâncias das especificações. A capacidade (C_p) e a capacidade real (C_{pk}) do processo do atual fornecedor foram examinadas, objetivando a inserção de requisitos na especificação EMBRAER capaz de garantir maior controle na qualidade dos rebites, visando otimizar o processo de rebiteagem, reduzir custos com reparos, garantir a capacidade de produção e satisfazer as exigências quanto aos aspectos visuais dos clientes.

Palavras chave:

– Alumínio. Processos de fabricação. Engenharia – Método estatísticos.

Abstract

DEPRÊ, Warner Brunelli, *Study of the Characteristics of the Solid Rivets with 120° Flush Head, Installed with Interference, in the Productive Process EMBRAER*, Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2001, 111p. Trabalho Final de Mestrado Profissional.

The current riveting process of EMBRAER is not considered robust, but a process under statistical and previsible control. Some works were developed with success to guarantee the process stability, that nowadays it presents low rates of defects. However, due to the inherent variability to each flush hole operation, riveting and the order of magnitude of the tolerances involved in the process, a small alteration in the characteristics of the rivets affects considerably the quality of the riveting and, consequently, the quality of the EMBRAER product. To guarantee the stability of the riveting process, it was analyzed the influence of the production rivets parameters of the current supplier in the installation characteristics. The work included from value engineering and dimensional and metalographics measurements, until a comparative statistical rising among the main dimensions of the rivets with the tolerances limits of the specifications. The capacity (C_p) and the real capacity (C_{pk}) of the process of the current supplier were examined, seeking at the insert of requirements in the EMBRAER specification capable to guarantee larger control in the quality of the rivets, seeking to optimize the riveting process, to reduce costs with repairs, to guarantee the production capacity and to satisfy the requirements as for the customer's visual aspects.

Keywords:

- Aluminum. Production processes. Engineering - Statistical methods.

Índice

1 Introdução	1
1.1 Histórico	1
1.2 Objetivo do Trabalho	3
1.3 Organização do Trabalho	3
2 Revisão Bibliográfica	5
2.1 Uso de Rebites na Indústria Aeronáutica	5
2.2 Características do Rebite Sólido com Cabeça Escareada a 120°, Instalado com Interferência	7
2.2.1 Ferramentas e Processo de Furação e Escareamento	8
2.2.2 Ferramentas e Processo de Instalação (Cravação)	14
2.2.3 Defeitos Indesejáveis	16
2.2.4 Remoção de Rebites	19
2.3 Garantia da Qualidade	21
2.4 Planejamento da Qualidade	22
2.5 Desdobramento da Função Qualidade (QFD)	23
2.5.1 Desdobramento da Qualidade (QD)	24
2.5.1.1 Metas do Produto	24
2.5.1.2 Desdobramentos Sucessivos	24
2.5.1.3 Sistema de Padrões	26
2.5.2 Desdobramento da Função Qualidade no Sentido Restrito (QFDr)	27
2.5.3 Princípios do QFD	27
2.6 Definição de Características Chaves	28
2.7 Técnicas Estatísticas	30

2.7.1 Coleta de Dados	31
2.7.2 Histograma	32
2.7.3 Medidas de Centralidade	33
2.7.4 Medidas de Variabilidade	33
2.7.5 Diagrama de Pareto	33
2.7.6 Correlação	34
2.8 Controle Estatístico de Processo (CEP)	34
2.8.1 Especificação e Itens Sob Controle	36
2.8.2 Variabilidade	37
2.8.3 Capacidade do Processo	39
3 Análise Experimental	43
3.1 Introdução	43
3.2 Identificação dos Parâmetros de Fabricação dos Rebites	44
3.3 Identificação das Características Chaves do Processo de Instalação de Rebites	45
3.4 Cálculo do Risco das Características Chaves do Processo de Instalação	46
3.5 Correlação entre Parâmetros de Fabricação e Características do Processo de Instalação	47
3.6 Definição da Amostragem e Especificação dos Rebites Medidos	50
3.7 Método de Medição	51
4 Resultados	53
4.1 Medições dos Rebites do Fornecedor A	53
4.1.1 Medições dos Rebites MS142185AD5-5	53
4.1.2 Medições dos Rebites MS14219E5-6	53
4.2 Análise da Medição das Amostras do Fornecedor A	53
4.2.1 Gráficos de Tendência	53
4.2.2 Gráfico de Probabilidade Normal e Teste de Normalidade	54
4.2.3 Estudo de Capacidade	54
4.2.4 Análise de Regressão	55
4.3 Medições dos Rebites do Fornecedor B	57
4.4 Análise da Medição da Amostra do Fornecedor B	58
4.4.1 Gráficos de Tendência	58

4.4.2 Gráfico de Probabilidade Normal e Teste de Normalidade	58
4.4.3 Estudo da Capacidade	58
4.5 Comparação entre o Fornecedor A e o Fornecedor B	59
4.6 Análise Granulométrica	61
4.6.1 Medidas do Fornecedor A	61
4.6.2 Medidas do Fornecedor B	62
4.6 Modificação da Especificação EMBRAER	63
5 Conclusões e Sugestões para Próximos Trabalhos	65
5.1 Conclusões	65
5.2 Sugestões para Próximos Trabalhos	66
Apêndices	67
Apêndice A – Medidas dos Rebites MS14218AD5-5 do Fornecedor A	68
Apêndice B – Medidas dos Rebites MS14219E5-6 do Fornecedor A	82
Apêndice C – Medidas dos Rebites MS14218AD5-5 do Fornecedor B	96
Apêndice D - Norma NASM 14218	104
Apêndice E - Norma NASM 14219	107
Referências Bibliográficas	110

Lista de Figuras

2.1	Rebites instalados com selante.	6
2.2	Rebite sólido com cabeça escareada 120°.	7
2.3	Comparação entre os rebites NAS1097, NASM14218, NASM14219 e NASM20426.	8
2.4	Fluxograma do processo de instalação do rebite.	9
2.5	Bucha guia com três apoios (tripé).	10
2.6	Bucha guia com quatro apoios.	10
2.7	Bucha guia de plástico.	10
2.8	Escareador padronizado para rebite com cabeça escareada 120°.	11
2.9	Corpo micrométrico com escareador.	11
2.10	Escareamento de furo na junção da fuselagem de uma aeronave.	12
2.11	Corpo micrométrico lacrado e identificado com a região onde será utilizado na aeronave.	13
2.12	Relógio comparador digital, posicionamento para medição e dimensão medida.	13
2.13	Rebitagem com ferramentas manuais.	14
2.14	Rebitagem com martetele pneumático amortecido.	14
2.15	Início do processo de cravação.	15
2.16	Início da conformação do material do rebite.	15
2.17	Conformação.	15
2.18	Nivelamento da face da cabeça.	16
2.19	Rebite após processo de instalação.	16
2.20	Defeitos causados pela ovalização do escareado antes da pintura (“a” e “b”) e após a pintura (“c”).	17

2.21	A foto “a” mostra a folga existente sob a cabeça causada pelo assentamento incorreto do rebite no escareado do corpo de prova. A foto “b” mostra um rebite corretamente instalado.	18
2.22	Rebite com folga circunferencial antes e após a pintura.	18
2.23	Falta de perpendicularidade do furo e do escareado.	19
2.24	Defeitos causados pela falta de perpendicularidade do furo e do escareado.	19
2.25	Furação da cabeça do rebite.	20
2.26	Remoção do rebite.	20
2.27	Ciclo PDCA do planejamento da qualidade.	22
2.28	Distribuição de dados em função da frequência obtida (Histograma).	32
2.29	Diagrama de Pareto.	34
2.30	Gráfico de correlação entre o Custo e o Peso de um produto.	35
2.31	Fluxograma para implantação do CEP.	36
2.32	Processo sob controle e capaz.	38
2.33	Processo sob controle (previsível) e não capaz.	38
2.34	Curvas típicas para índice de capacidade com valores maiores do que 2.	39
2.35	Curvas típicas para índice de capacidade com valores entre 1,3 e 2.	40
2.36	Curvas típicas para índice de capacidade com valores entre 1 e 1,3.	40
2.37	Curva típica para índice de capacidade com valores menores do que 1.	40
2.38	Índices C_p , C_{pk} e C_{pku} .	41
3.1	Parâmetros mecânicos dos rebites.	45
3.2	Modos de falha mais importantes do processo de instalação.	46
3.3	Gráfico de Pareto das características de instalação.	47
3.4	Gráfico de Pareto dos parâmetros de fabricação.	49
3.5	Bucha calibrada e medidas H e I.	52
4.1	Análise das correlações entre os parâmetros de fabricação medidos.	56
4.2	Correlação entre a característica altura da cabeça B e a dimensão E.	57
4.3	Comparação das distribuições das medidas do diâmetro da cabeça A.	59
4.4	Comparação das distribuições das medidas da dimensão C.	60
4.5	Comparação das distribuições das medidas do ângulo do escareado.	60

4.6	Micrografia do rebite MS14219E5-6.	62
4.7	Micrografia do rebite MS14218AD5-5.	63
4.8	Características chaves.	64
A.1	Diâmetro da cabeça do rebite MS14218AD5-5.	68
A.2	Carta de tendência das medidas do diâmetro da cabeça A.	69
A.3	Teste de normalidade das medidas do diâmetro da cabeça A.	69
A.4	Análise de capacidade da medida do diâmetro da cabeça A.	69
A.5	Altura da cabeça do rebite MS14218AD5-5.	70
A.6	Carta de tendência das medidas da altura da cabeça B.	71
A.7	Teste de normalidade das medidas da altura da cabeça B.	71
A.8	Análise de capacidade da medida da altura da cabeça B.	71
A.9	Altura do ressalto da cabeça do rebite MS14218AD5-5.	72
A.10	Carta de tendência das medidas da altura do ressalto C.	73
A.11	Teste de normalidade das medidas da altura do ressalto C.	73
A.12	Análise de capacidade da medida da altura do ressalto C.	73
A.13	Dimensão E da cabeça do rebite MS14218AD5-5.	74
A.14	Carta de tendência das medidas da dimensão E.	75
A.15	Teste de normalidade das medidas da dimensão E.	75
A.16	Análise de capacidade da medida da dimensão E.	75
A.17	Ângulo do escareado do rebite MS14218AD5-5.	76
A.18	Carta de tendência das medidas do ângulo do escareado.	77
A.19	Teste de normalidade das medidas do ângulo do escareado.	77
A.20	Análise de capacidade da medida do ângulo do escareado.	77
A.21	Raio G do rebite MS14218AD5-5.	78
A.22	Carta de tendência das medidas do raio G.	79
A.23	Teste de normalidade das medidas do raio G.	79
A.24	Análise de capacidade da medida do raio G.	79
A.25	Raio R do rebite MS14218AD5-5.	80
A.26	Carta de tendência das medidas do raio R.	81
A.27	Teste de normalidade das medidas do raio R.	81

A.28	Análise de capacidade da medida do raio R.	81
B.1	Diâmetro da cabeça do rebite MS14219E5-6.	82
B.2	Carta de tendência das medidas do diâmetro da cabeça A.	83
B.3	Teste de normalidade das medidas do diâmetro da cabeça A.	83
B.4	Análise de capacidade da medida do diâmetro da cabeça A.	83
B.5	Altura da cabeça do rebite MS14219E5-6.	84
B.6	Carta de tendência das medidas da altura da cabeça B.	85
B.7	Teste de normalidade das medidas da altura da cabeça B.	85
B.8	Análise de capacidade da medida da altura da cabeça B.	85
B.9	Altura do ressalto da cabeça do rebite MS14219E5-6.	86
B.10	Carta de tendência das medidas da altura do ressalto C.	87
B.11	Teste de normalidade das medidas da altura do ressalto C.	87
B.12	Análise de capacidade da medida da altura do ressalto C.	87
B.13	Dimensão E do rebite MS14219E5-6.	88
B.14	Carta de tendência das medidas da altura do ressalto E.	89
B.15	Teste de normalidade das medidas da dimensão E.	89
B.16	Análise de capacidade da medida da dimensão E.	89
B.17	Ângulo do escareado do rebite MS14219E5-6.	90
B.18	Carta de tendência das medidas do ângulo do escareado.	91
B.19	Teste de normalidade das medidas do ângulo do escareado.	91
B.20	Análise de capacidade da medida do ângulo do escareado.	91
B.21	Raio G do rebite MS14219E5-6.	92
B.22	Carta de tendência das medidas do raio G.	93
B.23	Teste de normalidade das medidas do raio G.	93
B.24	Análise de capacidade da medida do raio G.	93
B.25	Raio R do rebite MS14219E5-6.	94
B.26	Carta de tendência das medidas do raio R.	95
B.27	Teste de normalidade das medidas do raio R.	95
B.28	Análise de capacidade da medida do raio R.	95
C.1	Altura do diâmetro da cabeça A do rebite MS14218AD5-5.	96

C.2	Carta de tendência das medidas do diâmetro da cabeça A.	97
C.3	Teste de normalidade das medidas do diâmetro da cabeça A.	97
C.4	Análise de capacidade da medida do diâmetro da cabeça A.	97
C.5	Altura da cabeça do rebite MS14218AD5-5.	98
C.6	Carta de tendência das medidas da altura da cabeça B.	99
C.7	Teste de normalidade das medidas da altura da cabeça B.	99
C.8	Análise de capacidade da medida da altura da cabeça B.	99
C.9	Altura do ressalto da cabeça do rebite MS14218AD5-5.	100
C.10	Carta de tendência das medidas da altura do ressalto C.	101
C.11	Teste de normalidade das medidas da altura do ressalto C.	101
C.12	Análise de capacidade da medida da altura do ressalto C.	101
C.13	Ângulo do escareado do rebite MS14218AD5-5.	102
C.14	Carta de tendência das medidas do ângulo do escareado.	103
C.15	Teste de normalidade das medidas do ângulo do escareado.	103
C.16	Análise de capacidade da medida do ângulo do escareado.	103

Lista de Tabelas

2.1	Desdobramento da Qualidade exigida para a realização de um curso.	25
2.2	Probabilidade de ocorrência.	29
2.3	Grau de severidade.	29
2.4	Capacidade de detecção.	30
2.5	Situações do processo.	38
2.6	Níveis de capacidade e situação do processo.	42
3.1	Desdobramento dos parâmetros de fabricação do rebite.	44
3.2	Número de risco e peso relativo para os modos de falhas.	46
3.3	Matriz da qualidade para os parâmetros do processo de rebitagem.	48
3.4	Amostragem e dimensões medidas nos rebites.	50
3.5	Especificação dos rebites medidos segundo as normas NASM14218 e NASM14219.	51
4.1	Índices de capacidade das características dos rebites do fornecedor A.	53
4.2	Índices de capacidade das características dos rebites do fornecedor B.	59
4.3	Resultados das medições de tamanho de grão dos rebites do fornecedor A.	61
4.4	Resultados das medições de tamanho de grão dos rebites do fornecedor B.	62
A.1	Valores obtidos na medição do diâmetro da cabeça A (mm).	68
A.2	Valores obtidos na medição da altura da cabeça B (mm).	70
A.3	Valores obtidos na medição da altura do ressalto C (mm).	72
A.4	Valores obtidos na medição da dimensão E (mm).	74
A.5	Valores obtidos na medição do ângulo do escareado (° decimal).	76
A.6	Valores obtidos na medição do raio G (mm).	78
A.7	Valores obtidos na medição do raio R (mm).	80

B.1	Valores obtidos na medição do diâmetro da cabeça A (mm).	82
B.2	Valores obtidos na medição da altura da cabeça B (mm).	84
B.3	Valores obtidos na medição da altura do ressalto da cabeça C (mm).	86
B.4	Valores obtidos na medição da dimensão E (mm).	88
B.5	Valores obtidos na medição do ângulo do escareado (° decimal).	90
B.6	Valores obtidos na medição do raio G (mm).	82
B.7	Valores obtidos na medição do raio R (mm).	94
C.1	Valores obtidos na medição do diâmetro da cabeça A (mm).	96
C.2	Valores obtidos na medição da altura da cabeça B (mm).	98
C.3	Valores obtidos na medição da altura do ressalto C (mm).	100
C.4	Valores obtidos na medição do ângulo do escareado (° decimal).	102

Lista de Equações

2.1	Cálculo do índice de capacidade	39
2.2	Cálculo do índice de capacidade com relação ao limite superior de especificação	41
2.3	Cálculo do índice de capacidade com relação ao limite inferior de especificação	41

Nomenclatura

EMBRAER	Empresa Brasileira de Aeronáutica S. A.
CTA	Centro Técnico Aeroespacial.
FAB	Força Aérea Brasileira.
QFD	Quality Function Deployment, ou Desdobramento da Função Qualidade.
NASM	National Aerospace Standard.
ΔH	Altura entre o centro da cabeça do rebite posicionado no escareado e a superfície onde será instalado.
PDCA	Corresponde ao ciclo Plan-Do-Check-Action, ou seja, Planejar, Fazer, Controlar e Agir.
QD	Quality Deployment, ou Desdobramento da Qualidade.
QFDr	Quality Function Deployment restrict ou Desdobramento da Função Qualidade no sentido restrito.
UBTs	Unidades Básicas de Trabalho.
CEP	Controle Estatístico de Processo.
C_p	Índice de Capacidade do Processo.
USL	Limite Superior de Especificação.
LSL	Limite Inferior de Especificação.
σ	Desvio Padrão.
μ	Média.
C_{pk}	Índice de capacidade do processo baseado na especificação bilateral.
C_{pku}	Índice de capacidade do processo baseado na especificação unilateral superior.
C_{pkl}	Índice de capacidade do processo baseado na especificação unilateral inferior.
mm	Abreviação de milímetro.

°	Grau, unidade de medida de ângulo.
H1	Medida composta pela dimensão P somada com a dimensão C.
PPM	Partes por milhão.
P_p	Índice de variação do processo.
P_{pk}	Índice de variação e centralização do processo.

Capítulo 1

Introdução

1.1 Histórico

A Empresa Brasileira de Aeronáutica (EMBRAER) teve suas origens em 1965, quando um grupo de engenheiros civis e militares do Centro Técnico Aeroespacial (CTA), em São José dos Campos, SP, começou a desenvolver o projeto de uma aeronave bimotor para substituir as aeronaves Beech 18 (C-45) da Força Aérea Brasileira (FAB).

A construção do protótipo foi finalizada após três anos e utilizou inclusive componentes de outras aeronaves. O protótipo foi identificado como Bandeirantes, que passou a ser o nome oficial do modelo.

Em maio de 1969, o avião do Presidente Costa e Silva foi obrigado a pousar em São José dos Campos em função da falta de condições meteorológicas do aeroporto de Guaratinguetá e foi recebido pelo Maj. Ozires Silva, que aproveitou a ocasião para mostrar o protótipo ao presidente, o qual prometeu ajuda para viabilizar a produção.

Este fato pode ser considerado o marco inicial para a fundação da EMBRAER, que ocorreu no final deste mesmo ano, sob a forma de empresa estatal de capital misto.

A empresa foi privatizada em 1994 e atualmente é a quarta maior fabricante de aeronaves comerciais do mundo, tendo produzido até o momento, cerca de 5.500 aeronaves desde sua criação.

A partir de 1999 tornou-se a maior exportadora brasileira e atualmente, emprega

aproximadamente 11.500 funcionários.

O sucesso da empresa pode ser atribuído a grande utilização de tecnologia de ponta no desenvolvimento das aeronaves, a constante preocupação com a qualidade, desde a concepção até finalização do produto e principalmente, com a satisfação do cliente.

Esta preocupação com o cliente no atual cenário mundial é de extrema importância, visto que a globalização trouxe novos desafios para as empresas. O maior destes desafios é, sem dúvida, manter-se competitivo. O grau de exigência cresceu em proporção geométrica e os próprios conceitos de competência e qualidade sofreram profundas transformações nos últimos anos.

As organizações têm dado ênfase à produtividade, à qualidade total, ao atendimento ao cliente e à velocidade de resposta como fontes potenciais de vantagem competitiva e tornou-se importante o desenvolvimento de novos fornecedores, visando-se a melhoria do produto, assim como a redução de custo de produção.

Neste contexto de desenvolvimento de novos fornecedores o autor teve oportunidade de participar da equipe multidisciplinar formada para qualificar um novo fornecedor de rebite sólido com cabeça escareada a 120°, instalado com interferência, objetivando a redução de custo e a estratégia de se ter mais de um fornecedor para este item.

A EMBRAER passou a utilizar este tipo de rebite sólido na produção de suas aeronaves, por volta de 1981 e, embora este tipo de rebite se mostrasse extremamente vantajoso com relação à redução de peso das aeronaves, a quantidade de discrepâncias ocorridas no processo de cravação era elevada, gerando altos índices de retrabalhos.

Havia questionamentos sobre a capacidade do processo de instalação devido à variabilidade inerente a cada operação de escareamento e cravação e, a criticidade das tolerâncias envolvidas. Desta forma, surgiu a necessidade de se desenvolver soluções para melhoria deste processo.

Alguns trabalhos foram desenvolvidos com sucesso para garantir a estabilidade do processo, o qual encontra-se atualmente sob controle estatístico e previsível. Embora não seja considerado robusto, apresenta baixo índice de defeitos.

No entanto, as soluções encontradas para controlar os processos de furação e cravação foram desenvolvidas tomando-se como base o único fornecedor existente no mercado (fornecedor A), visto ser este o detentor da patente. Desta forma, o processo foi padronizado considerando-se o rebite deste fornecedor como referência.

Por volta de 1998, após a expiração da patente pertencente ao fornecedor A, surgiu outra empresa no mercado (fornecedor B) apresentando vantagens do ponto de vista econômico com relação ao primeiro, mas após testes preliminares, verificou-se que com a utilização do produto do fornecedor B, voltavam a ocorrer problemas semelhantes aos observados no início do desenvolvimento do processo de instalação deste tipo de rebite.

1.2 Objetivo do Trabalho

O objetivo deste trabalho é estudar e identificar as características destes rebites que afetam o processo de cravação e com base nos resultados obtidos, desenvolver um padrão EMBRAER para ser utilizado no desenvolvimento e qualificação de futuros fornecedores deste produto, já que a qualidade do mesmo afeta diretamente a qualidade dos produtos EMBRAER.

Os processo de instalação e cravação dos rebites apresentado neste trabalho não foi objeto de estudo, visto encontrar-se sob controle e, portanto, foi considerado como padrão.

1.3 Organização do Trabalho

A dissertação é organizada em cinco capítulos conforme descrito abaixo:

O Capítulo 1 apresenta a introdução ao tema, fornecendo uma visão geral da história da EMBRAER e dos fatos que motivaram o estudo. Apresenta ainda o objetivo do estudo, as delimitações do trabalho e como este se encontra organizado.

O Capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica onde são mostrados um pequeno histórico sobre a utilização de rebites na indústria aeronáutica, as características dos rebites e do processo de instalação e cravação, uma noção sobre desdobramento da função qualidade e técnicas estatísticas.

O Capítulo 3 apresenta a análise experimental utilizada para desenvolver o trabalho. Inicialmente realizou-se um estudo de todos os parâmetros de fabricação dos rebites e foram identificadas as principais características do processo de instalação. Em seguida, realizou-se uma análise de risco para encontrar o peso relativo de cada característica de instalação a partir do seu risco de falha. Estes parâmetros foram correlacionados utilizando-se a “Quality Function Deployment” (QFD) como ferramenta. Os dados obtidos foram ilustrados através da análise de Pareto.

O Capítulo 4 apresenta os resultados das medições das características dos lotes dos fornecedores A e B, a análise e comparação destes resultados. Apresenta também a modificação da especificação EMBRAER existente para este tipo de rebite.

O Capítulo 5 apresenta um resumo dos principais resultados, as conclusões finais e os comentários.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

2.1 Uso de Rebites na Indústria Aeronáutica

A indústria aeronáutica utiliza rebites para unir componentes estruturais de aeronaves desde os primórdios de sua história, quando passou a utilizar materiais metálicos nas estruturas, ao invés de madeira e tecido.

Esta tecnologia é utilizada nas montagens aeronáuticas denominadas como permanentes, ou seja, na união de peças que não tenham previsão de serem substituídas durante o tempo de vida útil da aeronave.

Trata-se de uma tecnologia extremamente simples, que não exige equipamentos sofisticados para ser aplicada, apresenta custo reduzido e é conhecida mundialmente. Estas vantagens possibilitam o reparo das estruturas aeronáuticas em praticamente qualquer região do planeta.

Nas primeiras estruturas aeronáuticas integradas por meio de rebites, eram utilizados rebites com cabeça comum, que ficavam salientes em relação à superfície da aeronave, visto que não havia muita preocupação com a descontinuidade aerodinâmica causada pelos ressaltos das cabeças, devido às baixas velocidades desenvolvidas pelas aeronaves.

Porém, com o desenvolvimento de aeronaves cada vez mais velozes tornou-se necessária a eliminação destes ressaltos, visto que afetavam o escoamento do ar nas regiões aerodinâmicas. A indústria aeronáutica passou então a utilizar rebites com cabeça escareada, a fim de evitar a

ocorrência de problemas aerodinâmicos, já que estas ficavam niveladas em relação aos revestimentos.

Descobriu-se que, se a cabine de passageiros fosse pressurizada, o desconforto sobre os passageiros causados pela altitude, principalmente na decolagem e no pouso, poderiam ser minimizados ou até eliminados e que, a altitudes maiores conseguia-se obter maiores velocidades, reduzindo a duração das viagens.

As estruturas das aeronaves começaram então a ser montadas aplicando-se materiais selantes nos rebites utilizados no revestimento, para evitar vazamento da pressurização. A figura 2.1 mostra rebites instalados com selante na região interna de tanque de combustível.

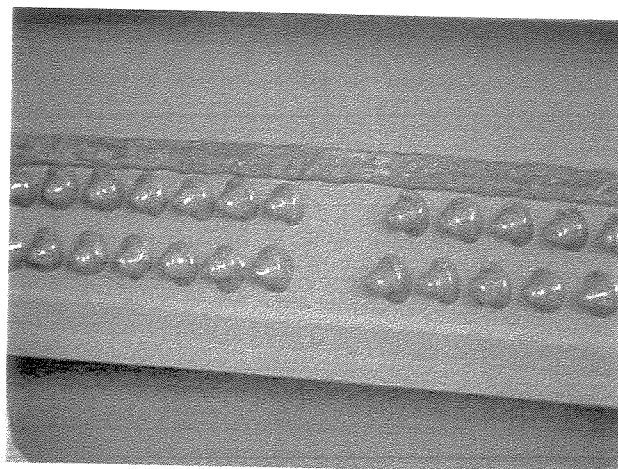


Figura 2.1 – Rebites instalados com selante.

No entanto, embora houvesse vantagens quanto ao conforto dos passageiros, o processo apresentava a desvantagem de acrescentar peso nas junções rebitadas da estrutura.

O problema foi solucionado na década de 70, quando foi idealizado o rebite objeto deste estudo, que devido a sua geometria e por apresentar interferência após a instalação, tem a vantagem de ser auto-vedante, dispensando o uso de selantes e conseqüentemente, aliviando peso nas junções.

Outra vantagem foi à redução do ciclo de produção, visto que não era mais necessário aguardar o tempo de cura do selante, em torno de 6 horas, para prosseguir com algumas montagens estruturais.

Estima-se que em um jato regional ERJ-145 para 50 passageiros haveria um acréscimo de cerca de 300 kg na estrutura, caso esta fosse montada com rebites comuns, os quais exigiriam a utilização de selante.

Apenas para exemplificar, uma aeronave do porte do jato regional ERJ-145 da EMBRAER, com capacidade para 50 passageiros, utiliza por volta de 150.000 rebites sólidos com cabeça escareada a 120° na sua fabricação, considerando os diversos tamanhos utilizados na montagem estrutural da fuselagem, asas, estabilizadores horizontal e vertical e superfícies de comando, tais como, flapes, ailerons, leme e profundor.

2.2 Características do Rebite Sólido com Cabeça Escareada 120° , Instalado com Interferência

O rebite sólido com cabeça escareada a 120° , instalado com interferência, é semelhante a um rebite com cabeça escareada comum, porém existem detalhes que diferenciam um do outro.

O ângulo da cabeça escareada do rebite em estudo é 120° , enquanto que no rebite sólido convencional (MS20426, por exemplo) é de 100° .

A face superior da cabeça do rebite sólido com escareado a 120° apresenta um “domo anelar” ao invés de ser lisa como o do rebite comum.

O uso deste tipo de rebite é indicado em regiões onde suavidade aerodinâmica, longa vida em fadiga, resistência estática e resistência à corrosão são requisitos fundamentais. A figura 2.2 mostra o rebite sólido com cabeça escareada 120° . A comparação entre as dimensões dos furos para os rebites com escareado a 120° e a 100° pode ser vista na figura 2.3.

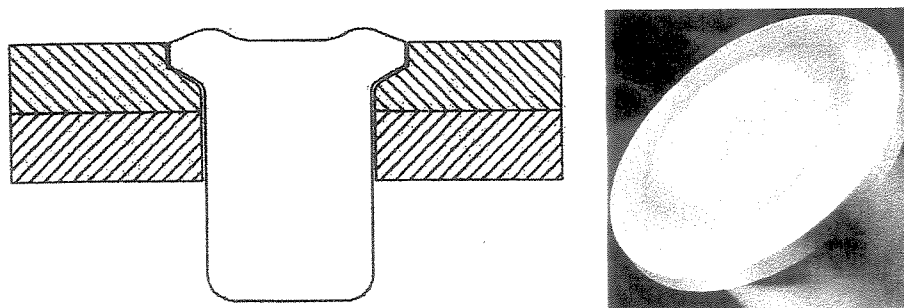


Figura 2.2 – Rebite sólido com cabeça escareada 120° .

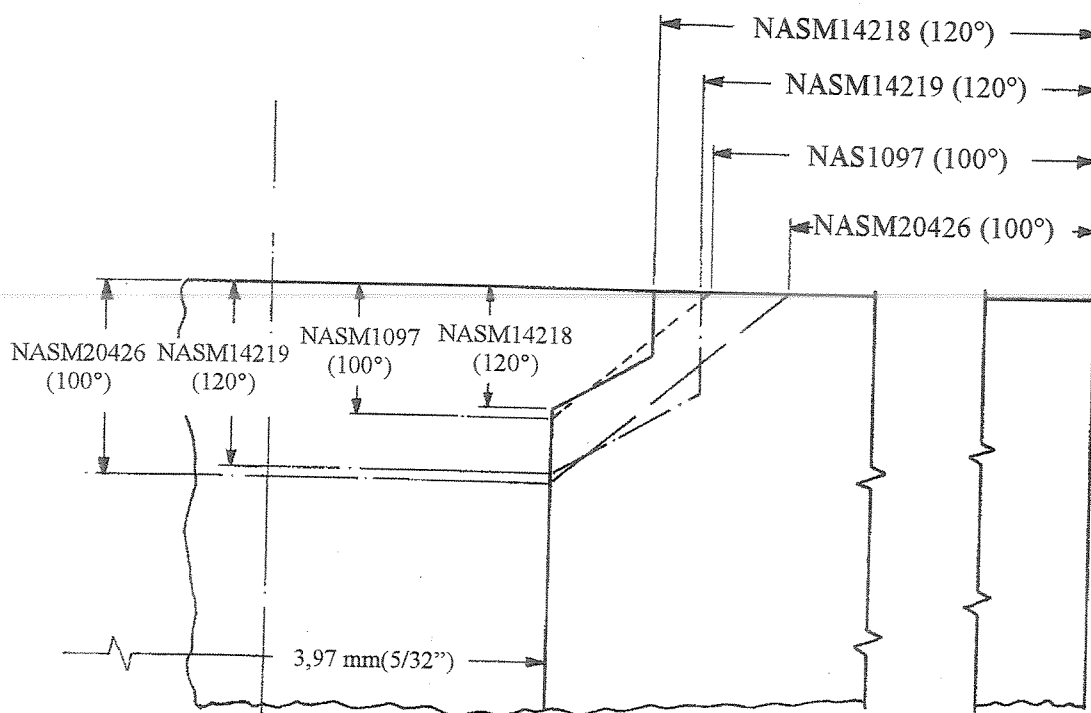


Figura 2.3 – Comparação entre os rebites NAS1097, NASM14218, NASM14219 e NASM20426.

As normas referentes aos rebites sólidos com cabeça escareada a 120°, instalados com interferência, para esforços de cisalhamento (NASM14218) e para esforços de tração (NASM14219) encontram-se nos Apêndices D e E respectivamente.

2.2.1 Ferramentas e Processo de Furação e Escareamento

A furação e o escareamento do furo para instalação deste tipo de rebite deve ser executado com bastante critério em função das tolerâncias dimensionais envolvidas no processo de instalação, as quais são da ordem de milésimos de polegada.

Embora existam máquinas com controle numérico para fazer as furações e escareados, a grande maioria destas operações é realizada com máquinas portáteis (manuais), o que torna necessária a utilização de ferramentas específicas para assegurar que o processo não dependa apenas da habilidade e experiência do operador.

O fluxo do processo encontra-se na figura 2.4.

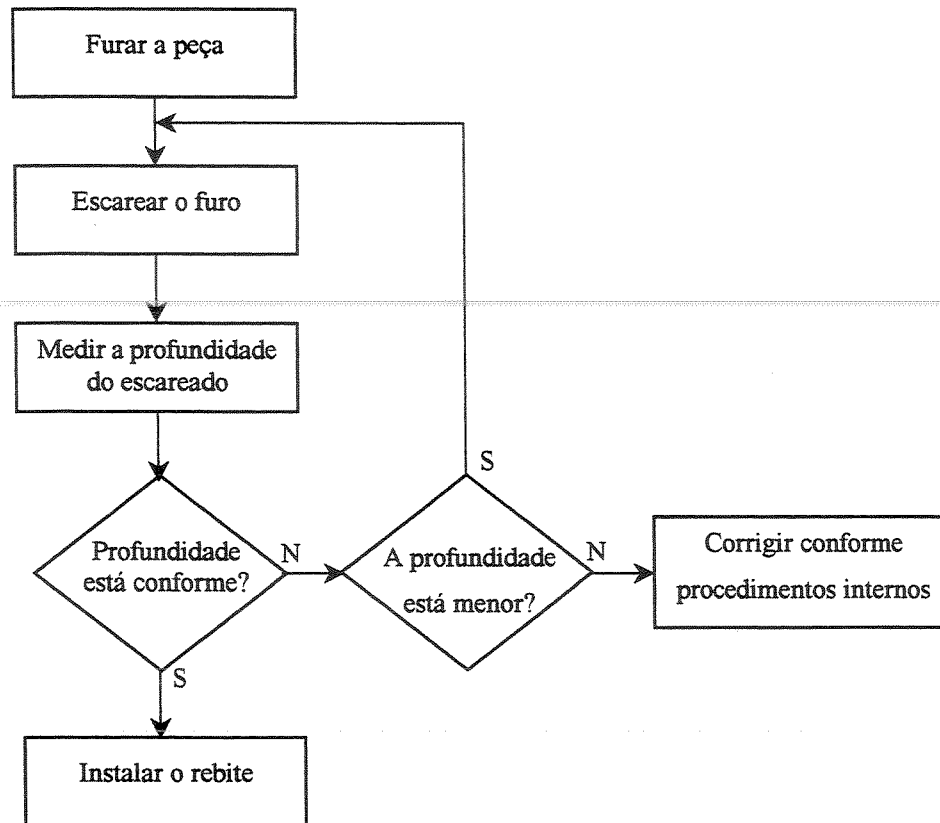


Figura 2.4 – Fluxograma do processo de instalação do rebite.

Os processos e as ferramentas de furação e escareamento encontram-se descritos nos parágrafos a seguir.

Furadeiras Elétrica ou Pneumática e Brocas

As furadeiras e brocas são utilizadas em muitos processos industriais, dispensando maiores comentários quanto ao funcionamento, apenas ressaltando que antes da utilização, as brocas devem ser avaliadas quanto à afiação, isenção de rebarbas, riscos e deformações na haste de fixação.

As brocas nunca devem ser reafiadas, visto que esta operação pode gerar assimetrias nos ângulos de corte, o que certamente ocasionaria discrepâncias no processo de furação. É importante lembrar que esta recomendação refere-se apenas a operação de furação para instalação do rebite objeto deste estudo. Para os demais, deve ser avaliado caso a caso em função das tolerâncias requeridas.

Bucha Guia (Tripé ou Quatripé)

As buchas guias são ferramentas extremamente simples, constituídas basicamente por uma bucha instalada em um suporte com três ou quatro pés, dependendo da região onde será realizada a furação.

A broca instalada na furadeira deve ser passada através da bucha guia do “tripé”, ou “quadripé”, e este deve ser apoiado na superfície a ser furada. Desta forma, pode se garantir a perpendicularidade do furo com a precisão requerida para instalação do rebite.

As concepções básicas das buchas guias são mostradas nas figuras 2.5, 2.6 e 2.7.

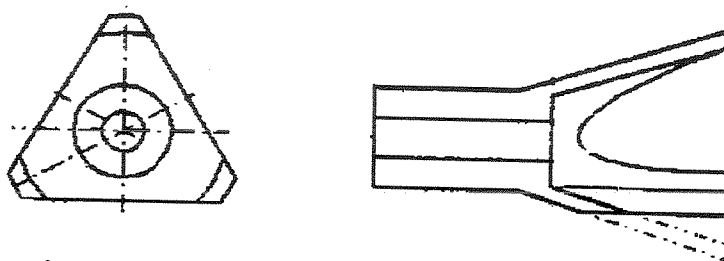


Figura 2.5 - Bucha guia com três apoios (tripé)

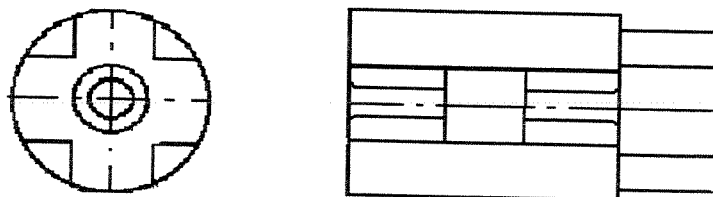


Figura 2.6 - Bucha guia com quatro apoios

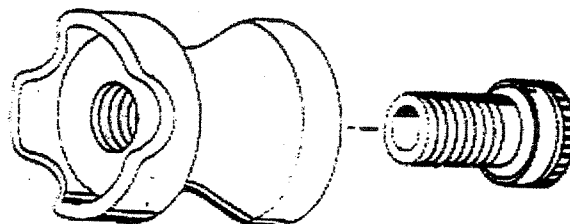


Figura 2.7 - Bucha guia de plástico

A bucha guia com três apoios (tripé) é utilizada em regiões de curvatura simples ou duplas e regiões planas. A bucha com quatro apoios é utilizada apenas em regiões planas, visto que

podem provocar erro de inclinação de até $0^{\circ} 20'$, quando usado em regiões curvas. Em função deste fato seu uso é bastante restrito.

Existe também o apoio em plástico com bucha guia em aço intercambiável de vários diâmetros.

Escareador e Corpo Micrométrico

O escareador é uma ferramenta de corte semelhante a um broca e é utilizado para fabricar o rebaixo cônico para assentamento da cabeça do rebite, conforme mostrado na figura 2.8.

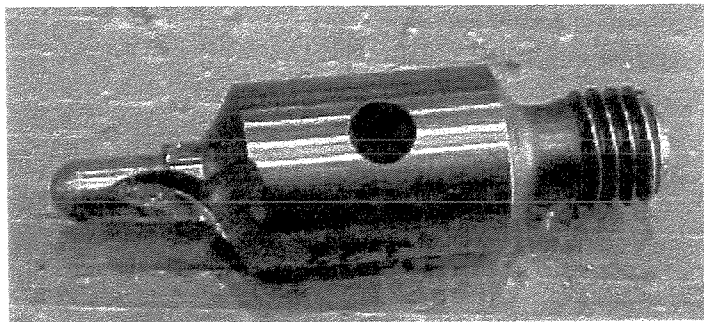


Figura 2.8 – Escareador padronizado para rebite com cabeça escareada 120° .

O corpo micrométrico é um dispositivo que permite controlar a profundidade do escareado na medida requerida para cada tipo de rebite. A profundidade é calibrada através do ajuste de um tambor micrométrico, conforme mostrado na figura 2.9.

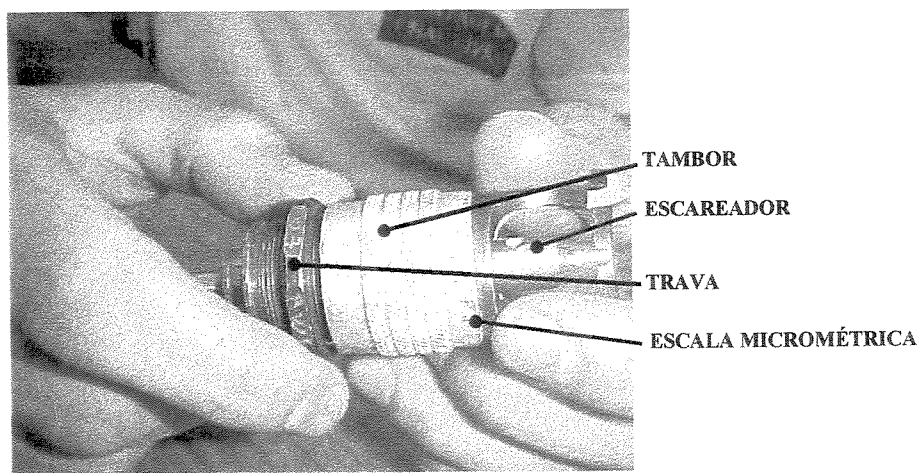


Figura 2.9 – Corpo micrométrico com escareador

O corpo micrométrico é fixado ao mandril da furadeira manual e encostado na superfície da peça a ser escareada. A região cilíndrica do escareador é posicionada dentro do furo, a furadeira é acionada e avançada contra a peça, até atingir o curso máximo pré-calibrado no corpo micrométrico, conforme mostra a figura 2.10.

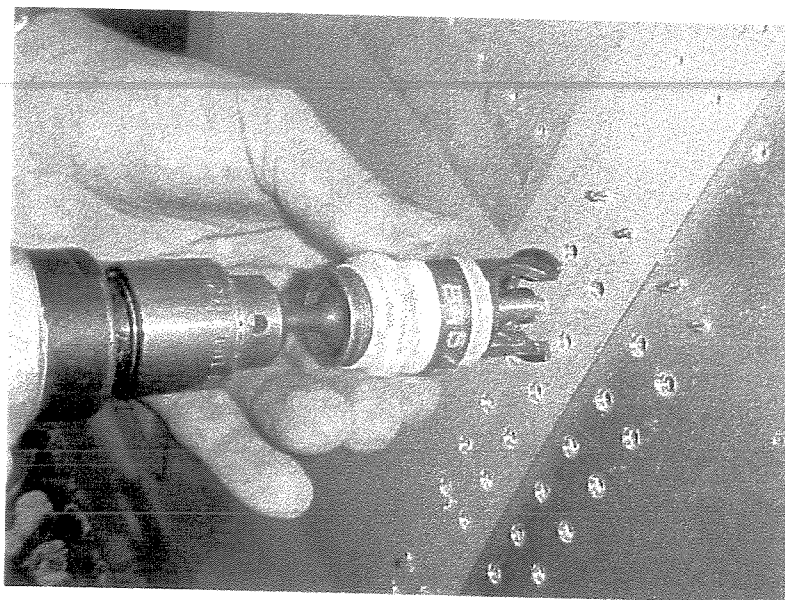


Figura 2.10 – Escareamento de furo na junção da fuselagem de uma aeronave.

A perpendicularidade é garantida pelo contato da face do corpo micrométrico com a superfície a ser escareada.

A calibração do corpo micrométrico é realizada utilizando-se um corpo de prova de material e espessura idênticos ao da peça ou chapa a ser escareada.

O processo de calibração consiste em escarear um furo no corpo de prova, medir e calibrar o corpo micrométrico, repetindo este procedimento até obter valores de profundidade próximos ao requerido. A calibração é finalizada utilizando-se a própria peça a ser escareada, visto que o corpo de prova não representa exatamente a rigidez da peça ou chapa e este fator tem extrema influência na profundidade final do escareado.

Ao término da calibração, o tambor do corpo micrométrico é lacrado com plástico termo retrátil e identificado com o diâmetro do rebite e a região ou montagem onde será utilizado, conforme mostra a figura 2.11.

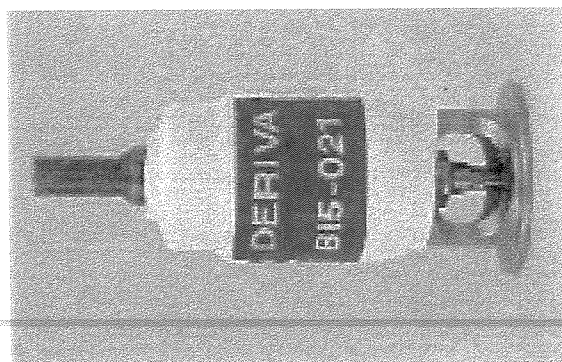


Figura 2.11 – Corpo micrométrico lacrado e identificado com a região onde será utilizado na aeronave.

Relógio Comparador

O relógio comparador é utilizado para medir a profundidade do escareado durante a calibração do corpo micrométrico e para medir a altura da cabeça do rebite após o processo de instalação. A medida de profundidade é realizada utilizando-se o relógio comparador com base especial e o rebite a ser instalado.

Posiciona-se o relógio comparador com a ponta ao lado do escareado para que seja ajustado o zero. Em seguida, coloca-se o rebite no escareado e posiciona-se a ponta do relógio no centro da cabeça do rebite. O valor da altura da cabeça do rebite (ΔH) deverá estar conforme norma interna da EMBRAER.

A figura 2.12 mostra um desenho esquemático do processo de medição e a foto de um relógio comparador digital.

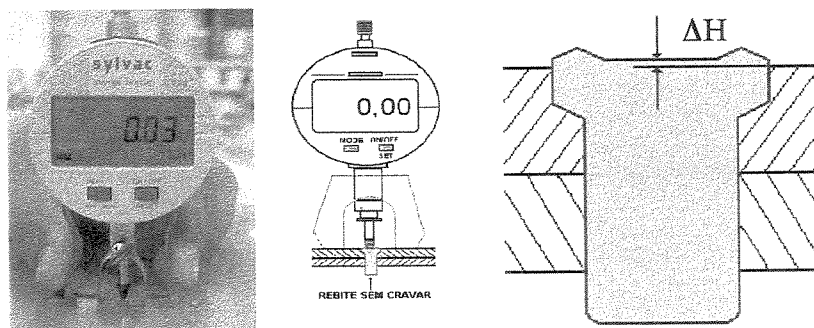


Figura 2.12 – Relógio comparador digital, posicionamento para medição e dimensão medida.

2.2.2 Ferramentas e Processo de Instalação (Cravação)

O processo de instalação é semelhante ao realizado para outros tipos de rebites, porém, no rebite cabeça escareada 120° com interferência, os deslocamentos do material durante a conformação e os esforços contra as peças a serem unidas são diferentes.

As ferramentas necessárias para realizar a instalação são o martelete pneumático e o encontrador, conforme ilustrado nas figuras 2.13 e 2.14.

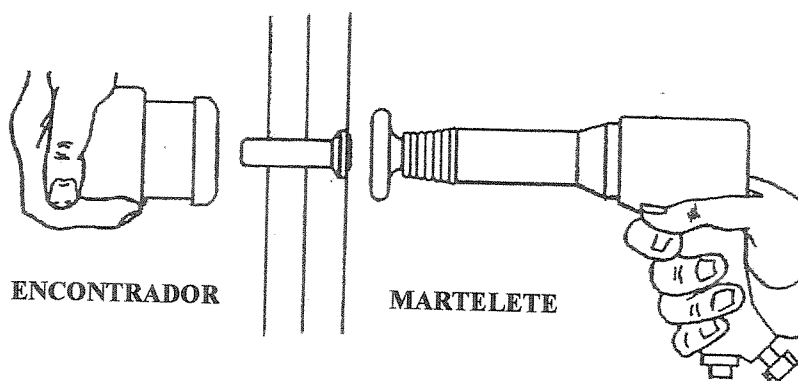


Figura 2.13 – Rebitagem com ferramentas manuais.

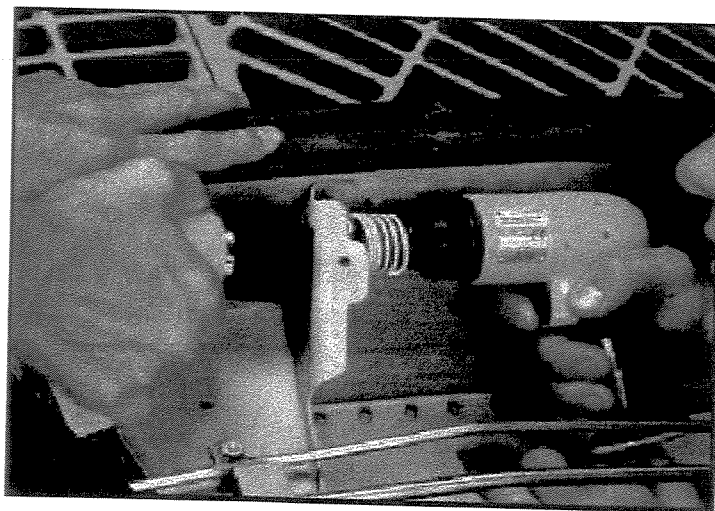


Figura 2.14 – Rebitagem com martelete pneumático amortecido.

O rebite é colocado no furo escareado e a seguir, são posicionados o martelete na cabeça fabricada e o encontrador na contra cabeça como mostrado na figura 2.15.

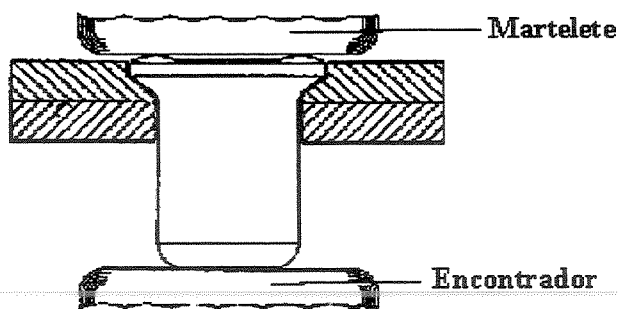


Figura 2.15 – Início do processo de cravação.

O martete é acionado e o processo de conformação da contra cabeça é iniciado. As setas da figura 2.16 indicam o escoamento do material do rebite, que começa a ser pressionado contra o escareado e a extremidade da região cilíndrica do furo. Observe que a pressão exercida pelo material contra o escareado é causada pelo escoamento do material existente no ressalto (“domo anelar”) existente na face da cabeça.

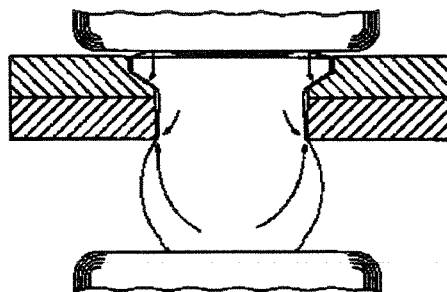


Figura 2.16 – Início da conformação do material do rebite.

O processo de conformação da contra cabeça e o preenchimento das regiões cilíndricas do furo continuam. A cabeça é pressionada ainda mais contra o escareado, conforme mostram as setas da figura 2.17.

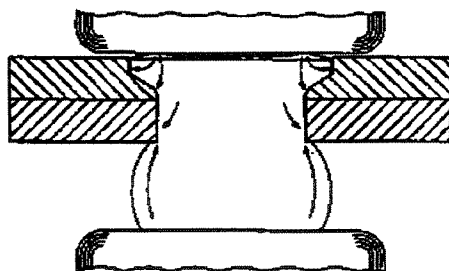


Figura 2.17 – Conformação.

Dando continuidade ao processo, observa-se na figura 2.18 que todos os escoamentos mencionados anteriormente continuam a existir, porém, surge outro escoamento saindo da contra cabeça em direção a cabeça, o qual é responsável pelo nivelamento da região central da cabeça do rebite.

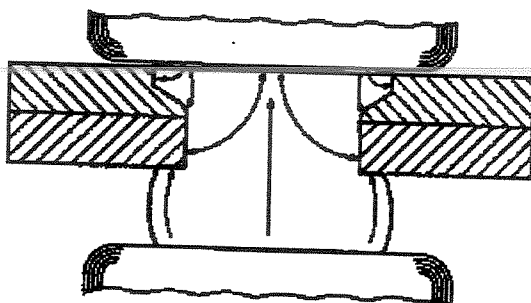


Figura 2.18 – Nivelamento da face da cabeça.

No final do processo de instalação o rebite permanece pressionando toda a superfície do furo, tanto nas regiões cilíndricas quanto no escareado, conforme mostrado na figura 2.19.

Esta interferência é a responsável pela vedação do furo após a instalação do rebite, dispensando a aplicação de qualquer tipo de produto selante nas interfaces.

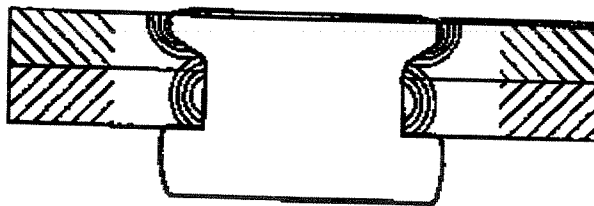


Figura 2.19 – Rebite após processo de instalação.

2.2.3 Defeitos Indesejáveis

A cravação dos rebites pode apresentar defeitos caso ocorram discrepâncias nos processos de furação, escareamento e na própria instalação dos rebites, em função destes processos serem manuais, dependerem parcialmente da habilidade do operador e apresentarem tolerâncias da ordem de milésimos de polegada.

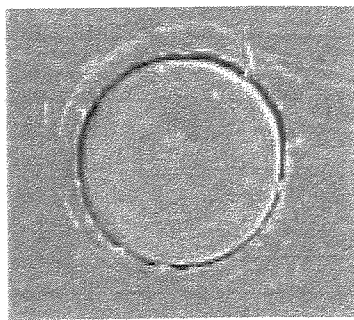
Os principais defeitos que podem ocorrer são a ovalização do escareado, a folga

circunferencial da cabeça e a falta de perpendicularidade do furo e do escareado.

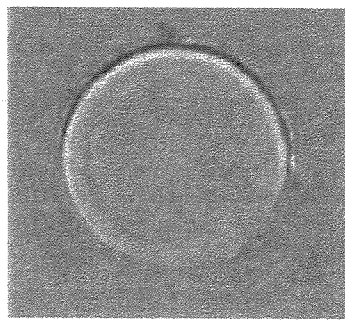
Ovalização do Escareado

A ovalização do escareado ocorre quando há vibração no mandril ou no escareador, ou quando não há perfeito alinhamento entre as chapas da junção no momento do escareamento, conforme mostra a figura 2.20a e 2.20b respectivamente.

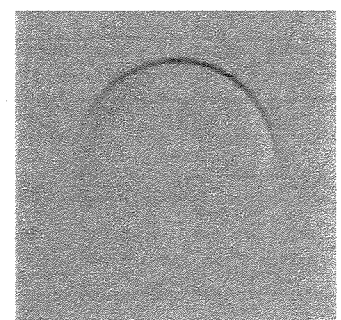
Este defeito não permite que a região seja perfeitamente isolada do meio ambiente após a pintura, já que a tinta não preenche a fresta entre a cabeça do rebite cravado e o escareado, conforme pode ser visto na figura 2.20c, possibilitando o aparecimento de futuros focos de corrosão.



a



b



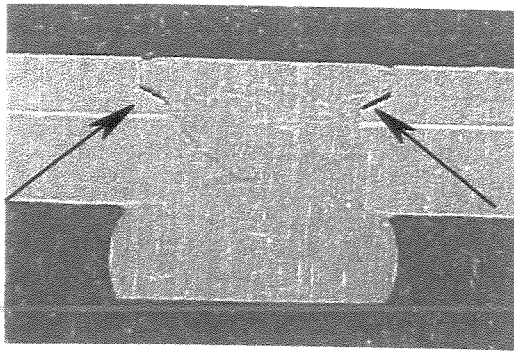
c

Figura 2.20 – Defeitos causados pela ovalização do escareado antes da pintura (“a” e “b”) e após a pintura (“c”) do corpo de prova.

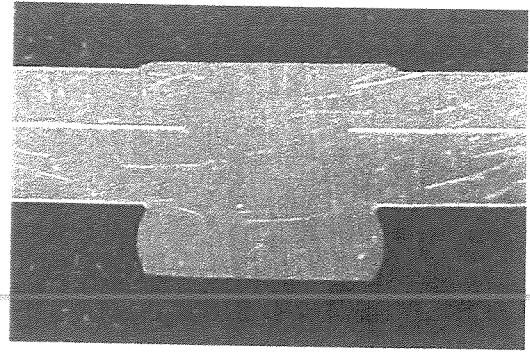
Folga Circunferencial

A folga circunferencial ocorre quando a profundidade do escareado é maior do que a requerida para um determinado tamanho de rebite, o que impede a expansão total da cabeça do rebite quando este é pressionado contra o escareado. Este fato faz com que a cabeça do rebite não preencha o espaço disponível para o assentamento da mesma, como pode ser verificado e comparado nas figura 2.21a e 2.21 b.

Como no defeito anterior, este também possibilita o aparecimento de focos de corrosão, já que a pintura também não preenche a folga existente, conforme mostra a figura 2.22.



a



b

Figura 2.21 – A foto “a” mostra a folga existente sob a cabeça causada pelo assentamento incorreto do rebite no escareado do corpo de prova. A foto “b” mostra um rebite corretamente instalado.

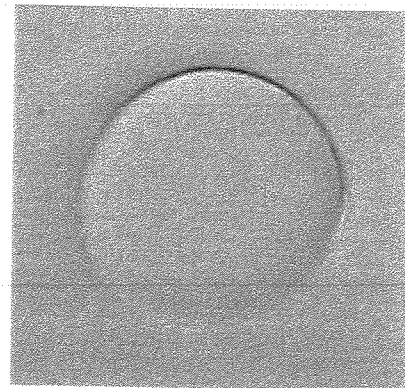
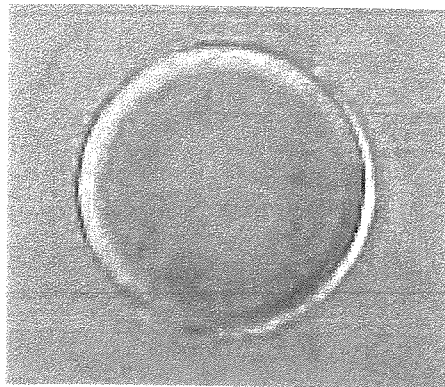


Figura 2.22 – Rebite com folga circunferencial antes e após a pintura do corpo de prova.

Falta de Perpendicularidade do Furo e do Escareado

A falta de perpendicularidade pode ser causada pelo desalinhamento das chapas ou devido a problemas durante a furação e escareamento (furo inclinado), com pode ser visto nas figuras 2.23a e 2.23b.

Os defeitos que ocorrem devido à falta de perpendicularidade, mostrados na figura 2.24a e 2.24b, são: a conformação da contra cabeça em forma de bota (1), a cabeça do rebite inclinada (2), a existência de espaços entre chapas e o corpo do rebite (3), a folga circunferencial (4), o

assentamento incorreto da cabeça (5) e marcas de martelete na chapa (6).

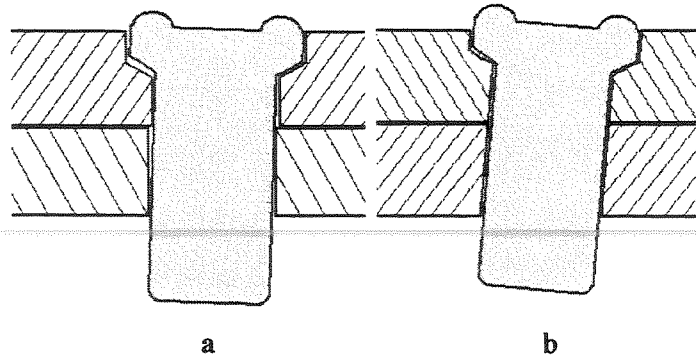


Figura 2.23 – Falta de perpendicularidade do furo e do escareado.

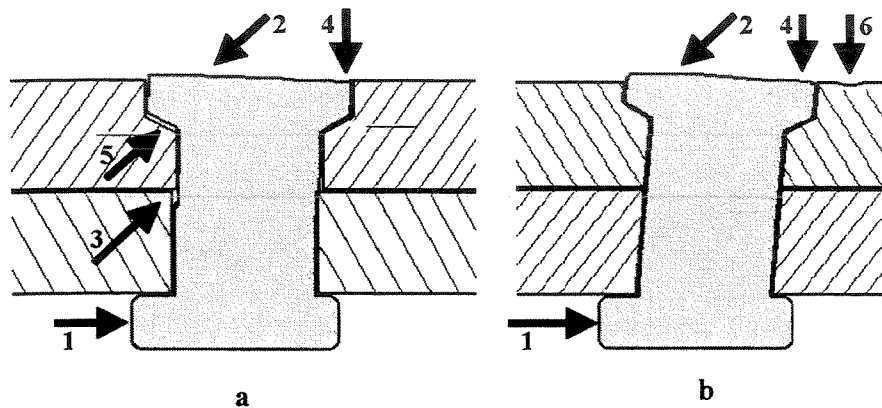


Figura 2.24 – Defeitos causados pela falta de perpendicularidade do furo e do escareado.

As marcas de martelete (6) na chapa de revestimento de uma aeronave são inadmissíveis, visto que geram concentrações de tensão e reduzem drasticamente a vida em fadiga do revestimento e, conseqüentemente, da estrutura da aeronave. Este defeito implica na substituição do revestimento afetado.

2.2.4 Remoção de Rebites

Em função dos defeitos mostrados anteriormente, torna-se necessária a remoção dos rebites. Também pode ser necessário removê-los devido a algum imprevisto ocorrido com a aeronave, como por exemplo, a substituição de um revestimento devido a um acidente.

O processo de remoção do rebite consiste em fazer uma pequena marca com um punção no centro da cabeça do rebite e em seguida, furar a cabeça com uma broca de diâmetro pouco menor

que o do corpo do rebite. A profundidade do furo deve ser próxima a altura da cabeça do rebite, conforme ilustrado na figura 2.25.

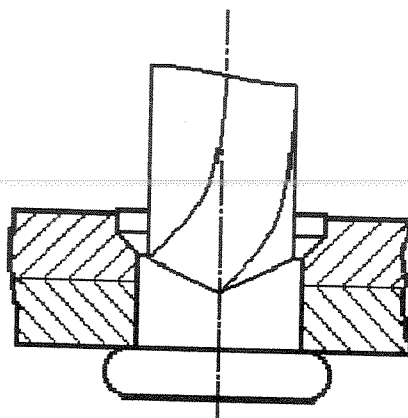


Figura 2.25 – Furação da cabeça do rebite.

Em seguida, introduz-se um saca pino no furo e força-se o rebite para fora do furo conforme figura 2.26.

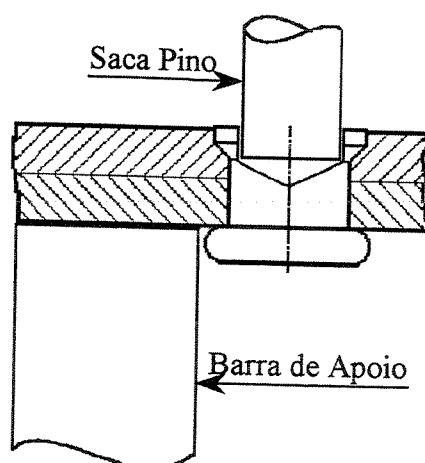


Figura 2.26 – Remoção do rebite.

Deve-se evitar que o furo seja danificado durante o processo de remoção, para possibilitar a instalação de outro rebite de mesmo diâmetro. Quando não é possível instalar um rebite igual ao removido devido a danos no furo, deve-se furar a peça no diâmetro necessário para a instalação de um rebite de diâmetro imediatamente superior.

2.3 Garantia da Qualidade

Segundo Cheng et al. (1995), o propósito dos programas de qualidade é suprir as necessidades do ser humano, devendo satisfazer todos os envolvidos durante o ciclo de vida de um produto (bens ou serviços), ou seja, desde a concepção até a disposição final.

Existem três enfoques que caracterizam a Garantia da Qualidade: Garantia da Qualidade pela Inspeção, Garantia da Qualidade pelo Controle do Processo e Garantia da Qualidade durante o Desenvolvimento do Produto.

A Garantia da Qualidade pela Inspeção consiste apenas em comparar o item produzido com um padrão, separando os que estão em conformidade com o padrão dos que não estão, impedindo que um item defeituoso chegue ao próximo cliente, seja este interno ou externo.

A Garantia da Qualidade pelo Controle do Processo consiste em controlar todos os processos envolvidos na produção com o objetivo de garantir que o produto final esteja em conformidade com as especificações.

Os dois enfoques buscam a aproximação da Qualidade de Fabricação e a Qualidade de Especificação do Projeto, assim como o estreitamento da variabilidade de fabricação.

A Garantia da Qualidade durante o Desenvolvimento do Produto visa aproximar a qualidade exigida pelos clientes e a qualidade do produto recebido, passando pelas qualidades de especificação e fabricação, ou seja, o produto deve ser concebido, especificado, fabricado e entregue de acordo com as necessidades dos clientes.

Cabe ressaltar que os três enfoques descritos acima são praticados de forma complementar, sendo que a distinção está apenas na ênfase com que são aplicados e não na exclusão de um em relação ao outro.

O enfoque da Garantia da Qualidade pelo Controle de Processo iniciou-se na década de 1930, com Shewhart e Deming nos Estados Unidos e, por volta de 1949 no Japão de acordo com Cheng (1995).

O aparecimento do enfoque da Garantia da Qualidade durante o Desenvolvimento do Produto ocorreu por volta de 1959, mas sua aplicação só foi possível através do método de Desdobramento da Função Qualidade (QFD), descrito na seção 2.5.

2.4 Planejamento da Qualidade

Cheng ed al. (1995) comenta que o planejamento da qualidade pode ser dividido em oito etapas, as quais podem ser visualizadas através do ciclo PDCA mostrado na figura 2.27.

Etapas

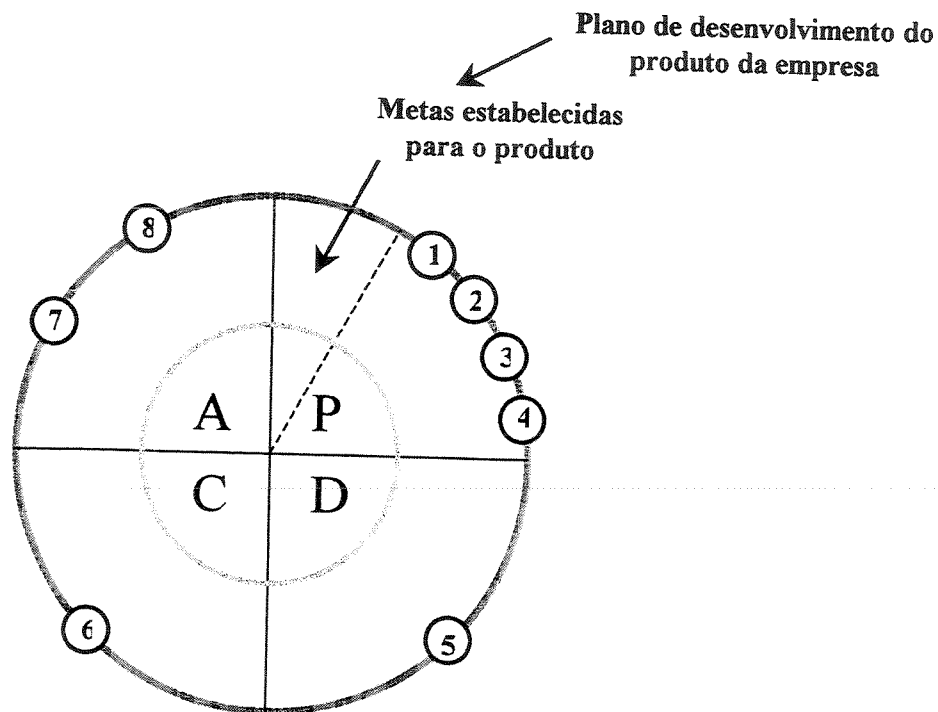


Figura 2.27 – Ciclo PDCA do planejamento da qualidade.

- 1 – Identificar as necessidades dos clientes;
- 2 – Estabelecer o conceito do produto;
- 3 – Projetar o produto e o processo;
- 4 – Estabelecer os padrões-proposta;
- 5 – Fabricar e testar lote-piloto;
- 6 – Verificar a satisfação do cliente;

- 7 – Estabelecer a padronização final; e,
- 8 – Refletir sobre o processo de desenvolvimento.

O quadrante P refere-se ao planejamento das metas a serem alcançadas no processo de desenvolvimento do produto, proveniente normalmente do Plano de Desenvolvimento de Produtos, preparado a partir do Plano Estratégico da empresa.

O quadrante D consiste na execução do produto planejado.

A verificação do quadrante C consiste em avaliar se o novo processo proposto no quadrante P foi cumprido pelo quadrante D.

O quadrante A consiste em adotar os padrões propostos em caso de sucesso ou buscar as modificações necessárias para prevenir a recorrência de anomalias, repadronizando o conjunto de procedimentos gerenciais e técnicos finais do novo processo. Por último faz-se uma reflexão sobre o planejamento da qualidade.

2.5 Desdobramento da Função Qualidade (QFD)

Segundo Cheng et al. (1995) o QFD (Quality Function Deployment) foi criado no Japão pelos professores Mizuno e Akao e teve origem nos trabalhos de Akao em 1972 (New Product Development and Quality Assurance: System of Quality Function Deployment), mas continuaram a ser aperfeiçoados pelo grupo do professor Akao na Universidade de Tamagawa, em cooperação com empresas japonesas.

O QFD permite comunicar sistematicamente as informações relacionadas com a qualidade e explicitar o trabalho relacionado com a obtenção da qualidade, com o objetivo de auxiliar o processo de gestão do desenvolvimento do produto.

De acordo com Cheng et al. (1995), o método pode ser aplicado tanto ao produto (bens e serviços) da empresa quanto ao produto intermediário entre cliente e fornecedor interno, utilizando para isto, matrizes e tabelas onde são desmembradas e correlacionadas as necessidades dos clientes, as funções, os mecanismos, os componentes, as matérias primas, os custos, a confiabilidade, o trabalho humano etc.

As vantagens da aplicação do QFD são: redução do tempo de desenvolvimento do produto, redução no número de mudanças de projeto, redução das reclamações de clientes, redução de custos/perdas, redução de transtornos e mal estar entre funcionários, aumento de comunicação entre departamentos funcionais, crescimento e desenvolvimento de pessoas através do aprendizado mútuo e maior possibilidade de atendimento as exigências dos clientes.

O método é subdividido em Desdobramento da Qualidade (QD) e Desdobramento da Função Qualidade no sentido restrito (QFDr) segundo Cheng et al. (1995).

2.5.1 Desdobramento da Qualidade (QD)

O QD visa desdobrar a qualidade utilizando a lógica da causa e efeito, de forma sistematizada. O desdobramento inicia-se a partir da necessidade explicitada pelo cliente, passando pelas características do produto até atingir a um determinado valor de um parâmetro de controle do padrão técnico do processo.

O QD é subdividido em três blocos: metas do produto, desdobramentos sucessivos e sistema de padrões.

2.5.1.1 Metas do Produto

O primeiro bloco refere-se ao início da aplicação do método, a partir da definição das metas a serem atingidas para o desenvolvimento de um determinado produto. Forma-se então um grupo de trabalho interfuncional coordenados por um gerente que possua conhecimentos técnicos sobre o produto e habilidades gerenciais.

As metas podem ser agrupadas em quatro grupos: melhoria da qualidade (qualidade), introdução de novas tecnologias (tecnologia), redução de custos ou preços de venda (custo) e aumento de confiabilidade (confiabilidade). Estas são as dimensões da qualidade no QD.

2.5.1.2 Desdobramentos Sucessivos

O segundo bloco é constituído pelos desdobramentos sucessivos realizados por meio da utilização de tabelas, matrizes e modelos conceituais, denominados Unidades Básicas de

Trabalho (UBTs).

Tabelas

As tabelas são a unidade elementar do QD, visto que todo o desdobramento ou detalhamento das características do produto, tais como, qualidade exigida, função do produto, materiais etc, é realizado por meio das mesmas, de forma agrupada e ordenada em níveis. O desdobramento permite conhecer, explicitar e formalizar todas as características do produto.

A elaboração das tabelas é realizada pelo grupo de trabalho utilizando-se ferramentas de criatividade e participação como o “brainstorming”, por exemplo, e as contribuições são organizadas em classes afins pelo grupo, observando algum critério de relação. Finalmente realiza-se uma análise para verificar a consistência dos dados.

Algumas tabelas de desdobramentos normalmente elaboradas são: tabela de desdobramento da qualidade exigida, tabela de desdobramento das funções, tabela de desdobramentos dos mecanismos, tabela de desdobramentos dos componentes etc, sendo que os tipos de tabelas a serem utilizadas dependem de fatores como o tempo disponível de desenvolvimento, das metas do produto, do tipo de indústria, etc. O exemplo de um desdobramento da qualidade exigida em um curso encontra-se na tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Desdobramento da Qualidade exigida para a realização de um curso (Cheng, 1995).

PRIMÁRIO	SECUNDÁRIO	TERCIÁRIO
1-ENSINO EFICAZ	1.1- Bom Instrutor	1.1.1-Instrutor transmite entusiasmo pelo assunto.
		1.1.2-Instrutor esclarece bem as dúvidas.
	1.2-Material Didático de Boa Qualidade	1.2.1-Material de fácil entendimento.
		1.2.2-Material que estimule maior participação.
		1.2.3-Material agradável aos 4 sentidos.
2-AULA AGRADÁVEL	2.1-Ambiente Físico Agradável aos 4 Sentidos	2.1.1-Ambiente com temperatura agradável.
		2.1.2-Ambiente com boa iluminação.

Matrizes

A matriz é formada por duas tabelas com o objetivo de visualizar as relações existentes entre seus elementos (Cheng, 1995).

Existem três formas de matrizes dependendo do tipo de relação: matrizes de extração, matrizes de conversão e matrizes de correlação. Neste trabalho será descrito apenas o último tipo.

A correlação é utilizada quando se deseja identificar o grau de relação entre os elementos desdobrados do último nível entre duas tabelas. A correlação pode ser indicada por símbolos, tais como, forte, média e fraca. Nas colunas ou linhas onde a correlação não é possível, pode-se diagnosticar que ou algo foi omitido ou está em excesso.

Modelo Conceitual

O modelo conceitual é o conjunto de tabelas e matrizes formado no desenvolvimento de um determinado produto. O modelo completo contempla as quatro dimensões citadas anteriormente, ou seja, os desdobramentos da qualidade, da tecnologia, do custo e da confiabilidade. Porém, não é necessário contemplar as quatro dimensões, visto que esta decisão depende das metas a serem atingidas, do tipo da empresa, da natureza do produto e da proximidade dos clientes.

A confecção do modelo conceitual depende do entendimento da lógica do trabalho a ser desenvolvido, ou seja, deve-se conhecer o que se deseja como saída e o que possui como entrada. O caminho a ser percorrido no modelo conceitual, utilizando-se as tabelas e matrizes, será a ação efetuada na qualidade de entrada para se obter a qualidade da saída.

2.5.1.3 Sistema de Padrões

O sistema de padrões é o meio utilizado pela empresa para transmitir as informações obtidas nas unidades básicas de trabalho (UBTs), para as áreas envolvidas na produção do produto. É importante que o processo de padronização dentro da empresa esteja num bom nível.

Os padrões podem ser de produto, de matéria prima e de insumos ou de procedimentos, tais como procedimentos operacionais, tabela de análise do processo crítico, padrão técnico do

processo, padrão de inspeção etc.

2.5.2 Desdobramento da Função Qualidade no Sentido Restrito (QFDr)

O QFD (restrito) é o desdobramento da função do trabalho ou desdobramento de um conjunto de procedimentos gerenciais e técnicos, com o objetivo de especificar com precisão quais as funções ou trabalho humano são necessários na obtenção da qualidade do produto e da empresa, de forma a satisfazer o cliente (Cheng ed al., 1995).

Pode ser conceituado como sendo o processo sistemático de desdobramento do trabalho da ação gerencial de planejamento da qualidade em procedimentos gerenciais e técnicos para serem cumpridos pelas áreas funcionais.

2.5.3 Princípios do QFD

Cheng ed al. (1995) comenta que o QFD baseia-se em três princípios: o da subdivisão e unificação, o da pluralização e visibilidade e o da totalização e parcelamento.

A Subdivisão e Unificação são processos de análise e síntese, onde são conhecidos detalhadamente à qualidade e o trabalho a ser realizado. Após o detalhamento, é necessário uní-los, classificando-os em grupos. Por exemplo, as funções de um produto obtido por meio de “brainstorming” precisam ser detalhadas, agrupadas e hierarquizadas.

A Pluralização e Visibilidade contemplam todas as fases do QFD, ou seja, a confecção das tabelas, das matrizes, do modelo conceitual e dos padrões. A pluralização é a consideração das matrizes sob perspectivas distintas, tais como, a perspectiva do mercado manifestada através da tabela de desdobramento da qualidade exigida, a perspectiva da engenharia e tecnologia da empresa manifestada através da tabela de desdobramento das características da qualidade do produto. Com relação à visibilidade, é crucial para explicitação e visualização das informações, visto que permite que as percepções e experiências não visíveis e não explicitadas dos membros, sejam escrutinadas por outros membros. Este princípio elimina as deficiências e aumenta muito o potencial de acerto do planejamento da qualidade.

O terceiro princípio da totalização e parcelamento está presente em todo o trabalho do

QFD, visto ser necessário ter a visão do todo, sem perder de vista as partes mais importantes, evitando desperdícios de recursos e tempo. Uma vez identificadas às partes importantes, torna-se necessário ampliá-las para conhecer profundamente os seus detalhes e assim sucessivamente. É importante ponderar sobre o ótimo do todo e o ótimo das partes, uma vez que a qualidade, a confiabilidade e a tecnologia podem entrar em conflito com os custos.

2.6 Definição de Características Chaves

A característica chave é um parâmetro do produto ou processo que afeta diretamente a performance, a montagem e a vida em serviço do item (instalação, produto, sistema ou componente). Cuidados especiais ou adicionais devem ser tomados no processo de fabricação com relação a estes parâmetros. As características chaves são utilizadas apenas com o propósito de controlar a manufatura.

A definição destas características reduz o número de parâmetros a serem controlados no produto para garantir a qualidade, reduzindo os custos.

As características chaves são selecionadas por um grupo de trabalho incluindo engenheiros de desenvolvimento do produto, de processo, de ferramental e assistentes técnicos, podendo incluir também fornecedores.

A seleção das características chaves baseia-se principalmente na experiência do grupo de trabalho e nos dados históricos (registros de não conformidade, reclamações de clientes, consumidores etc).

A seleção é iniciada listando-se em uma tabela, todas as características com possibilidade de se tornarem chaves. Em seguida, o grupo supõe quais as causas potenciais de variabilidade de cada característica candidata, baseando-se na experiência do grupo e nos dados históricos e identificam-se as possíveis variações que estas características podem causar no produto.

Na fase seguinte, o grupo estima os parâmetros de probabilidade de ocorrência, grau de severidade e capacidade de detecção de cada característica, por meio de escalas que variam de 1 a 10, conforme mostrado nas tabelas 2.2, 2.3 e 2.4. Estas tabelas referem-se a análise de riscos aplicada na EMBRAER.

Tabela 2.2 – Probabilidade de ocorrência.

PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA		
CRITÉRIO	CLAS.	PROBABILIDADE DE FALHA
Probabilidade remota de ocorrência	1	1 / 10.000
Baixa probabilidade de ocorrência. Processo sob controle estatístico.	2	1 / 5.000
	3	1 / 2.000
	4	1 / 1.000
	5	1 / 400
Probabilidade moderada de ocorrência, geralmente associada com processos que experimentam falhas ocasionais, mas não de grandes proporções. O processo encontra-se sob controle estatístico, mas não é totalmente capaz.	6	1 / 200
Alta probabilidade de ocorrência geralmente associada com processos que sempre tem falhado. Processo sob controle estatístico, mas não capaz.	7	1 / 100
	8	1 / 50
Probabilidade extremamente alta de ocorrência. Em uma avaliação antecipada, a falha quase sempre ocorre.	9	1 / 20
	10	1 / 10

Tabela 2.3 – Grau de severidade.

GRAU DE SEVERIDADE	
CRITÉRIO	CLAS.
O cliente não perceberá o efeito adverso ou o mesmo é insignificante.	1
O cliente ficará levemente aborrecido.	2
O cliente ficará aborrecido devido à ligeira degradação do desempenho.	3
Insatisfação do cliente devido à redução do desempenho.	4
O cliente ficará desconfortável ou sua produtividade será reduzida devido à degradação persistente do efeito.	5
Reparo na garantia ou reclamação significativa referente à fabricação ou montagem.	6
Grau elevado de insatisfação do cliente devido à falha de componente sem perda total da função. Produtividade impactada devido a elevados níveis de desperdício ou retrabalho.	7
Grau muito elevado de insatisfação do cliente devido à perda de função, sem impactos negativos nas normas de segurança e governamentais.	8
Cliente em apuros devido a efeito adverso no desempenho do sistema de segurança com aviso de falha ou violação de normas governamentais	9
Cliente em apuros devido ao efeito adverso no desempenho do sistema de segurança sem aviso antes da falha ou violação de normas governamentais.	10

Tabela 2.4 – Capacidade de detecção.

CAPACIDADE DE DETECÇÃO		
CRITÉRIO	CLAS.	PROBABILIDADE DE NÃO DETECÇÃO
Probabilidade remota do produto com defeito ser entregue ao consumidor. O defeito é uma característica funcionalmente óbvia que pode ser rapidamente detectada na operação seguinte.	1	1 / 10.000
Baixa probabilidade do produto com defeito ser entregue ao cliente. O defeito é uma característica óbvia.	2	1 / 5.000
	3	1 / 2.000
	4	1 / 1.000
	5	1 / 500
Moderada probabilidade do produto com defeito ser entregue ao cliente. O defeito é uma característica facilmente identificada.	6	1 / 200
	7	1 / 100
	8	1 / 50
Alta probabilidade do produto com defeito ser entregue ao cliente. O defeito não é uma característica óbvia.	9	1 / 20
Probabilidade extremamente alta do produto com defeito ser entregue ao cliente. Item que não foi inspecionado ou não pode ser inspecionado. O problema afeta, por exemplo, a durabilidade do produto e é difícil de ser detectado na fabricação do produto.	10	1 / 10

O valor do risco é obtido multiplicando-se os valores encontrados nas colunas classificações para a probabilidade de ocorrência, grau de severidade e capacidade de cada característica candidata à característica chave.

De forma geral devem ser escolhidas as características que apresentarem valores de risco maiores, evitando-se escolher mais do que cinco por componente ou montagem. Porém, se uma determinada característica apresentar classificação 9 ou 10 quanto a severidade, esta deve ser escolhida, independente do valor obtido na multiplicação, em função de afetar a segurança.

2.7 Técnicas Estatísticas

A estatística é um conjunto de conceitos e técnicas que possibilitam coletar dados e analisá-los, com o objetivo de solucionar problemas em situações ou processos onde a incerteza e a variabilidade estão presentes. Cabe ressaltar que a variabilidade esta presente em praticamente todos os processos.

Existem alguns conceitos básicos em estatística que são utilizados na análise de fenômenos das mais diversas áreas. Os mais comumente utilizados são: a coleta de dados, a distribuição, as medidas de centralidade, as medidas de variabilidade, o diagrama de Pareto e a correlação.

2.7.1 Coleta de Dados

O resultado da análise estatística depende diretamente de como os dados foram coletados e estruturados. Na maioria das vezes os dados são analisados por meio de softwares e são obtidos através de fontes internas ou externas às organizações, ou seja, podem ser obtidos por meio de relatórios de não conformidades gerados na própria produção, coletados de reclamações de clientes etc, porém é necessário estar atento à qualidade e limitações dos dados, visto que podem apresentar erros causados por instrumentos de medidas, erros de transferência de dados, erros de preenchimento de documentos etc.

De acordo com Hoog e Ledolter (1992), os métodos mais utilizados para coletar dados são o levantamento completo e a amostragem.

No levantamento completo são analisados todos os elementos que compõe a população a ser estudada, ou seja, se uma determinada indústria de parafusos produzir 1.000 unidades, todos serão inspecionados e classificados, por exemplo, como parafusos conformes e não conformes. Este método apresenta como principal desvantagem o elevado custo em virtude de utilizar um volume muito grande de informações, que conseqüentemente demandam mais tempo para serem processadas e aumentam as probabilidades de ocorrência de erros de leitura de equipamentos e de tratamento de dados.

Na amostragem é realizado um levantamento “parcial” das características de interesse dos elementos que compõe a população, ou seja, apenas parte da população é inspecionada. As vantagens deste método são o menor custo, menor prazo para coletar os dados e para obter os resultados da análise dos mesmos, assim como maior confiabilidade das informações.

É importante ressaltar que a amostra deve ser representativa com relação à população e deve ser escolhida de maneira totalmente aleatória para que sejam evitados erros causados por vícios operacionais no processo de coleta, por falta de treinamento de operadores, condições

físicas, ambientais, de leitura etc.

2.7.2 Histograma

A distribuição é uma técnica que permite visualizar e obter informações sobre o comportamento dos dados a serem analisados comenta Hoog e Ledolter (1992). É representada graficamente e fornece várias informações, como por exemplo, a forma da distribuição dos dados coletados, a tendência central dos valores e a dispersão dos valores em torno de um valor central etc.

Os valores individuais não têm importância quando a distribuição é analisada. O importante é o conjunto de respostas obtidas, que pode ser caracterizado por poucos números, porém, quantificam as características do conjunto de dados. Cada conjunto de dados deve ser examinado quanto à forma geral da distribuição e a existência de observações atípicas que pareçam se destacar do conjunto de dados. Devem ser calculados valores que indiquem a tendência central e quantifiquem a variabilidade presente nos dados.

O exemplo de distribuição pode ser visualizado na figura 2.28.

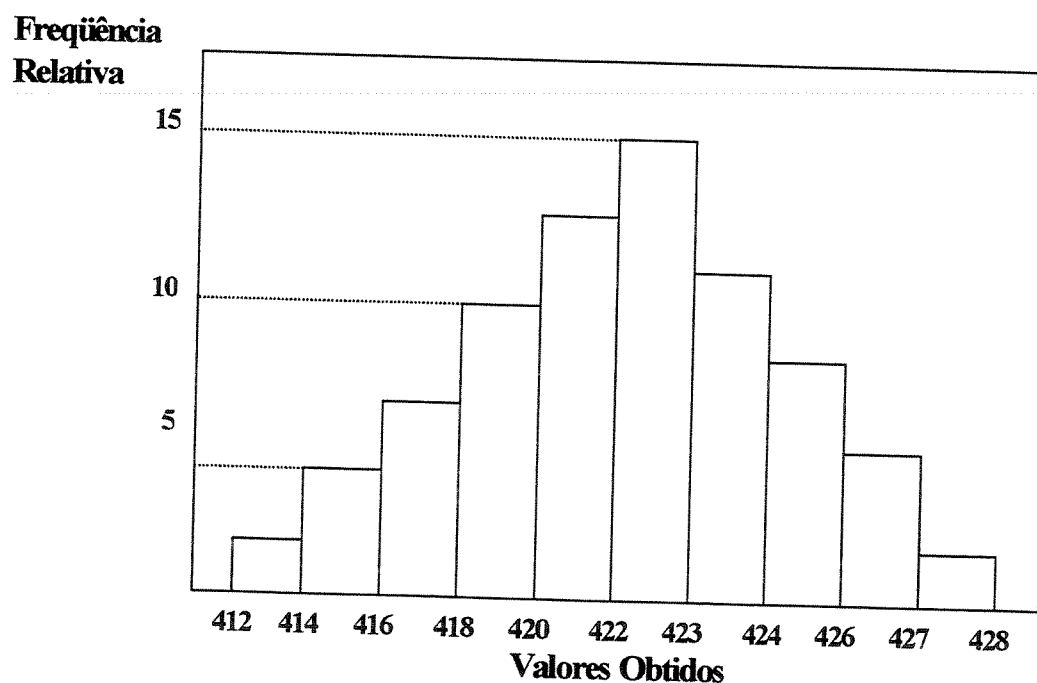


Figura 2.28 – Distribuição de dados em função da frequência obtida (Histograma).

2.7.3 Medidas de Centralidade

As medidas de centralidade são utilizadas para quantificar aspectos importantes da distribuição dos dados.

Os valores dos dados da distribuição estão alocados em torno de um valor central, que pode ser obtido por meio de várias medidas, tais como: média, mediana, moda, etc., sendo que a mais utilizada é a média, que nada mais é do que a média aritmética do conjunto de valores.

2.7.4 Medidas de Variabilidade

A variabilidade (ou dispersão) é uma medida que quantifica como os valores obtidos se distribuem em torno da média.

Existem várias formas de quantificar a dispersão de um conjunto de dados, tais como: o cálculo da amplitude, o cálculo do desvio padrão, o cálculo da amplitude interquartis etc, sendo que o mais utilizado é o desvio padrão (Hoog e Ledolter, 1992).

2.7.5 Diagrama de Pareto

Esta técnica é utilizada para separar os poucos problemas que são muito importantes, com relação à quantidade, custo, ocorrência, severidade, detectabilidade, dos muitos que são pouco importantes. Esta separação permite que os esforços para a solução dos problemas sejam concentrados nos aspectos realmente prioritários.

Um dos pioneiros da qualidade J. M. Juran já havia estabelecido uma regra conhecida hoje como “a regra dos poucos vitais e dos muitos triviais”. A técnica consiste em elaborar um histograma da distribuição dos tipos de problema ordenado em ordem decrescente com relação à frequência de ocorrência. A figura 2.29 ilustra o exemplo de um diagrama de Pareto.

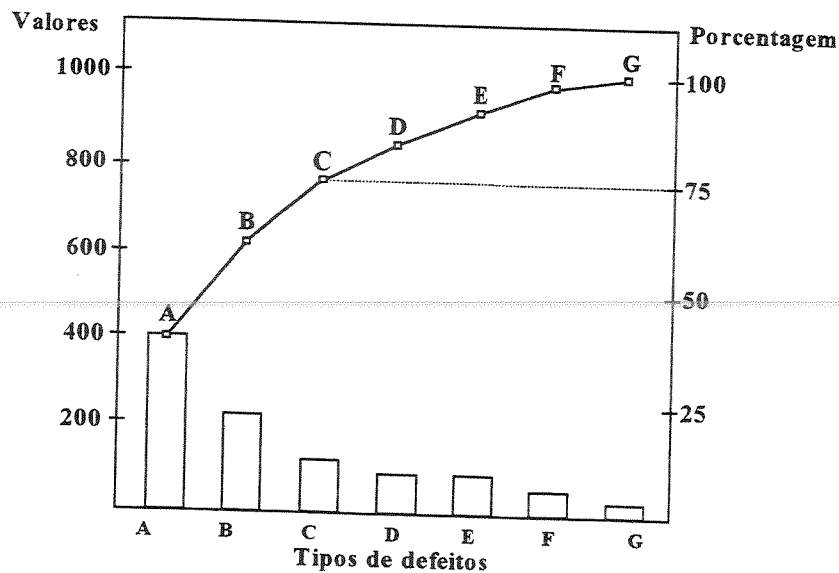


Figura 2.29 – Diagrama de Pareto.

Pode-se observar que para reduzir o número de defeitos em 75%, basta solucionar os defeitos A, B e C.

2.7.6 Correlação

Esta técnica é utilizada para analisar a relação existente entre duas variáveis associadas ao mesmo problema (Hoog e Ledolter, 1992).

A correlação pode ser medida por meio de um coeficiente que varia de -1 até 1, conforme o nível de relacionamento entre as duas variáveis. O sinal indica se a associação é positiva ou negativa, ou seja, no gráfico mostrado na figura 2.30 a correlação é positiva, visto que se o peso aumentar, o custo aumentará também. Se fosse negativa a inclinação do gráfico seria inversa, ou seja, o aumento do peso causaria diminuição do custo.

Quanto mais próximo de -1 ou 1 for o valor do coeficiente de correlação entre duas variáveis, maior será a relação entre as mesmas e quanto mais próximo de zero, menor será a relação.

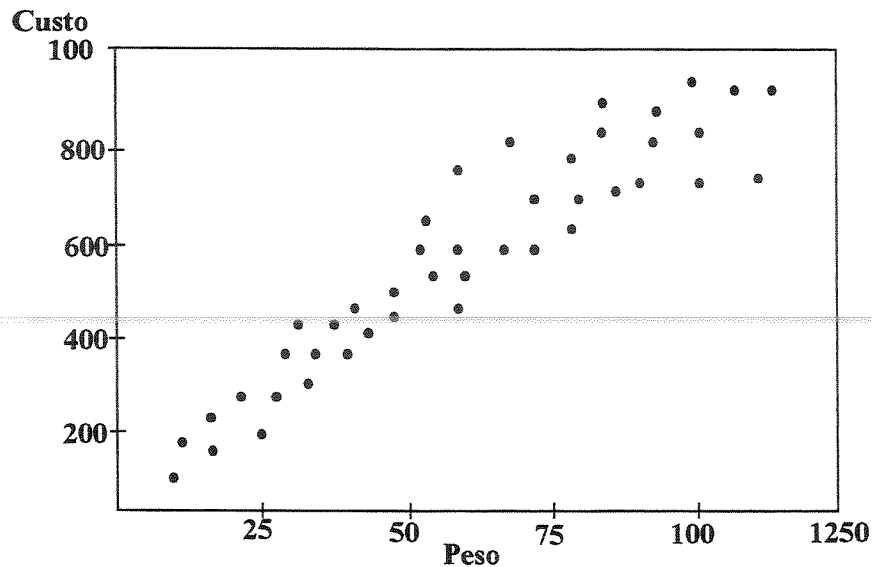


Figura 2.30 – Gráfico de correlação entre o Custo e o Peso de um produto.

2.8 Controle Estatístico de Processo (CEP)

Na produção de bens ou serviços ocorrem variações com relação à especificação devido à variabilidade que é inerente a qualquer processo, como já foi mencionado no primeiro parágrafo do item 2.7.

O Controle Estatístico de Processo é uma técnica que permite controlar estatisticamente as características de interesse de um determinado processo padronizado, por meio da utilização de cartas de controle, as quais monitoram o resultado do processo ao longo do tempo e também, auxiliam na identificação de fontes de variação.

Normalmente controlando-se a variabilidade pode-se ajustar o processo de forma a possibilitar a produção de itens em conformidade com as especificações.

A figura 2.31 mostra o fluxograma de implementação do CEP para itens de controle ou parâmetros-chave de um processo padronizado, baseado no modelo de Oakland, 1996.

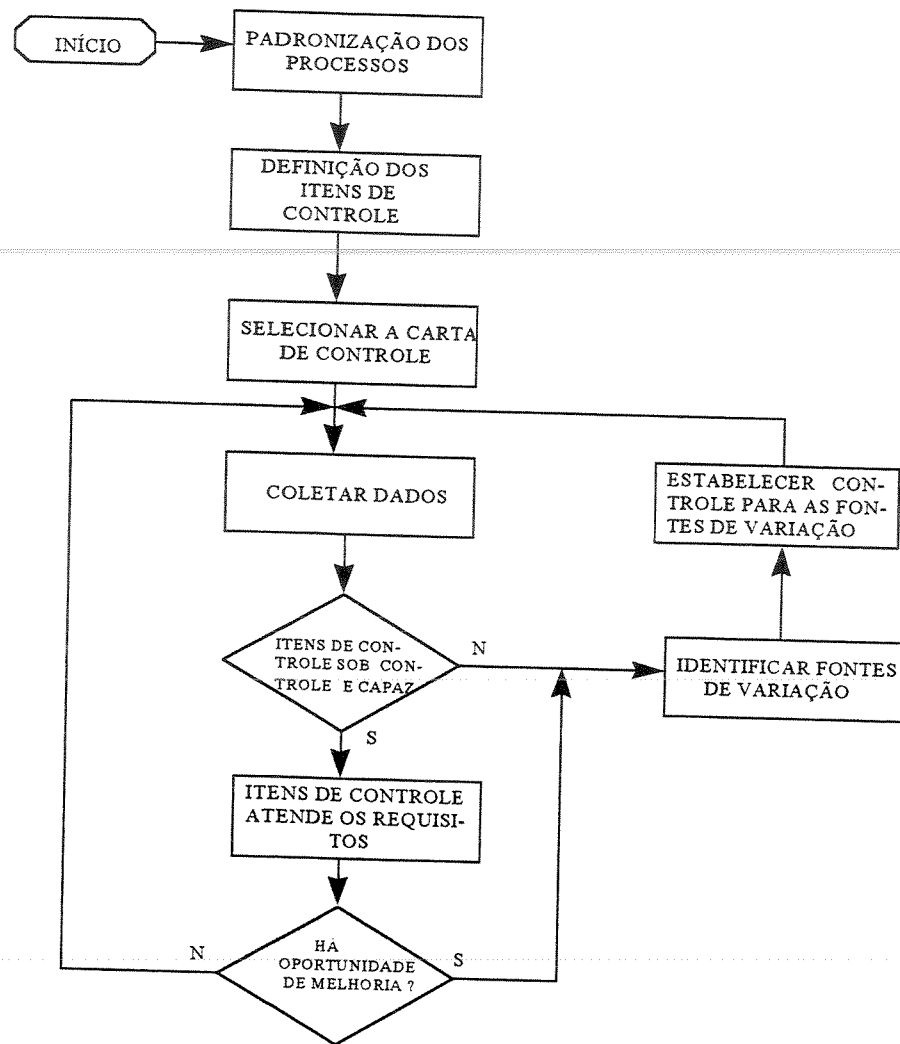


Figura 2.31 – Fluxograma para implantação do CEP.

Os conceitos importantes para o CEP são a especificação (tolerância), os itens sob controle, a capacidade, a variabilidade e o conceito de processo sob controle.

2.8.1 Especificação e Itens sob Controle

A especificação ou tolerância é o intervalo de variação admissível de um item sob controle, geralmente estabelecido pela engenharia de produção, visando viabilizar e padronizar a produção, assim como definir a aceitabilidade de um componente ou conjunto. Normalmente o item sob controle é uma magnitude (dimensão, peso etc) ou uma propriedade física (resistência, cor etc) e

tem um valor nominal associado a um intervalo de tolerância.

2.8.2 Variabilidade

Segundo Oakland (1996), a variabilidade do processo pode ocorrer por variações previsíveis (que seguem uma distribuição normal) denominadas como causas comuns ou aleatórias, ~~mas também podem ocorrer por variações que não seguem nenhum critério de~~ previsibilidade e que tornam o processo totalmente descontrolado. Estas variações são denominadas causas especiais ou assinaláveis.

As causas comuns ou aleatórias são muitas, mas ocorrem individualmente e têm pouca influência. Cada uma gera pequena variação no processo, como por exemplo, pequena variação na matéria prima, pequenas vibrações de máquinas, etc.

A correção envolve mudanças drásticas no processo e pouca coisa pode ser feita localmente pelos operadores. As observações dentro dos limites de controle indicam que o processo deve ser reajustado.

Se apenas flutuações aleatórias estão presentes, o processo é suficientemente estável para se predizer sua qualidade.

As causas especiais ou assinaláveis são poucas, mas podem produzir grandes variações. Normalmente, ocorre por falha do operador, ajuste incorreto de máquinas ou por matéria prima defeituosa, o que é facilmente detectado e pode ser corrigido localmente.

Se flutuações assinaláveis estão presentes, o processo não é suficientemente estável para se aplicar métodos de previsão de comportamento.

Quando um processo está sob controle estatístico significa que as causas assinaláveis não existem ou foram eliminadas e sua variabilidade é exclusivamente devido à causa comuns.

As situações que podem ser encontradas nos processos estão apresentadas na tabela 2.5.

Tabela 2.5– Situações do processo

	SOB CONTROLE	FORA DE CONTROLE
PROCESSO CAPAZ	Situação ótima. Gráficos visam manter a estabilidade	Situação não estável. Estado de alerta. Os gráficos são necessários para o restabelecimento do controle.
PROCESSO NÃO CAPAZ	Mudança significativa no processo é necessária.	Mudanças drásticas são necessárias, além da eliminação das causas especiais.

As figuras 2.32 e 2.33 ilustram duas destas situações (Oakland, 1996).

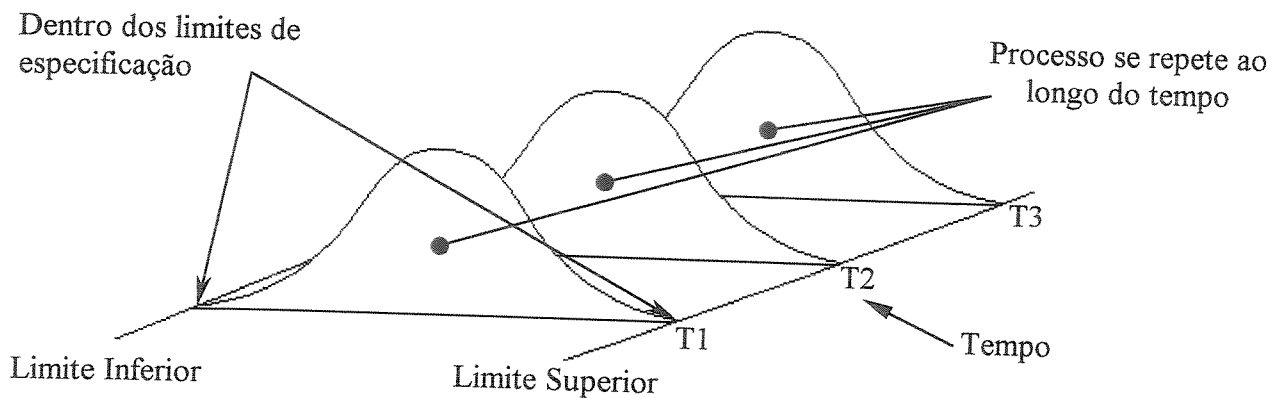


Figura 2.32 – Processo sob controle e capaz.

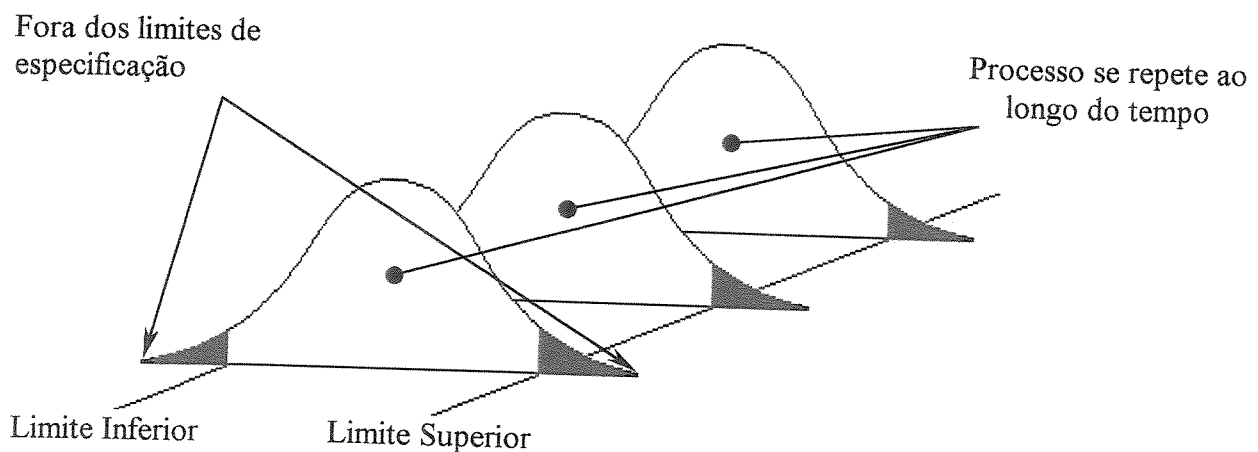


Figura 2.33 – Processo sob controle (previsível) e não capaz.

2.8.3 Capacidade do Processo

A capacidade do processo é uma característica que indica o potencial do processo em produzir itens com magnitudes ou padrões dentro dos limites de tolerância. A capacidade é representada por um valor numérico utilizado para relacionar a variabilidade natural do processo com as respectivas especificações e é representado pelo índice C_p .

O cálculo deste índice é obtido conforme equação 2.1.

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6s}$$

Equação 2.1 – Cálculo do índice de capacidade.

Onde:

LSL - Limite Inferior de Especificação

USL - Limite Superior de Especificação

s - Estimativa do Desvio Padrão ou Desvio Padrão Amostral

As figuras 2.34, 2.35, 2.36 e 2.37 ilustram os valores típicos de C_p (Oakland, 1996).

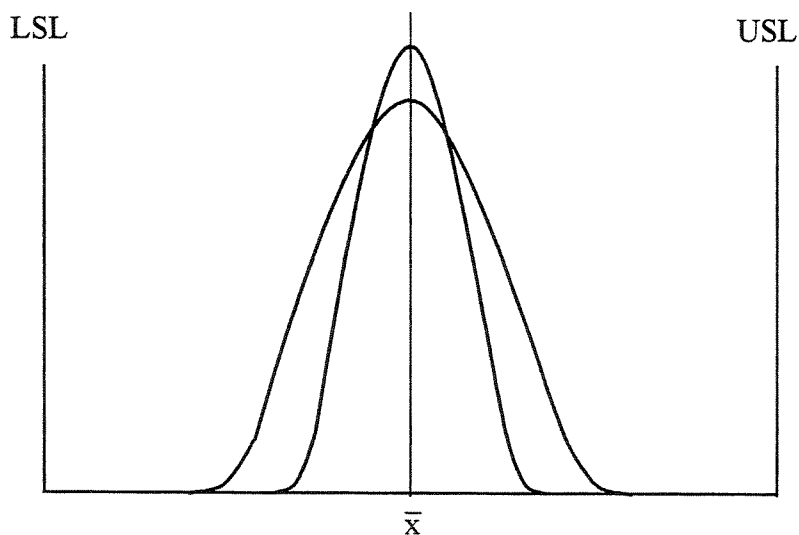


Figura 2.34 – Curvas típicas para índice de capacidade com valores maiores do que 2.

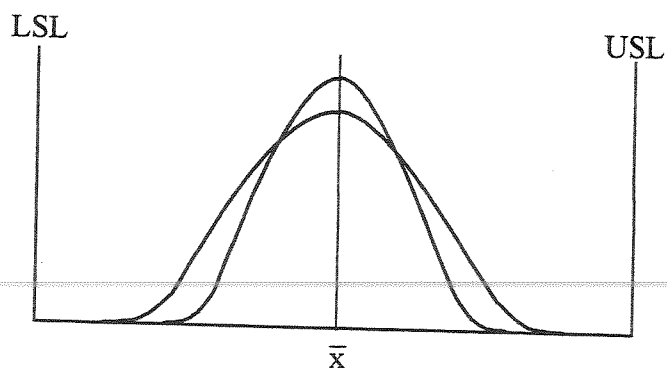


Figura 2.35 – Curvas típicas para índice de capacidade com valores entre 1,3 e 2.

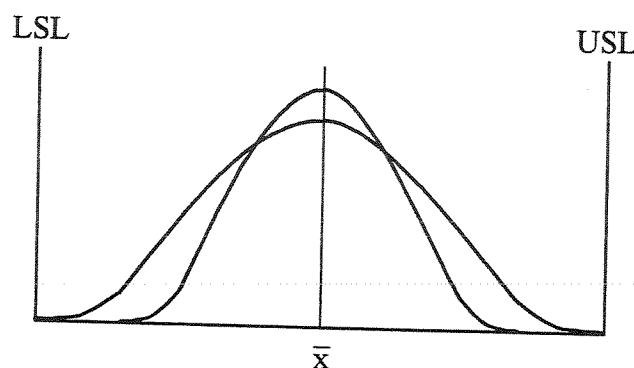


Figura 2.36 – Curvas típicas para índice de capacidade com valores entre 1 e 1,3.

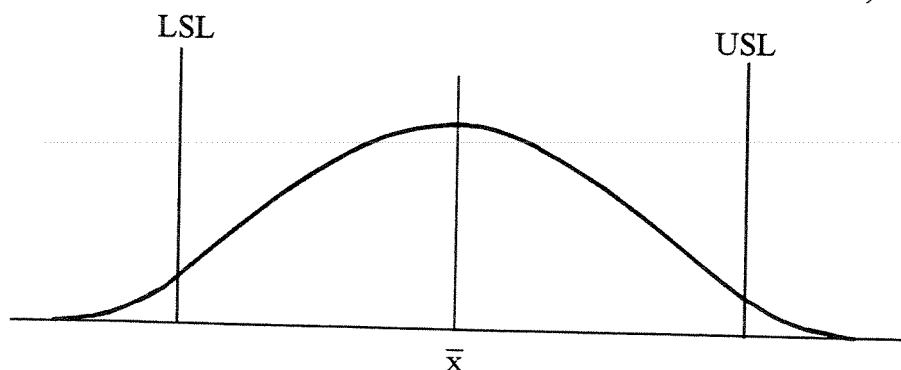


Figura 2.37 – Curvas típicas para índice de capacidade com valores menores do que 1.

No entanto, o índice C_p por si só, não caracteriza a distribuição quanto a sua locação, ou seja, não fornece informações se a distribuição encontra-se mais próxima do limite superior, ou do limite inferior, ou mesmo centrada.

A avaliação desta informação é obtida utilizando-se o índice C_{pk} , sendo que seu cálculo depende do cálculo de outros dois índices, ou seja, o C_{pkL} e o C_{pkU} .

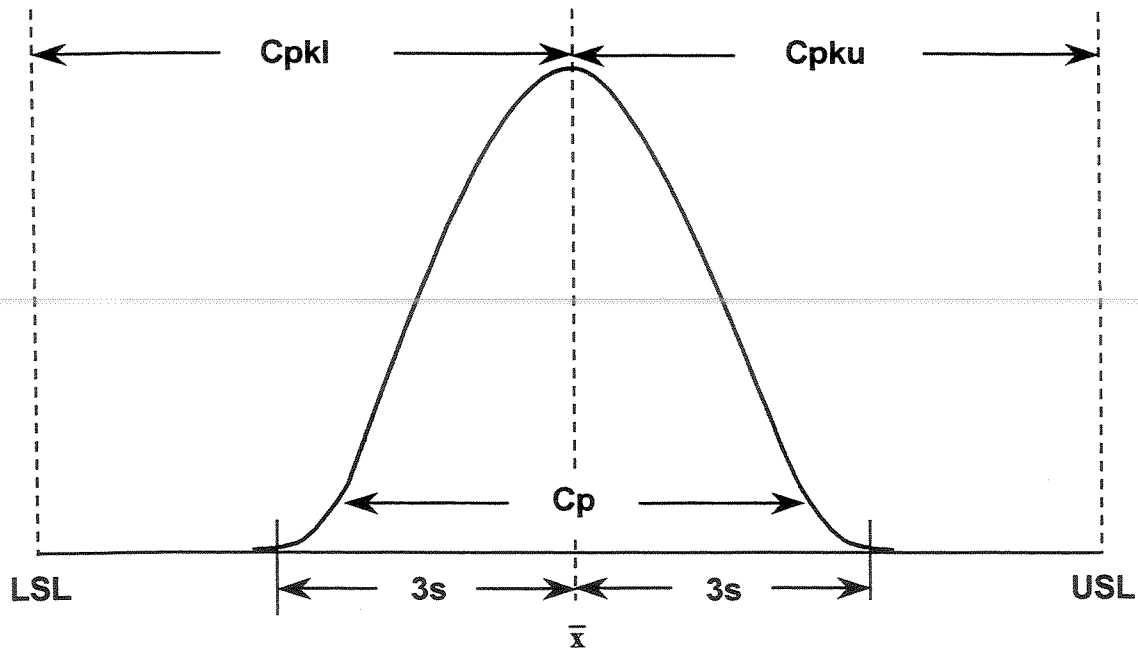


Figura 2.38 – Índices C_p , C_{pkI} e C_{pkU} .

De acordo com Oakland (1996) estes índices são calculados conforme equações 2.2 e 2.3.

$$C_{pkU} = \frac{USL - \bar{x}}{3s}$$

Onde:

$\bar{x}$ – Média amostral

Equação 2.2 – Cálculo do índice de capacidade com relação ao limite superior de especificação.

$$C_{pkI} = \frac{LSL - \bar{x}}{3s}$$

Equação 2.3 – Cálculo do índice de capacidade com relação ao limite inferior de especificação.

Pode-se observar que quando o C_{pkI} é maior que o C_{pkU} , a distribuição encontra-se mais próxima do limite superior e, quando o C_{pkU} é maior que o C_{pkI} a distribuição encontra-se mais próxima do limite inferior.

O C_{pk} será o menor valor obtido no cálculo dos índices C_{pkU} e C_{pkI} e permite avaliar a capacidade do processo na pior situação possível. A tabela 2.6 relaciona os valores do índice C_{pk} com a situação do processo.

Tabela 2.6 – Níveis de capacidade e situação do processo.

VALORES DE C_{pk}	NÍVEL DO PROCESSO	CONCEITO
2,0 ou maior	A	EXCELENTE. Altamente confiável. Os operadores do processo exercem total controle sobre o mesmo. Pode-se utilizar o autocontrole e a auto-inspeção.
1,33 até 1,99	B	CAPAZ. Relativamente confiável. Os operadores do processo exercem total controle das operações, mas o processo é monitorado pelo controle da qualidade, o qual fornece informações para prevenir a deterioração do processo.
1,00 até 1,32	C	RELATIVAMENTE INCAPAZ. Pouco confiável. Requer controle contínuo das operações, tanto pela manufatura quanto pelo controle da qualidade, a fim de evitar constantes descontroles e perdas devido a refugos, retrabalhos, etc.
Menor que 1,0	D	TOTALMENTE INCAPAZ. O processo não tem condições de manter as especificações ou padrões. Em função deste fato, requerem o controle, revisão e seleção de 100% das peças, produtos ou resultados.

Capítulo 3

Análise Experimental

3.1 Introdução

O processo de instalação deste tipo de rebite foi desenvolvido na empresa utilizando-se o rebite do fornecedor A, o qual passou a ser utilizado como padrão durante a medição da profundidade do escareado para calibração do corpo micrométrico e no próprio processo de instalação, conforme descrito na seção 2.2.1 (relógio comparador).

Porém, devido ao aparecimento de outro fornecedor, surgiram algumas questões?

- Como ficaria a instalação de um rebite do fabricante A, caso o rebite utilizado para medição da profundidade do escareado fosse do fornecedor B?
- E se a situação fosse a inversa, ou seja, instalação do rebite do fabricante B e medição utilizando o do fabricante A?
- Como controlar o fornecimento dos rebites para a produção? Em caixas separadas?
- E quanto custaria este controle? Existiriam dois códigos de material para itens idênticos?

Outras questões foram levantadas, chegando-se a conclusão de que só seria possível a utilização de rebites de outro fornecedor, caso estes além de estarem de acordo com as normas NASM14218 e NASM14219, apresentassem características compatíveis com as existentes nos itens do fornecedor A, de forma a manter o processo nos padrões atuais.

Desta forma tornou-se necessário identificar quais parâmetros de fabricação dos rebites do fornecedor A deveriam ser verificados, com a finalidade de se estabelecer o padrão.

3.2 Identificação dos Parâmetros de Fabricação dos Rebites

A identificação dos parâmetros de fabricação foi realizada utilizando-se a técnica do desdobramento da qualidade. Foram utilizados apenas dois níveis na tabela de desdobramentos devido à simplicidade das características do rebite. Os parâmetros identificados encontram-se na tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Desdobramento dos parâmetros de fabricação do rebite.

NÍVEIS DE DESDOBRAMENTO	
PRIMÁRIO	SECUNDÁRIO
Metalúrgicos	Composição da Liga
	Tratamento Térmico
	Tensão de Tração
	Tensão de Cisalhamento
	Tensão de Escoamento
	Elongação
	Tamanho de Grão
	Tratamento Superficial – Proteção
Mecânicos	Diâmetro da Cabeça A
	Altura da Cabeça B
	Altura do Ressalto C
	Altura do Ressalto CH
	Diâmetro Nominal D
	Dimensão E
	Dimensão F
	Raio G
	Raio GH
	Raio J
	Raio K
	Comprimento L
	Dimensão P
	Raio R
	Dimensão S
	Raio T
	Dimensão W
	Ângulo do Escareado
	Tratamento Superficial - Acabamento

Os parâmetros mecânicos, com exceção do tratamento superficial, podem ser visualizados

por meio da figura 3.1.

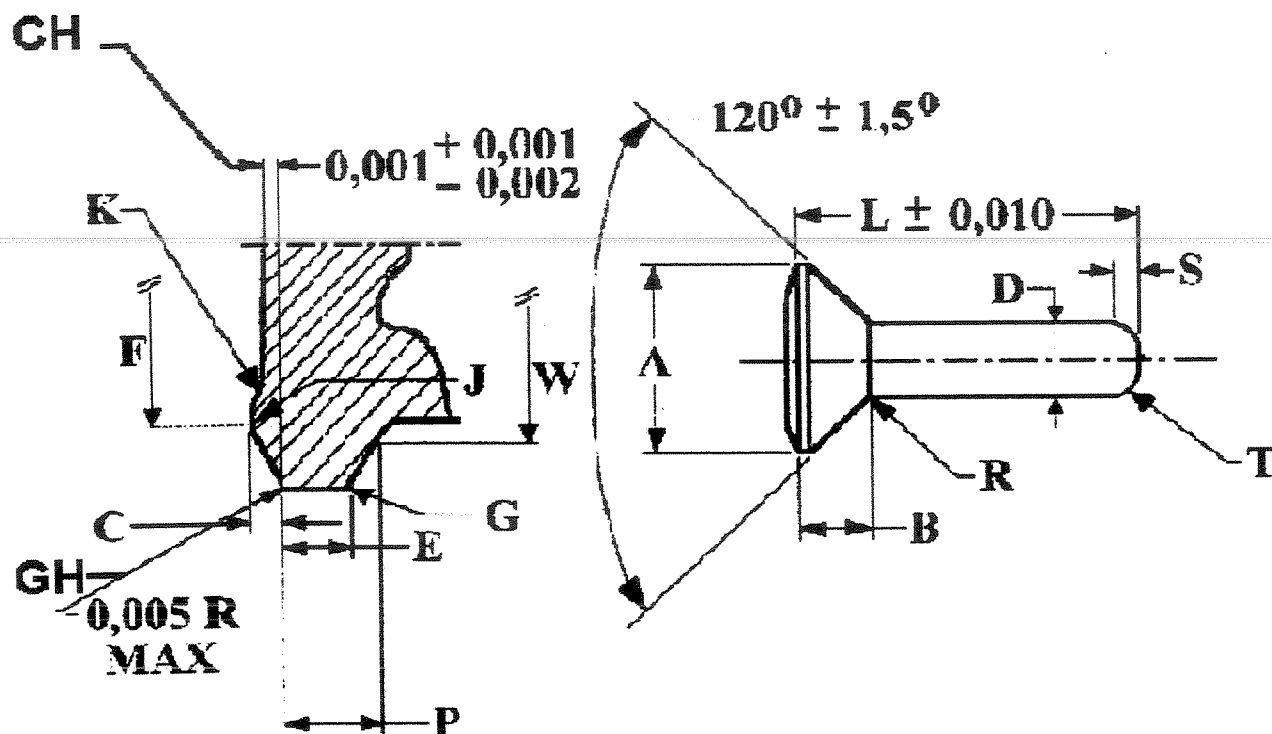


Figura 3.1 – Parâmetros mecânicos dos rebites.

3.3 Identificação das Características Chaves do Processo de Instalação de Rebites

A identificação das características chaves foi realizada determinando-se os modos de falha que poderiam ocorrer durante o processo de instalação dos rebites, ou seja, não foram considerados os modos de falha devido a causas provenientes do processo de furação, tais como ovalização do furo, falta de perpendicularidade etc.

Os modos de falhas mais importantes detectados foram a variabilidade excessiva da altura da cabeça do rebite após a cravação (ΔH), a existência de folga circunferencial e a falta de assentamento do rebite no escareado, conforme mostra a figura 3.2.

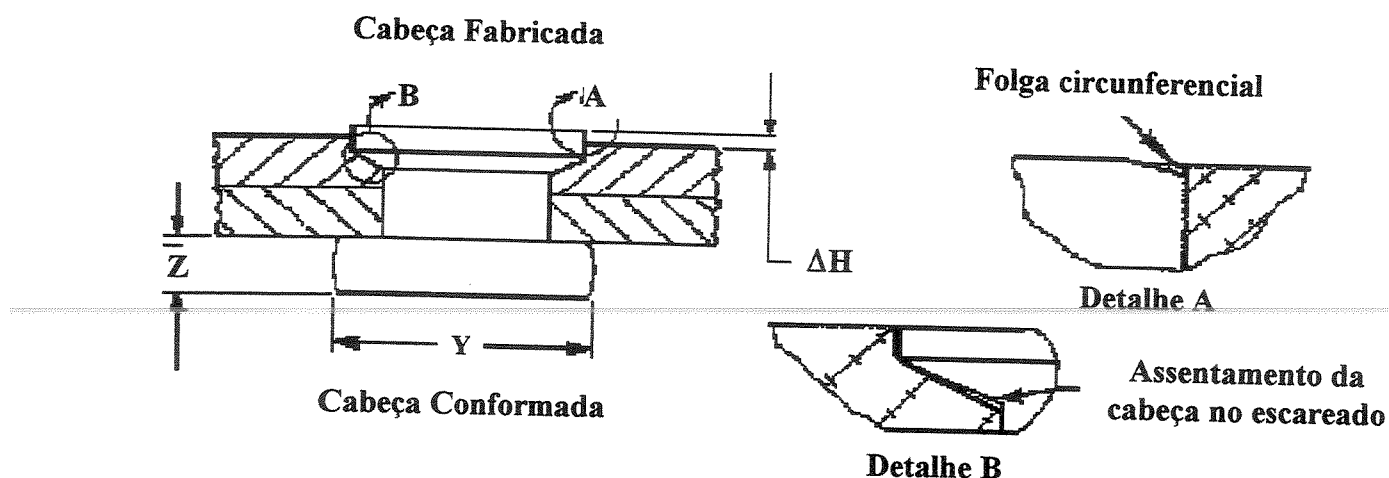


Figura 3.2 – Modos de falha mais importantes do processo de instalação.

3.4 Cálculo do Risco das Características Chaves do Processo de Instalação

Os cálculos do risco das características chaves foram realizados atribuindo-se valores para a probabilidade de ocorrência, grau de severidade e capacidade de detecção de cada característica, conforme indicado nas tabelas 2.2, 2.3 e 2.4 da seção 2.6, respectivamente.

Os números de risco e os pesos relativos de cada modo de falha calculados encontram-se na tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Número de risco e peso relativo para os modos de falhas.

	OCORRÊNCIA	SEVERIDADE	CAPAC. DE DETECÇÃO	NÚMERO DE RISCO	PESO RELATIVO
Altura ΔH	6	6	3	108	10
Folga Circunferencial	7	7	9	441	43
Assentamento do Rebite no Escareado	6	8	10	480	47
TOTAIS				1029	100

Os resultados obtidos através do cálculo do risco de cada característica de instalação foram plotados no Gráfico de Pareto para permitir melhor visualização, conforme mostra a figura 3.3.

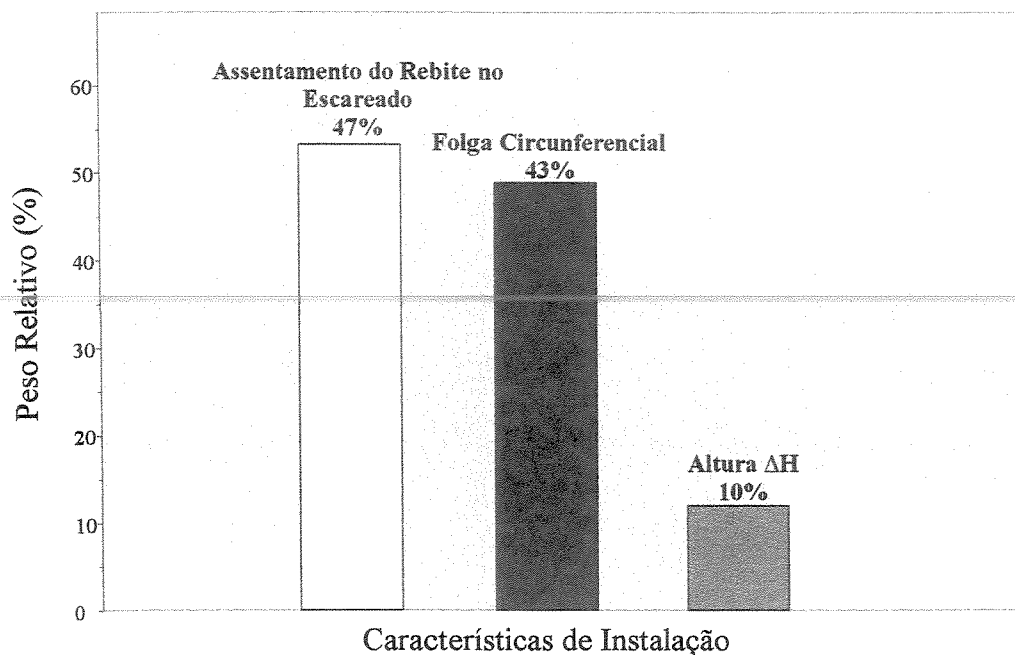


Figura 3.3 – Gráfico de Pareto das características de instalação

Pode-se observar que o assentamento do rebite no escareado (47%) e a folga circunferencial (43%) apresentam importância maior do que a variabilidade excessiva da altura (ΔH) da cabeça do rebite após a cravação (10%). Este fato ocorre devido à altura ΔH apresentar maior capacidade de detecção. Estes valores foram arredondados, ou seja, as casas decimais não foram consideradas.

3.5 Correlação entre Parâmetros de Fabricação e Características do Processo de Instalação

A correlação de cada parâmetro de fabricação com cada característica do processo de instalação dos rebites foi realizada utilizando-se o Desdobramento da Função Qualidade (QFD).

Este método possibilitou a priorização para análise dos parâmetros que afetam em maior proporção o processo de rebitagem, agilizando o estudo.

Na tabela 3.3 observa-se que existem parâmetros de fabricação que apresentam maior correlação com as características de instalação do que outros e que existem parâmetros que não apresentam nenhuma correlação.

Tabela 3.3 – Matriz da qualidade para os parâmetros metalúrgicos do processo de rebitagem.

		CARACTERÍSTICAS DE INSTALAÇÃO				
PARÂMETROS DE FABRICAÇÃO		Altura ΔH	Folga Circunferencial	Assentamento no Escareado	Peso Absoluto	Peso Relativo (%)
METALÚRGICOS	Composição da Liga	9	9	9	900,0	9,1
	Tratamento Térmico	9	9	9	900,0	9,1
	Tensão de Tração	1	1	1	100,0	1,0
	Tensão de Cisalhamento	1	1	1	100,0	1,0
	Tensão de Escoamento	3	9	9	837,0	8,4
	Elongação	9	9	9	900,0	9,1
	Tamanho de Grão	9	9	9	900,0	9,1
	Tratamento Superficial Proteção	0	0	0	0,0	0,0
MECÂNICOS	Diâmetro da Cabeça A	3	9	1	463,8	4,7
	Altura da Cabeça B	9	9	9	900,0	9,1
	Altura do Ressalto C	3	9	1	463,8	4,7
	Altura do Ressalto CH	9	3	3	363,0	3,7
	Diâmetro Nominal D	0	1	3	182,8	1,8
	Dimensão E	9	9	1	526,8	5,3
	Dimensão F	1	9	1	442,9	4,5
	Raio G	1	1	9	473,2	4,8
	Raio GH	1	3	0	139,1	1,4
	Raio J	1	1	1	100,0	1,0
	Raio K	1	1	1	100,0	1,0
	Comprimento L	0	0	0	0,0	0,0
	Dimensão P	0	0	0	0,0	0,0
	Raio R	1	1	9	473,2	4,8
	Dimensão S	0	0	0	0,0	0,0
	Raio T	0	0	0	0,0	0,0
	Dimensão W	0	0	0	0,0	0,0
	Ângulo do Escareado	1	3	9	558,9	5,6
	Tratamento Superficial Acabamento	0	1	1	89,5	0,9
	Peso Relativo dos Modos de Falha	10	43	47	100	9914,0

Em função deste fato, tornou-se necessário priorizar os dados por ordem de importância, o que foi realizado utilizando-se o Gráfico de Pareto, conforme a figura 3.4.

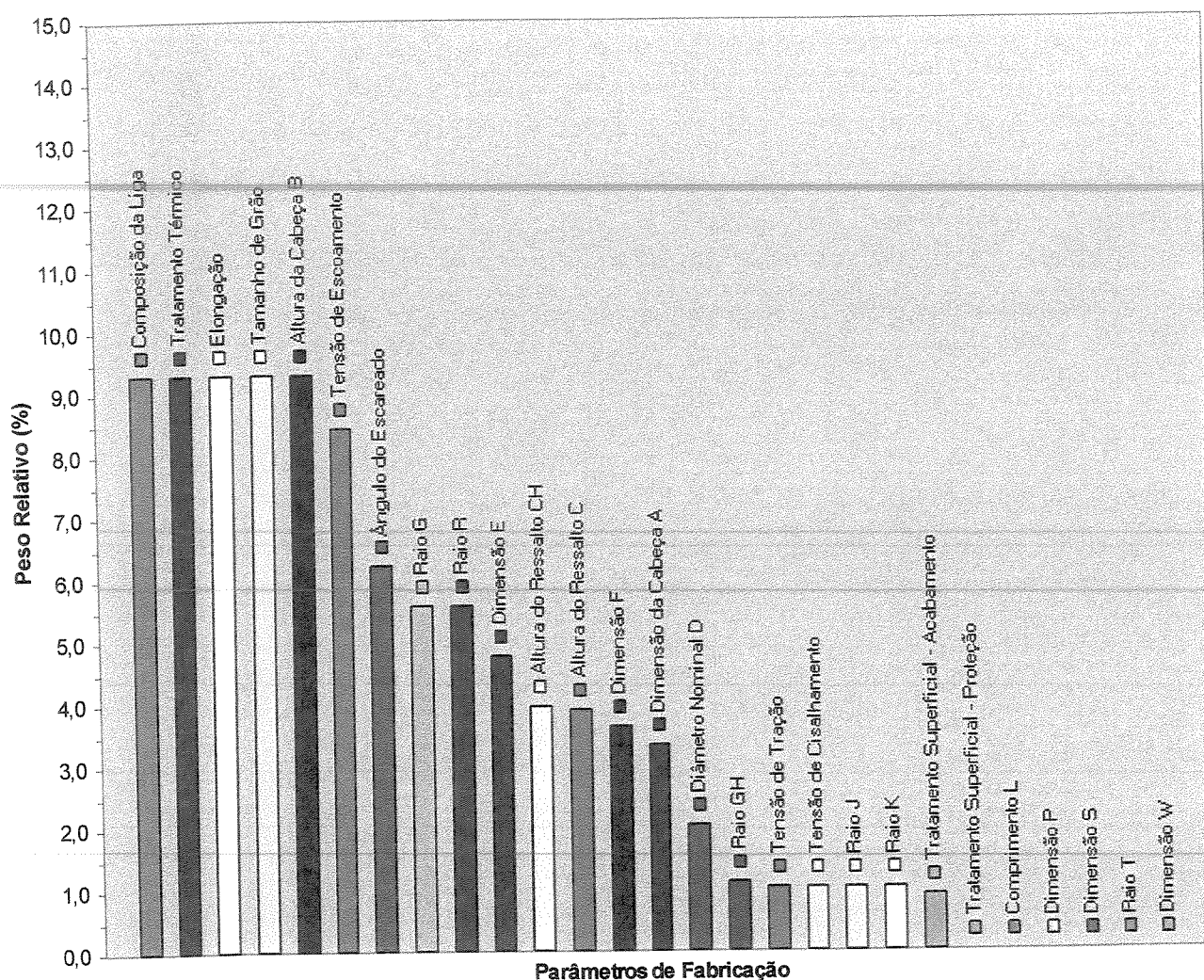


Figura 3.4 – Gráfico de Pareto dos parâmetros de fabricação.

Observa-se por meio do gráfico de Pareto que os parâmetros de fabricação mais importantes na instalação dos rebites, excluindo-se os metalúrgicos que são intrínsecos ao material (composição da liga, tratamento térmico, alongação, e tensão de escoamento) são: tamanho de grão (9,1%), altura da cabeça B (9,1%), ângulo do escareado (5,6%), dimensão E (5,3%), raio G (4,8%), raio R (4,8%), diâmetro da cabeça A (4,7%) e altura do ressalto C (4,7%).

Essas oito características somam 48,1% do peso relativo total, o que demonstra que são as que mais influenciam no processo de rebiteamento. Portanto, estes parâmetros foram escolhidos para

serem medidos e comparados com as normas NASM, a fim de possibilitar o estabelecimento do padrão EMBRAER.

3.6 Definição da Amostragem e Especificação dos Rebites Medidos

A maior preocupação foi estabelecer uma amostragem representativa da real variabilidade do processo do fabricante. Em função deste fato, as amostras de rebites do fornecedor A foram aleatoriamente retiradas da linha de produção da EMBRAER.

A definição dos rebites que foram medidos seguiu os seguintes critérios:

- MS14218AD5-5: por ser o mais utilizado na produção das aeronaves.
- MS14219E5-6: devido a criticidade na realização do processo de cravação na linha de produção.

A amostragem e os parâmetros que foram medidos encontram-se na tabela 3.5 (vide figura 3.1 na página 44).

Tabela 3.4 – Amostragem e dimensões medidas nos rebites.

ESPECIFICAÇÃO DOS REBITES	MS14218AD5-5	MS14219E5-6
Diâmetro da Cabeça A	80	80
Altura da Cabeça B	80	80
Altura do Ressalto C	80	80
Dimensão E	80	80
Ângulo do Escareado	80	80
Raio G	80	80
Raio R	80	80

O número de medições de cada característica (80) foi definido de acordo com as especificações da norma MIL-STD-1916. Este número foi obtido utilizando-se a tabela II (nível simples por atributo), nível de verificação III e tamanho de lote a partir de 10.000 unidades.

As dimensões especificadas relativas aos parâmetros que foram medidos, segundo as normas NASM14218 e NASM14219, encontram-se na tabela 3.6.

Tabela 3.5 – Especificação dos rebites medidos segundo as normas NASM14218 e NASM14219.

ESPECIFICAÇÃO DOS REBITES	MS14218AD5-5			MS14219E5-6		
	Dimensões			Dimensões		
	Min	Nominal	Máx	Min	Nominal	Máx
Diâmetro da Cabeça A (mm)	5,283	5,334	5,334	6,502	6,553	6,553
Altura da Cabeça B (mm)		0,889			1,346	
Altura do Ressalto C (mm)	0,127		0,229	0,178		0,279
Dimensão E (mm)	0,432			0,533		
Ângulo do Escareado (°)	118,5	120,0	121,5	118,5	120,0	121,5
Raio G (mm)			0,127			0,127
Raio R (mm)	0,254	0,356	0,457	0,508	0,610	0,711

3.7 Método de Medição

A medição deste tipo de rebite apresenta algumas particularidades, visto que as tolerâncias dimensionais são da ordem de milésimos de polegada, ou centésimos de milímetro e, que a dimensão W é a única referência para as dimensões P e para as dimensões C e E.

No entanto, pode-se observar que a dimensão W é um diâmetro de referência situado na superfície cônica da cabeça do rebite e não é uma característica física, ou seja, um ressalto, uma aresta etc. A este fato soma-se a inexistência de outras referências, já que todas as interfaces de superfícies são formadas por raios, tais como, os raios G, J, K e R, tornando a medição extremamente delicada.

A EMBRAER embora tenha um laboratório de metrologia extremamente bem equipado, não dispõe de equipamentos específicos para a realização destas medidas e por este motivo, foi utilizado um projetor de perfil.

Existe um projeto de norma (NASMXXX) que especifica o método e o equipamento de medição padrão para ser aplicado no controle estatístico do processo dos fabricantes.

Neste equipamento o rebite é apoiado na dimensão W sobre uma bucha calibrada e padronizada, possibilitando à realização das medidas de H e I, conforme mostra a figura 3.5.

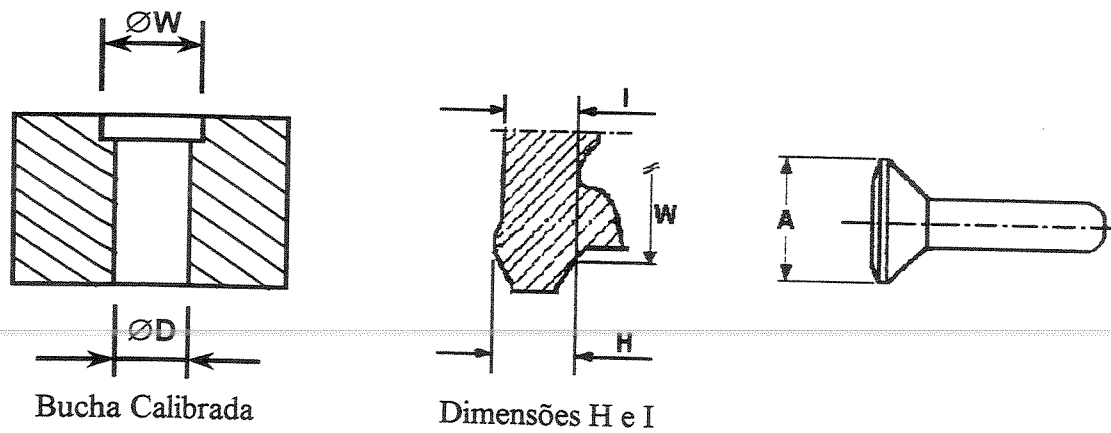


Figura 3.5 – Bucha calibrada e medidas H e I.

Observa-se que a dimensão H é a soma de P e C e a dimensão I é a soma de P e CH (vide a figura 3.1).

Capítulo 4

Resultados

4.1 Medições dos Rebites do Fornecedor A

Os resultados das medidas dimensionais dos rebites MS14218AD5-5 e MS14219E5-6 realizados no laboratório de metrologia foram inseridos no software Minitab, onde foram analisados os limites de tolerância e a dispersão dos dados através da carta de tendência. O teste de normalidade para verificar a representatividade da amostragem e a capacidade do processo também foram analisadas. Dessa forma, foi possível caracterizar cada parâmetro dimensional dos rebites e verificar a variabilidade do fabricante comparado aos limites de especificação.

4.1.1 Medições dos Rebites MS14218AD5-5

Os resultados obtidos para as amostragens MS14218AD5-5 encontram-se nas tabelas e gráficos do apêndice A.

4.1.2 Medições dos Rebites MS14219E5-6

Os resultados obtidos para as amostragens MS14218E5-6 encontram-se nas tabelas e gráficos do apêndice B.

4.2 Análise da Medição da Amostra do Fornecedor A

4.2.1 Gráficos de Tendência

Optou-se por gráficos de controle do tipo I-MR (medidas individuais e amplitude móvel) em virtude do tipo de análise a ser realizada, das particularidades da amostragem e do número de

características a ser medidas nos rebites.

Observou-se que na maioria das características analisadas o processo apresenta-se estável, desde que sejam descartadas algumas dispersões. As exceções foram às medições dos raios G e R em ambos lotes de rebites (MS14218 e MS14219), cuja estabilidade não pode ser verificada devido à resolução inadequada do sistema de medição utilizado, o que comprometeu a aleatoriedade da amostra e sua verdadeira variação. Em virtude deste fato, os índices C_p e C_{pk} dos raios G e R foram excluídos da tabela 4.1, visto que não há como exigir do fabricante valores mínimos para estes tipos de índices.

Desta forma, foi realizada uma análise por atributo para verificar a existência e a geometria desses raios, comparando-os a um padrão definido. Optou-se pelo uso de medições em PPM (parte por milhão).

4.2.2 Gráfico de Probabilidade Normal e Teste de Normalidade

A hipótese de normalidade foi comprovada para as características de altura da cabeça B e dimensão E do lote de rebites MS14218 e as características altura da cabeça B e altura do ressalto C do lote de rebites MS14219, visto que os valores encontrados para “p” no teste Anderson-Darling foram maiores que 0,05. As medidas dos raios G e R foram descartadas em virtude de obviamente contrariarem a suposição de normalidade.

Para as outras características, a suposição de normalidade apesar de não ter sido comprovada pelo teste, foi verificada pela observação da distribuição de probabilidade normal se aproximar de uma reta, considerando-se que em uma amostragem maior (o que seria inviável dentro do presente propósito), essas características tenderiam a apresentar uma distribuição mais próxima da normal.

Portanto, pela observação dos gráficos de probabilidade normal para essas características, aceitou-se a suposição de normalidade.

4.2.3 Estudo de Capacidade

Excluindo-se as medidas dos raios G e R, pode-se observar na tabela 4.1, que o processo de

fabricação dos rebites do fornecedor A apresentou boa capacidade para atender as especificações ($C_{pk} \geq 1$), sendo que algumas características apresentaram capacidade alta, caso da dimensão E ($C_{pk} > 2$).

Pode-se observar que as medidas apresentam C_{pkl} maior que C_{pku} , com exceção da medida da dimensão C do rebite MS14219E5-6, o que indica que as distribuições encontram-se geralmente deslocadas em direção ao limite superior da especificação.

Tabela 4.1 – Índices de capacidade das características dos rebites do fornecedor A.

PARÂMETROS	ÍNDICES DO REBITE							
	MS14218AD5-5				MS14219E5-6			
	Cp	Cpk	Cpkl	Cpku	Cp	Cpk	Cpkl	Cpku
Diâmetro da Cabeça A	2,82	1,73	3,90	1,73	1,40	1,02	1,79	1,02
Altura do Ressalto C	1,15	1,02	1,28	1,02	2,04	1,85	1,85	2,23
Dimensão E	-	2,10	-	2,10	-	2,00	-	2,00
Ângulo do Escareado	1,39	0,99	1,79	0,99	1,26	0,97	1,56	0,97
Raio G	403 PPM				515.000 PPM			
Raio R	308 PPM				0 PPM			

Observando-se os índices P_p e P_{pk} que representam uma capacidade em longo prazo, verificou-se que o processo se mantém com valores em torno de 1, traduzindo capacidade em atender as especificações. Talvez alguns ajustes na locação da média do processo (que teoricamente seriam simples) melhorassem ainda mais os índices de C_{pk} e P_{pk} . Observou-se que a altura da cabeça B não tem tolerância por ser uma característica de referência e, portanto, sua capacidade não pode ser calculada.

Os valores em PPM obtidos para os raios G e R devem ser desconsiderados devido a dificuldade encontrada para realizar a medição, em função da ordem de grandeza e da falta de concordância entre o arco de circunferência e as superfícies adjacentes.

4.2.4 Análise de Regressão

Foi realizada uma análise de regressão múltipla para se estudar a influência das outras características sobre a altura da cabeça B, visto que esta foi considerada uma das mais importantes na análise de QFD e em virtude de ser uma característica de referência, ou seja,

resultante de outras.

O resultado obtido foi que a dimensão E é a maior responsável pela variação de B (61%), seguida pelo diâmetro A (14,4%), dimensão C (8,3%) e ângulo do escareado (7,8%) cujas correlações com B existem ($p < 0,05$), mas são fracas.

Portanto, conclui-se que se essas características estiverem estáveis e com boa capacidade, a altura da cabeça B também terá boa capacidade. A análise das correlações entre as características encontra-se nos gráficos das figuras 4.1 e 4.2.

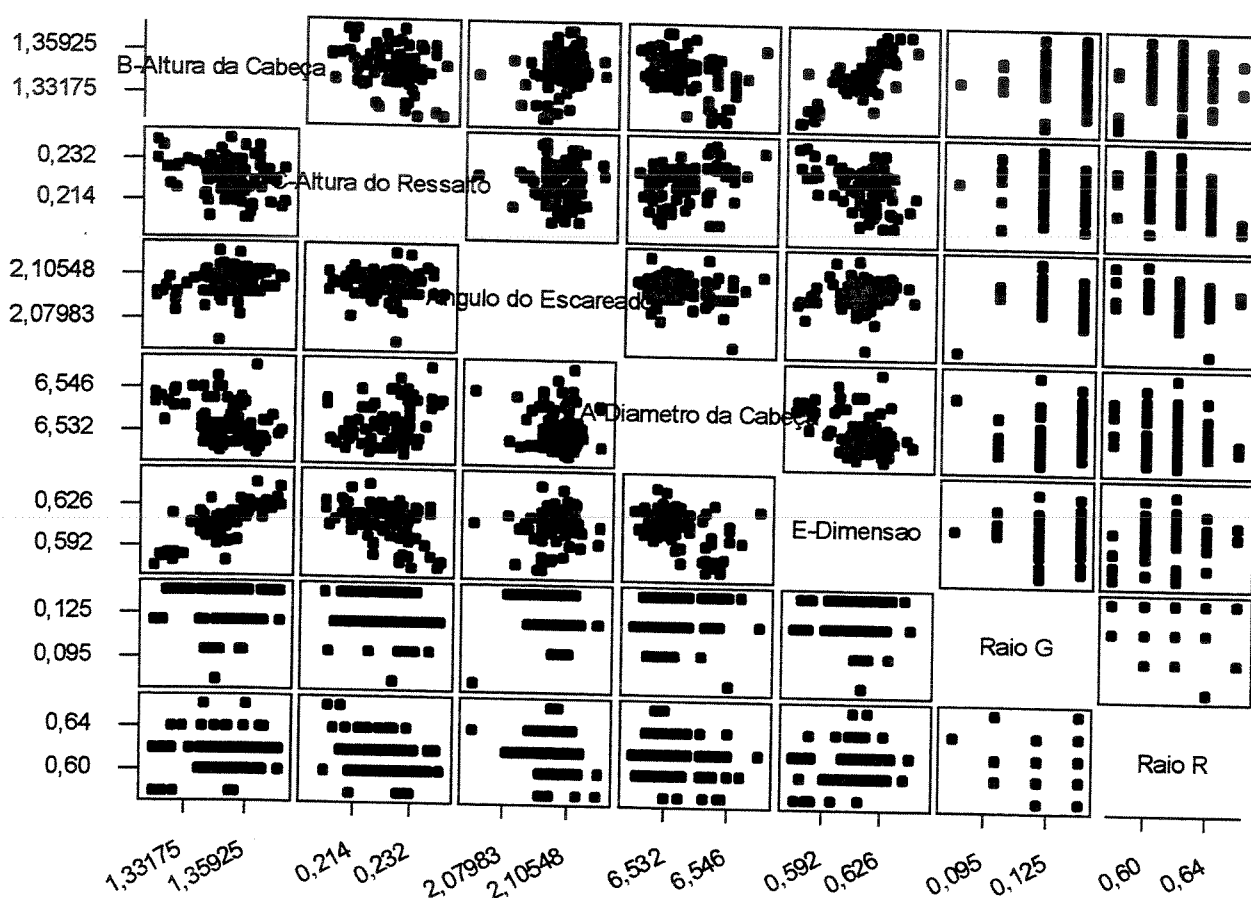


Figura 4.1 – Análise das correlações entre os parâmetros de fabricação medidos.

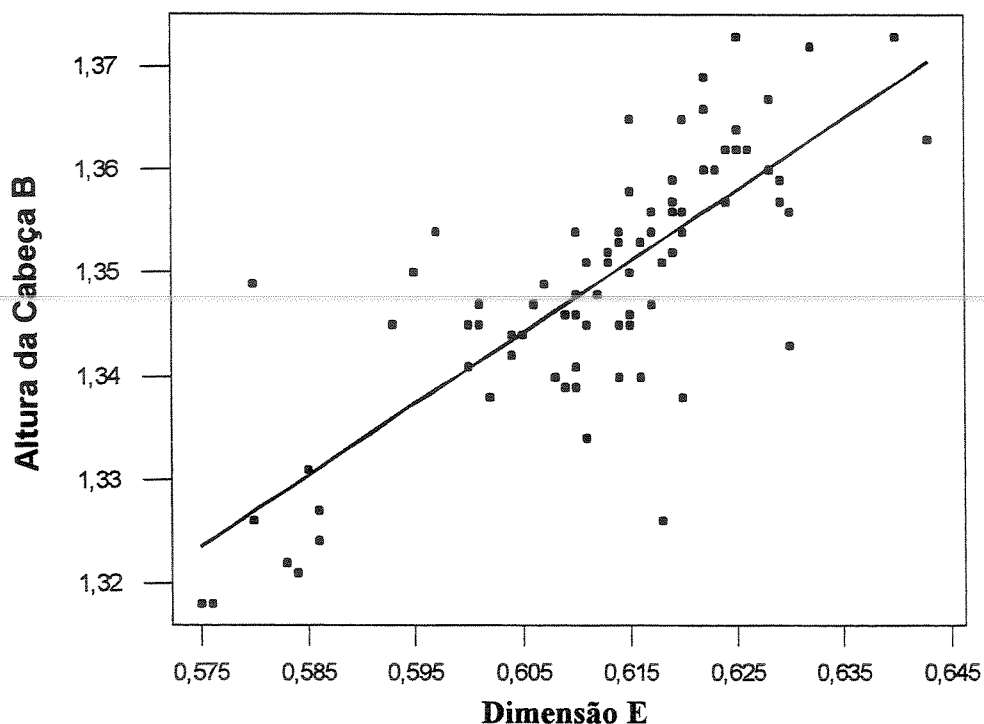


Figura 4.2 – Correlação entre a característica altura da cabeça B e a dimensão E.

4.3 Medições dos Rebites do Fornecedor B

Os parâmetros escolhidos para serem medidos nos rebites do fornecedor B foram o diâmetro A, a altura da cabeça B, a dimensão C e o ângulo do escareado.

Os raios G e R não foram medidos, visto que as informações obtidas com os parâmetros acima, já eram suficientes para a avaliação do fornecedor.

A dimensão E dos rebites do fornecedor B apresentavam o formato aproximado de um arco quando submetido ao projetor de perfil, o que dificultava sua correta medição. Portanto, a medida desta dimensão não foi realizada.

A tamanho da amostragem de cada característica foi o mesmo do fornecedor A, porém foram realizadas medições apenas em rebites MS14218AD5-5.

Os resultados das medidas encontram-se no apêndice C.

4.4 Análise da Medição da Amostra do Fornecedor B

4.4.1 Gráficos de Tendência

Assim como nas medições dos rebites do fornecedor A, neste caso também se optou por gráficos de controle do tipo I-MR (medidas individuais e amplitude móvel).

Observou-se que na maioria das características analisadas o processo apresenta-se estável, descartando-se as dispersões dos gráficos da figura C.2 (pág. 97).

4.4.2 Gráfico de Probabilidade Normal e Teste de Normalidade

Verificou-se que as características diâmetro da cabeça A e ângulo do escareado tiveram a hipótese de normalidade comprovada através do teste de Anderson-Darling ($p > 0,05$).

As distribuições das características altura da cabeça B e altura do ressalto C apresentaram características bimodais, o que pode ser constatado observando-se o histograma e o gráfico de probabilidade normal das amostras destas características nas figuras C.8 e C.12 (págs. 99 e 101), ou seja, observou-se que em cada gráfico existem dois pontos distintos de alta probabilidade de ocorrência, os quais individualmente poderiam ser considerados normais.

4.4.3 Estudo da Capacidade

Excluindo-se as medidas das características altura da cabeça B e altura do ressalto C que foram avaliadas no item 4.4.2, pode-se observar na tabela 4.2, que o diâmetro da cabeça A e o ângulo do escareado possuem bons índices de C_p , porém, os índices de C_{pk} são extremamente baixos, o que significa que um ajuste na locação da média do processo pode trazê-los para a capacidade exigida, ressaltando que normalmente este ajuste costuma ser simples.

Tabela 4.2 – Índices de capacidade das características dos rebites do fornecedor B.

PARÂMETROS	ÍNDICES DO REBITE			
	MS14218AD5-5			
	C _p	C _{pk}	C _{pkL}	C _{pkU}
Diâmetro da Cabeça A	2,23	0,09	4,37	0,09
Altura do Ressalto C	0,54	-0,41	1,49	-0,41
Ângulo do Escareado	1,35	0,41	2,30	0,41

Observando-se os índices P_p , que representam uma capacidade em longo prazo, verificou-se que o processo se mantém com valores em torno de 1, significando que também o P_{pk} pode atingir os valores exigidos.

4.5 Comparação entre o Fornecedor A e o Fornecedor B

As figuras 4.3, 4.4 e 4.5 mostram a comparação entre os resultados das características diâmetro A, dimensão C e ângulo do escareado para os rebites MS14219AD5-5 dos dois fornecedores.

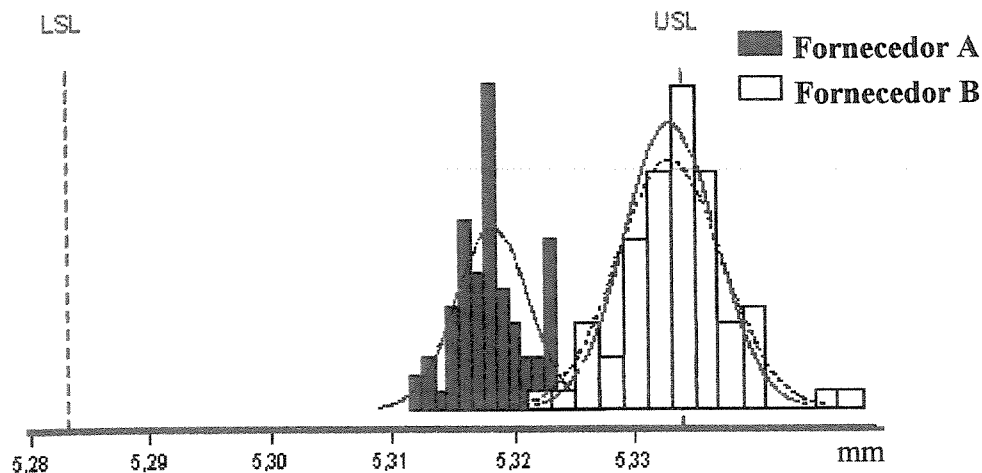


Figura 4.3 – Comparação das distribuições das medidas do diâmetro da cabeça A.

Pode-se observar na figura 4.3 que a média da distribuição das medidas do diâmetro da cabeça A, dos rebites do fornecedor B, coincide praticamente com o limite superior de especificação. Este fato indica que aproximadamente metade do lote encontra-se acima do limite superior especificado em norma.

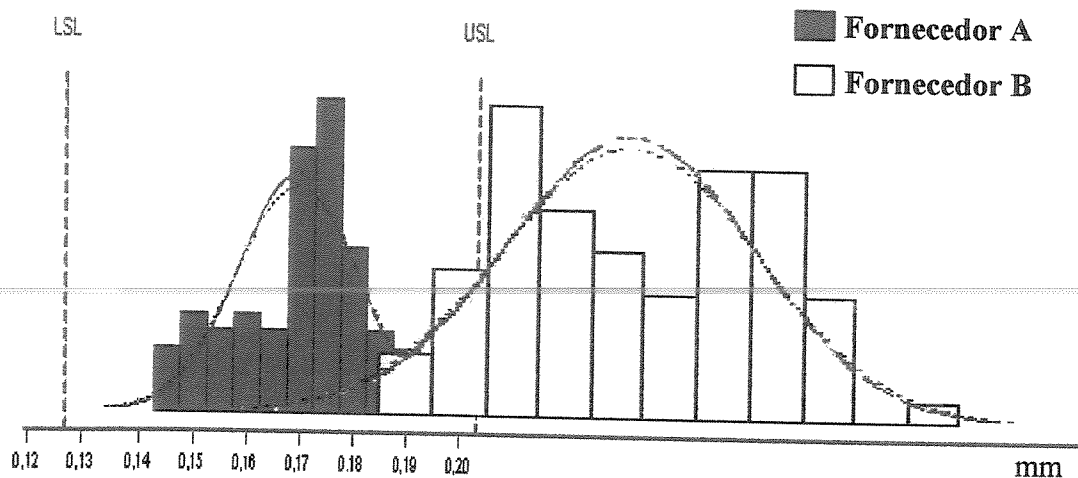


Figura 4.4 – Comparação das distribuições das medidas da dimensão C.

Na figura 4.4 pode se observar que a média da distribuição das medidas da dimensão C dos rebites do fornecedor B encontra-se extremamente acima do limite superior de especificação, indicando que a grande parte dos rebites estão em desacordo com a norma.

Pode-se observar também que a distribuição apresentaria valores fora dos limites de especificação inferior e superior, mesmo se estivesse centrada entre estes limites, em virtude da excessiva variabilidade das medidas, o que é confirmado pelo baixo índice de C_p .

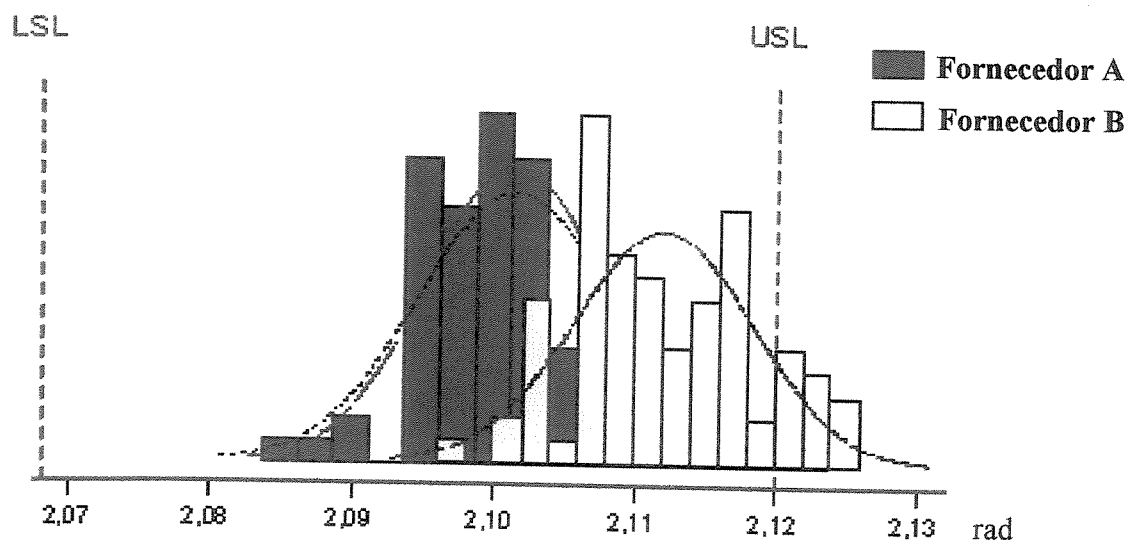


Figura 4.5 – Comparação das distribuições das medidas do ângulo do escareado.

No caso da distribuição das medidas do ângulo do escareado do fornecedor B, embora a média da distribuição se encontre dentro dos limites, parte das medidas estão acima do limite superior, conforme mostra a figura 4.5, em virtude da localização da distribuição, fato confirmado pelo baixo índice de C_{pk} .

Com relação ao fornecedor A, observa-se que nas três figuras anteriores as medidas dos rebites encontram-se dentro dos limites especificados e que, as médias das distribuições das medidas apresentam-se deslocadas em direção ao limite superior, ou seja, apresentam o índice C_{pkl} maior que C_{pku} .

Este fato sugere que o intervalo entre os limites de especificação das normas encontram-se maiores do que o desejável, ou seja, se a distribuição for deslocada para a esquerda (próximo ao limite inferior) ocorrerão o aparecimento dos defeitos mostrados no capítulo 2, tais como, folga circunferencial e falta de assentamento do rebite no escareado, causados principalmente em função das menores medidas do diâmetro da cabeça A e da dimensão C.

Cabe ressaltar o fato de que este estudo refere-se ao processo utilizado na EMBRAER.

4.6 Análise Granulométrica

4.6.1 Medidas do Fornecedor A

Os resultados da análise granulométrica indicaram que o rebite MS14219E5-6 não atende os requisitos da EMBRAER, ou seja, tamanho de grão nº 6 ou menor, visto que na análise foi encontrado tamanho de grão nº 5.

Tabela 4.3 – Resultados das medições de tamanho de grão do fornecedor A.

ESPECIFICAÇÃO DO REBITE	MS14218AD5-5	MS14219E5-6
TAMANHO DE GRÃO	9-6	9-5
1	9-6	9-6
2	9-6	9-5
3	9-7	9-6
4	9-6	9-6

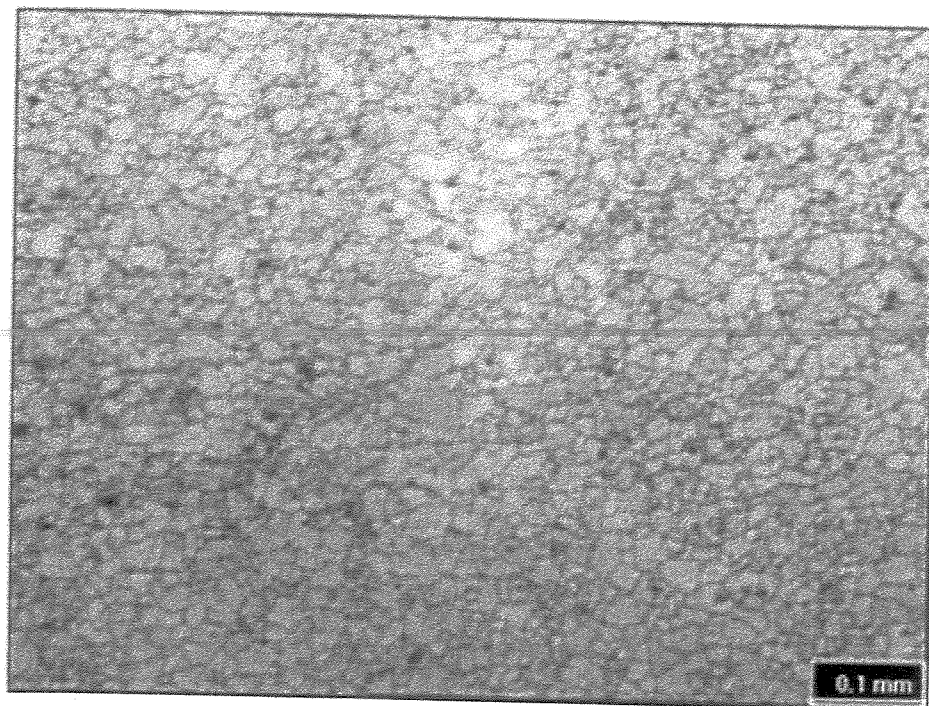


Figura 4.6 – Micrografia do rebite MS14219E5-6.

4.6.2 Medidas do Fornecedor B

Observou-se que os rebites da do fornecedor B também não atendem as especificações EMBRAER, mas somente a NASM, devido à presença de tamanho de grão nº 5.

Tabela 4.4 – Resultados das medições de tamanho de grão do fornecedor B.

ESPECIFICAÇÃO DO REBITE		MS14218AD5-5
TAMANHO DE GRÃO		9-5
	1	9-6
	2	9-5
	3	9-5
	4	9-5

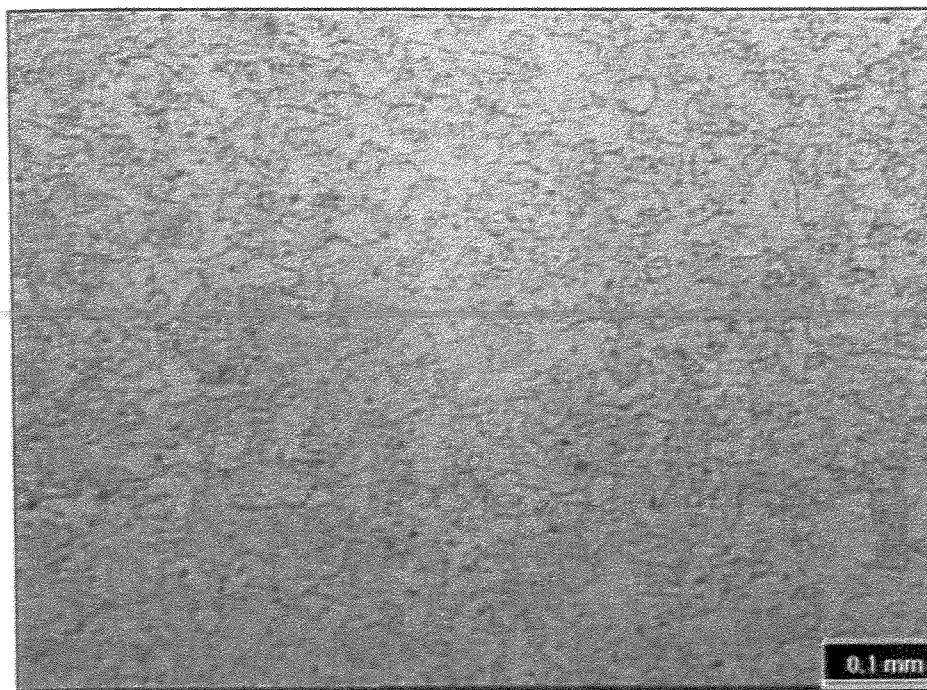


Figura 4.7 – Micrografia do rebite MS14218AD5-5.

4.6 Modificação da Especificação EMBRAER

As duas normas EMBRAER existentes para especificação destes rebites são baseadas nas normas NASM14218 e NASM14219, que de acordo com os resultados obtidos nas seções anteriores, não garantem a qualidade do processo da EMBRAER. Portanto, tornou-se inviável realizar a qualificação de novos fornecedores, utilizando-se estas especificações.

Seria inviável também sugerir modificações nas normas NASM apenas para atender o processo EMBRAER, já que estas normas são internacionais e sua modificação implicaria na concordância dos fabricantes de rebites e de aeronaves e, caso viesse a ocorrer, seria um processo oneroso e demandaria muito tempo.

Outra modificação possível seria o aumento dos valores dos limites inferiores das normas internas EMBRAER com o objetivo de centralizar a média da distribuição. Porém, é importante lembrar que o CEP foi utilizado neste trabalho apenas como ferramenta estatística e não como método de controle efetivo da produção de rebites, já que a EMBRAER não é fabricante de rebites.

Para resolver o problema, optou-se por inclusão de características chaves determinadas a partir dos parâmetros especificados nas normas, como mostra a figura 4.8.

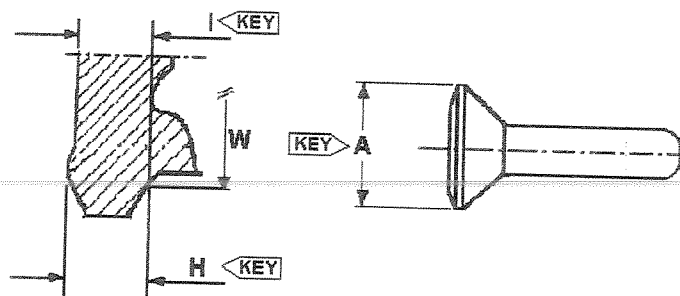


Figura 4.8 – Características chaves.

O controle destas características foi especificado utilizando-se índices estatísticos, ou seja, controlando a variabilidade através dos índices de capacidade C_p , C_{pkl} e C_{pku} destas características.

Definiu-se então, que o índice de capacidade C_p deverá ser igual ou maior que 2,0 e que o índice C_{pkl} deverá ser maior do que o C_{pku} . Estes valores visam garantir que a média da distribuição fique localizada entre a média dos limites e o limite superior e devem ser utilizados juntamente com os outros parâmetros das normas NASM.

Embora alguns índices medidos nos rebites do fornecedor A não tenham atingido estes níveis, o fornecedor foi consultado e concordou com os parâmetros estabelecidos.

Cabe ressaltar que estes parâmetros atendem ao processo produtivo EMBRAER, ou seja, a aplicação dos mesmos em outros processos deve ser criteriosamente estudada.

Em função destes fatos, sugere-se que os fornecedores elaborem suas respectivas normas internas adequando os limites para centralizar a distribuição e facilitar o controle estatístico do processo de fabricação.

Capítulo 5

Conclusões e sugestões para próximos trabalhos

5.1 Conclusões

Este trabalho teve como objetivo estudar as características dos rebites sólidos com cabeça escareada a 120° , instalados com interferência, para identificar como estas características afetavam o processo de cravação.

A identificação das principais características dos rebites e as medições realizadas nos rebites do fornecedor A possibilitou o estabelecimento de um critério estatístico a ser seguido na qualificação de novos fornecedores.

É importante ressaltar que os valores de C_p , C_{pkL} , e C_{pkU} mencionados na seção 4.6 serão utilizados apenas para qualificação de novos fornecedores, não se aplicando ao fornecedor atual, o qual é considerado qualificado, visto que os resultados comprovaram que o processo de fabricação dos rebites deste é controlado, capaz e confiável, concluindo-se que este fornecedor tem um bom sistema de controle estatístico de processo.

No entanto, o processo de fabricação necessita de alguma intervenção para que o raio G e o ângulo do escareado alcancem os valores especificados nas normas NASM.

O tamanho de grão nº 5 encontra-se de acordo com as normas NASM, porém, em desacordo com a recomendação da EMBRAER, ou seja, tamanho de grão nº 6 ou menor.

Porém, o rebite do fornecedor A atende o processo da EMBRAER satisfatoriamente, o que não ocorreria com o rebite do fornecedor B, caso viesse a ser utilizado na linha de produção,

conforme comprovam os resultados obtidos nas medições e nas comparações mostradas nas figuras 4.3, 4.4 e 4.5.

5.2 Sugestões para Próximos Trabalhos

Torna-se difícil dar sugestões para a realização de futuros trabalhos em virtude da especificidade do tema.

No entanto, a metodologia empregada no desenvolvimento deste trabalho, a qual envolveu o levantamento das características de um produto e de um processo, a técnica de análise de risco, o desdobramento da função qualidade, a priorização de parâmetros utilizando-se o Gráfico de Pareto e a utilização de técnicas estatísticas, certamente poderá ser utilizada como base para desenvolvimento de trabalhos relacionados ao estudo de outros produtos ou processos, assim como o desenvolvimento de alguns padrões para qualificação de fornecedores.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Medidas dos Rebites MS14218AD5-5 do Fornecedor A.

Medidas e análise dos valores do diâmetro da cabeça A

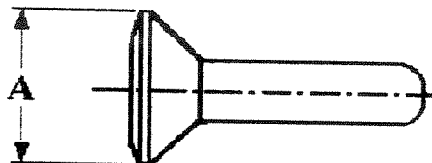


Figura A.1 – Diâmetro da cabeça do rebite MS14218AD5-5.

Tabela A.1 – Valores obtidos na medição do diâmetro da cabeça A (mm).

MEDIDAS DO DIÂMETRO DA CABEÇA - A							
N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR
1	5,318	21	5,318	41	5,316	61	5,316
2	5,320	22	5,323	42	5,316	62	5,313
3	5,319	23	5,318	43	5,316	63	5,318
4	5,318	24	5,315	44	5,315	64	5,314
5	5,318	25	5,318	45	5,312	65	5,323
6	5,327	26	5,319	46	5,317	66	5,319
7	5,317	27	5,319	47	5,323	67	5,320
8	5,313	28	5,316	48	5,323	68	5,316
9	5,319	29	5,318	49	5,315	69	5,319
10	5,317	30	5,318	50	5,319	70	5,318
11	5,318	31	5,320	51	5,323	71	5,323
12	5,323	32	5,322	52	5,316	72	5,318
13	5,318	33	5,317	53	5,321	73	5,324
14	5,316	34	5,323	54	5,316	74	5,318
15	5,316	35	5,317	55	5,315	75	5,323
16	5,315	36	5,320	56	5,318	76	5,320
17	5,313	37	5,316	57	5,322	77	5,317
18	5,318	38	5,318	58	5,321	78	5,312
19	5,322	39	5,317	59	5,318	79	5,315
20	5,321	40	5,318	60	5,323	80	5,317

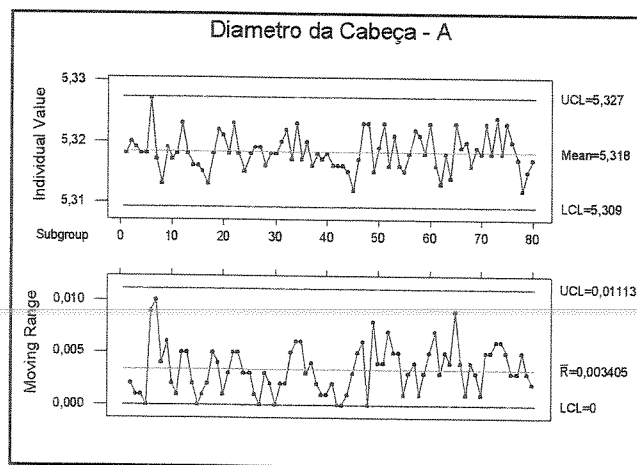


Figura A.2 – Carta de tendência das medidas do diâmetro da cabeça A.

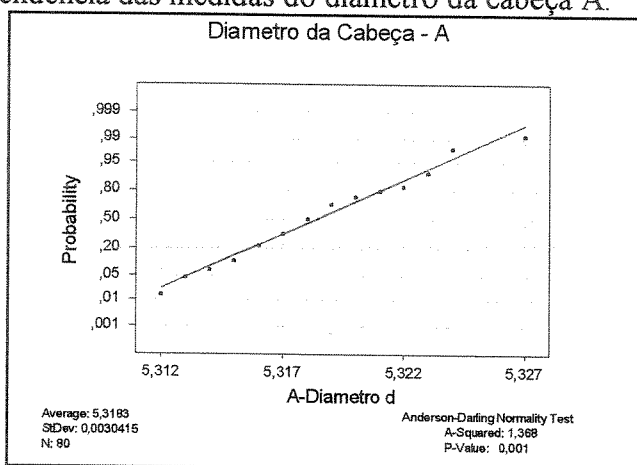


Figura A.3 – Teste de normalidade das medidas do diâmetro da cabeça A.

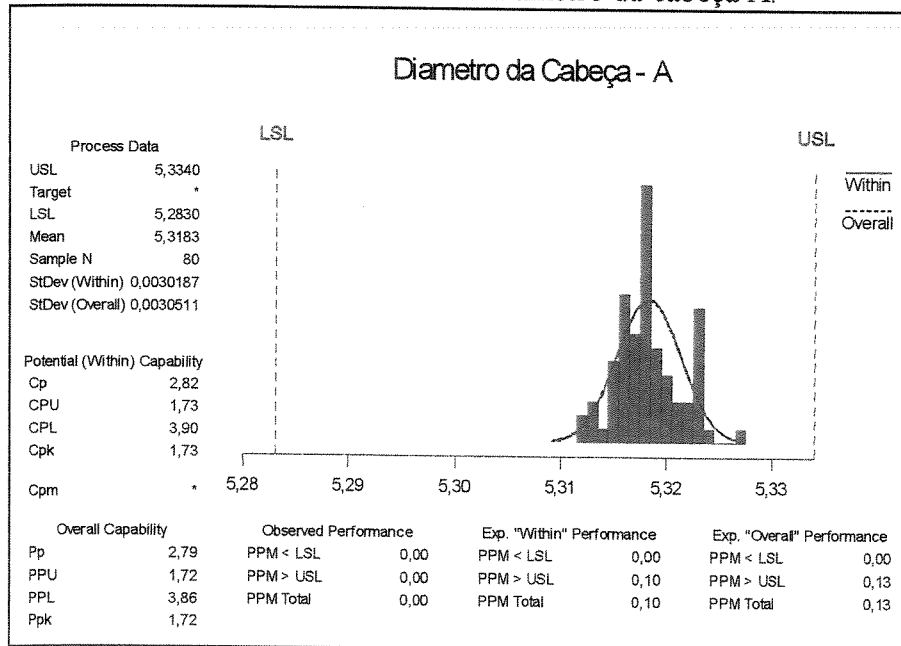


Figura A.4 – Análise de capacidade da medida do diâmetro da cabeça A.

Medidas e análise dos valores da altura da cabeça B.

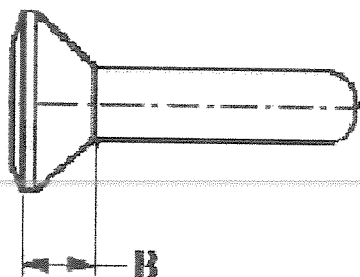


Figura A.5 – Altura da cabeça do rebite MS14218AD5-5.

Tabela A.2 – Valores obtidos na medição da altura da cabeça B (mm).

MEDIDAS DA ALTURA DA CABEÇA B							
N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR
1	0,903	21	0,889	41	0,908	61	0,939
2	0,910	22	0,879	42	0,895	62	0,902
3	0,896	23	0,880	43	0,904	63	0,915
4	0,895	24	0,898	44	0,889	64	0,901
5	0,900	25	0,881	45	0,900	65	0,921
6	0,908	26	0,896	46	0,917	66	0,924
7	0,905	27	0,886	47	0,903	67	0,900
8	0,901	28	0,880	48	0,924	68	0,900
9	0,916	29	0,904	49	0,926	69	0,923
10	0,896	30	0,907	50	0,912	70	0,923
11	0,889	31	0,899	51	0,935	71	0,893
12	0,899	32	0,910	52	0,906	72	0,925
13	0,890	33	0,912	53	0,905	73	0,918
14	0,888	34	0,903	54	0,887	74	0,906
15	0,901	35	0,879	55	0,906	75	0,922
16	0,895	36	0,923	56	0,877	76	0,887
17	0,883	37	0,920	57	0,902	77	0,889
18	0,901	38	0,898	58	0,904	78	0,910
19	0,885	39	0,926	59	0,912	79	0,919
20	0,886	40	0,909	60	0,884	80	0,908

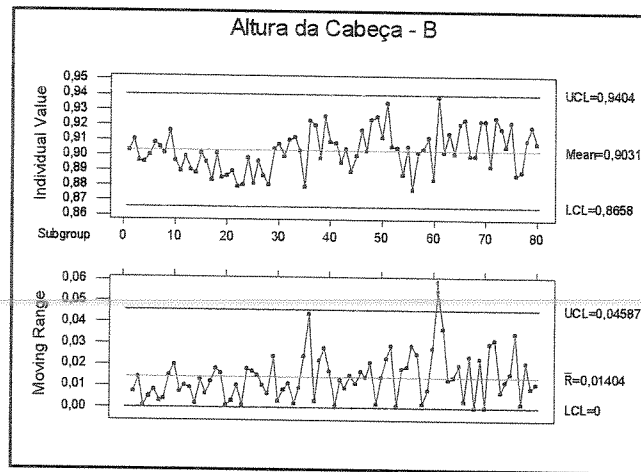


Figura A.6 – Carta de tendência das medidas da altura da cabeça B.

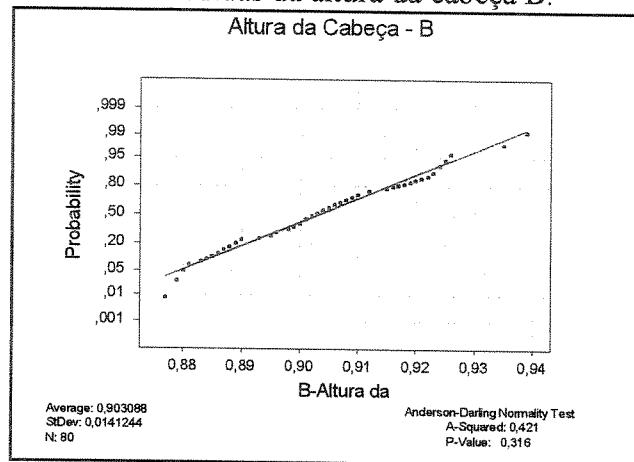


Figura A.7 – Teste de normalidade das medidas da altura da cabeça B.

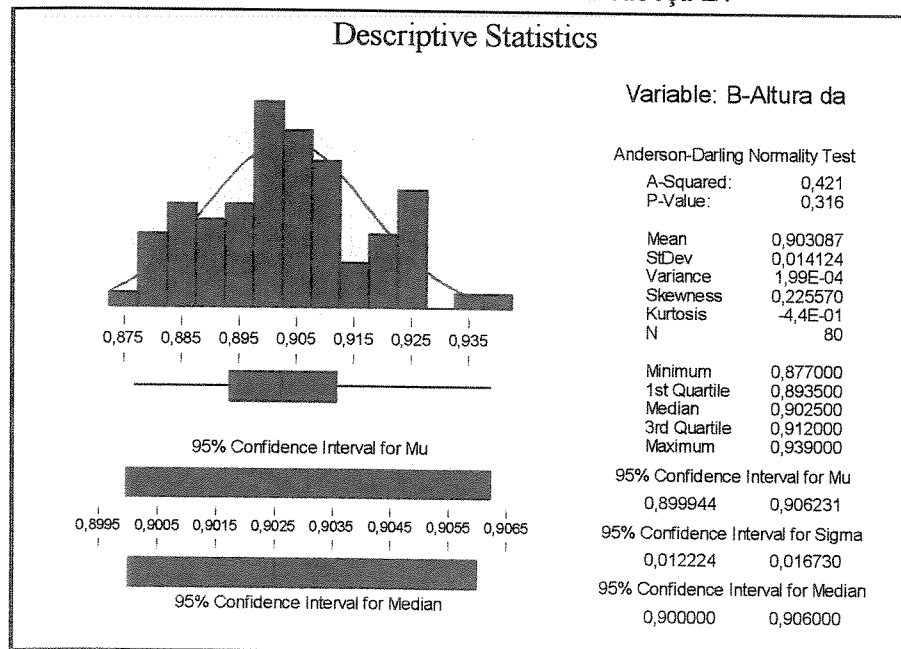


Figura A.8 – Análise de capacidade da medida da altura da cabeça B.

Medidas e análise dos valores da altura do ressalto C.

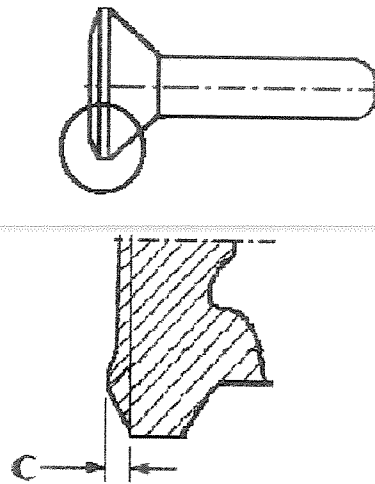


Figura A9 – Altura do ressalto da cabeça do rebite MS14218AD5-5.

Tabela A.3 – Valores obtidos na medição da altura do ressalto C (mm).

MEDIDAS DA ALTURA DO RESSALTO C							
N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR
1	0,170	21	0,178	41	0,167	61	0,147
2	0,158	22	0,184	42	0,170	62	0,186
3	0,155	23	0,188	43	0,163	63	0,154
4	0,173	24	0,177	44	0,175	64	0,170
5	0,144	25	0,189	45	0,159	65	0,173
6	0,174	26	0,177	46	0,157	66	0,155
7	0,170	27	0,178	47	0,169	67	0,181
8	0,176	28	0,179	48	0,149	68	0,168
9	0,171	29	0,147	49	0,183	69	0,153
10	0,175	30	0,170	50	0,173	70	0,159
11	0,173	31	0,173	51	0,150	71	0,190
12	0,177	32	0,172	52	0,145	72	0,170
13	0,173	33	0,180	53	0,172	73	0,164
14	0,179	34	0,181	54	0,177	74	0,158
15	0,182	35	0,173	55	0,158	75	0,151
16	0,183	36	0,170	56	0,181	76	0,168
17	0,170	37	0,165	57	0,168	77	0,160
18	0,177	38	0,181	58	0,150	78	0,150
19	0,184	39	0,163	59	0,176	79	0,170
20	0,189	40	0,177	60	0,174	80	0,152

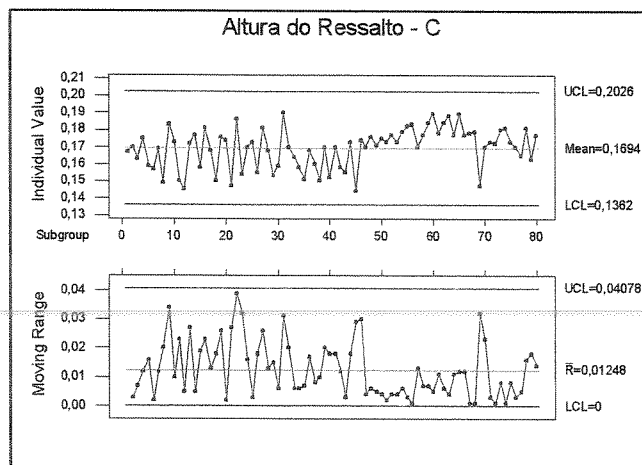


Figura A.10 – Carta de tendência das medidas da altura do ressalto C.

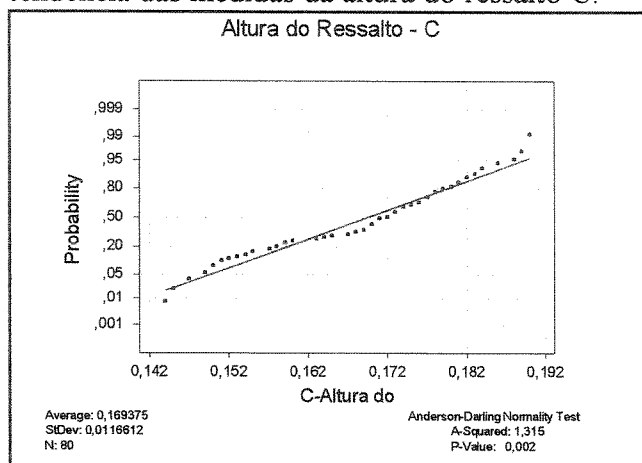


Figura A.11 – Teste de normalidade das medidas da altura do ressalto C.

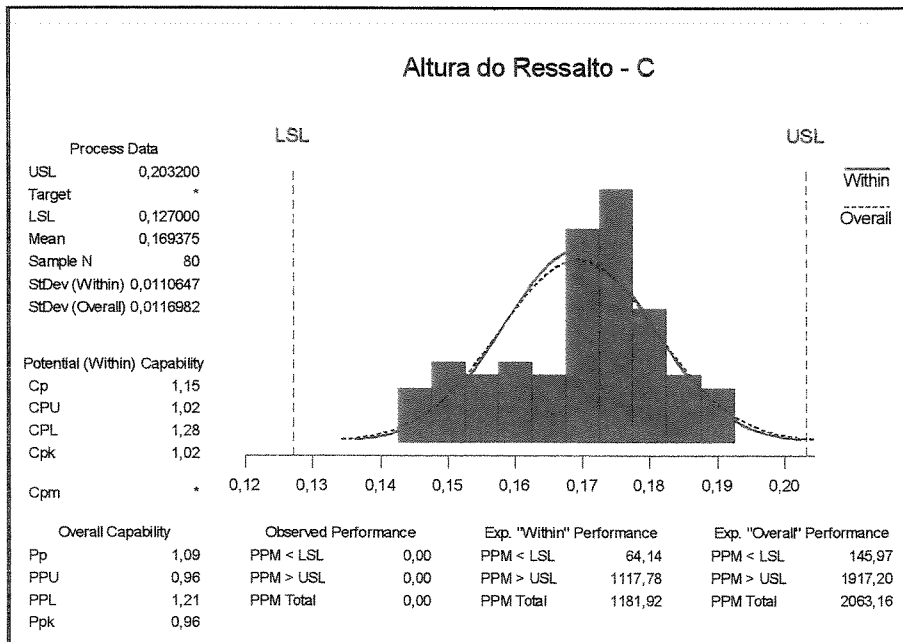


Figura A.12 – Análise de capacidade da medida da altura do ressalto C.

Medidas e análise dos valores da dimensão E.

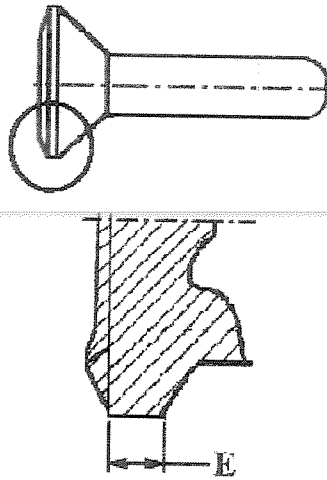


Figura A.13 – Dimensão E da cabeça do rebite MS14218AD5-5.

Tabela A.4 – Valores obtidos na medição da dimensão E (mm).

MEDIDAS DA DIMENSÃO E							
N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR
1	0,511	21	0,489	41	0,520	61	0,554
2	0,526	22	0,495	42	0,504	62	0,512
3	0,509	23	0,483	43	0,512	63	0,526
4	0,505	24	0,508	44	0,499	64	0,506
5	0,511	25	0,493	45	0,513	65	0,531
6	0,517	26	0,519	46	0,529	66	0,537
7	0,513	27	0,487	47	0,511	67	0,512
8	0,510	28	0,490	48	0,539	68	0,515
9	0,520	29	0,510	49	0,540	69	0,538
10	0,506	30	0,516	50	0,520	70	0,528
11	0,499	31	0,514	51	0,546	71	0,500
12	0,505	32	0,519	52	0,519	72	0,523
13	0,496	33	0,521	53	0,521	73	0,525
14	0,499	34	0,516	54	0,498	74	0,516
15	0,503	35	0,501	55	0,520	75	0,528
16	0,499	36	0,532	56	0,491	76	0,496
17	0,512	37	0,537	57	0,512	77	0,507
18	0,515	38	0,505	58	0,514	78	0,528
19	0,492	39	0,533	59	0,522	79	0,536
20	0,490	40	0,521	60	0,495	80	0,512

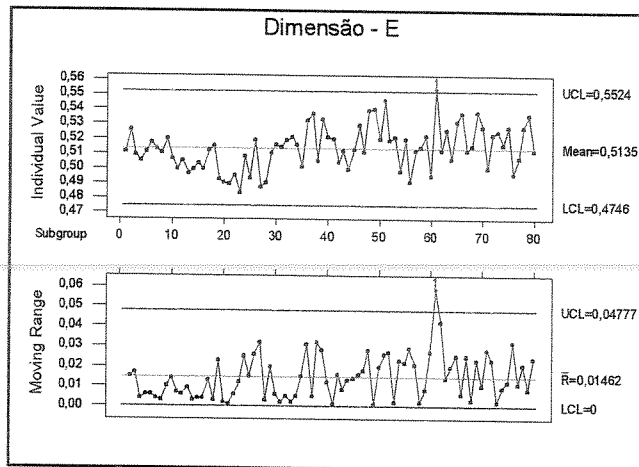


Figura A.14 – Carta de tendência das medidas da dimensão E.

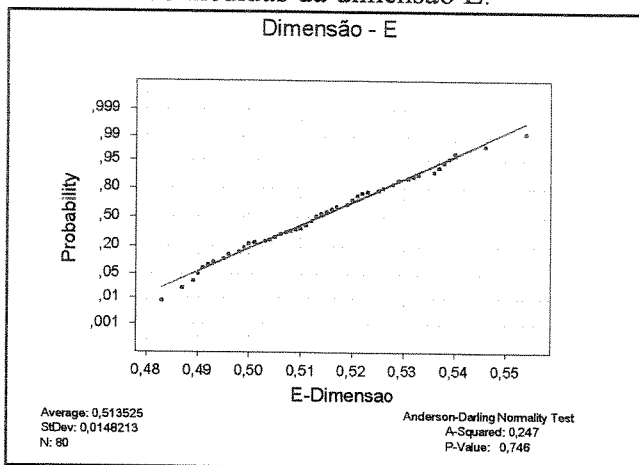


Figura A.15 – Teste de normalidade das medidas da dimensão E.

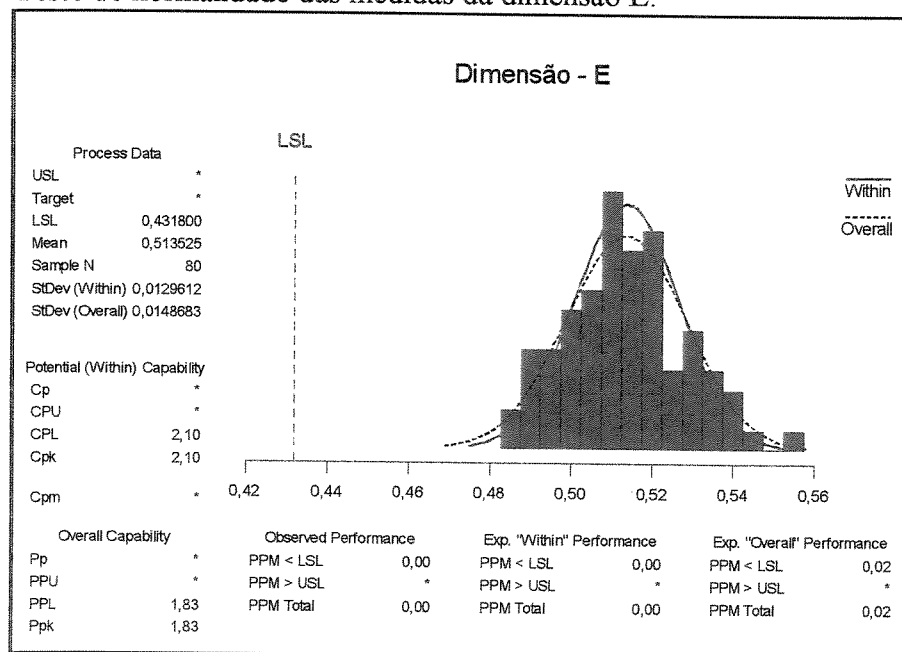


Figura A.16 – Análise de capacidade da medida da dimensão E.

Medidas e análise dos valores do ângulo do escareado.

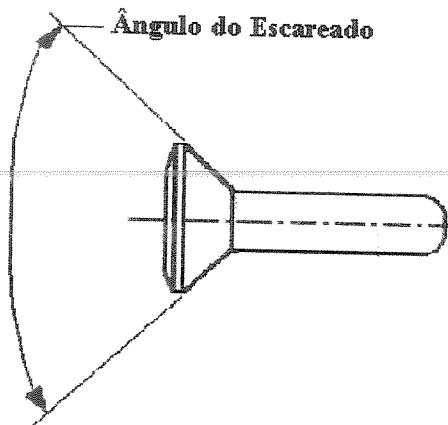


Figura A.17 – Ângulo do escareado do rebite MS14218AD5-5.

Tabela A.5 – Valores obtidos na medição do ângulo do escareado (° decimal).

MEDIDAS DO ÂNGULO DO ESCAREADO							
N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR
1	119,75	21	120,83	41	120,00	61	120,02
2	120,17	22	120,42	42	120,33	62	120,25
3	120,25	23	120,17	43	120,33	63	120,17
4	120,17	24	120,42	44	120,27	64	120,25
5	121,17	25	120,25	45	120,08	65	121,62
6	120,25	26	120,17	46	120,00	66	120,75
7	120,70	27	120,22	47	119,68	67	120,50
8	120,85	28	120,52	48	120,63	68	121,33
9	120,33	29	120,07	49	120,58	69	120,50
10	120,75	30	120,53	50	121,42	70	120,58
11	120,58	31	119,98	51	120,33	71	120,08
12	120,08	32	120,83	52	120,35	72	120,63
13	120,22	33	120,17	53	119,62	73	120,53
14	120,25	34	120,75	54	120,00	74	120,42
15	120,47	35	121,00	55	120,08	75	120,92
16	120,50	36	121,00	56	120,75	76	120,70
17	119,42	37	120,25	57	120,33	77	120,08
18	120,18	38	120,73	58	120,83	78	120,17
19	121,08	39	120,50	59	120,17	79	120,45
20	120,50	40	120,00	60	120,33	80	120,08

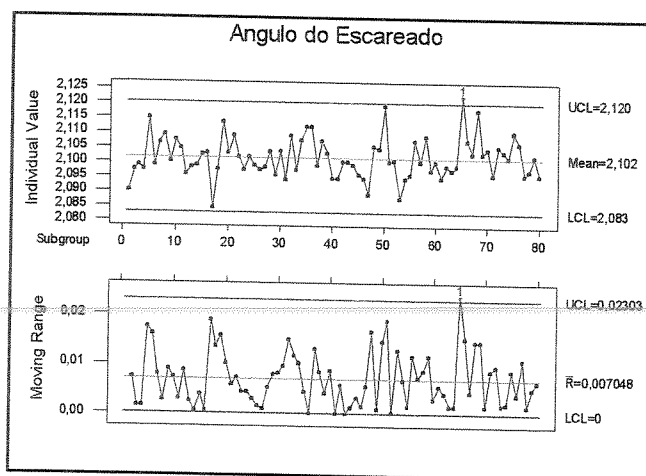


Figura A.18 – Carta de tendência das medidas do ângulo do escareado (rad).

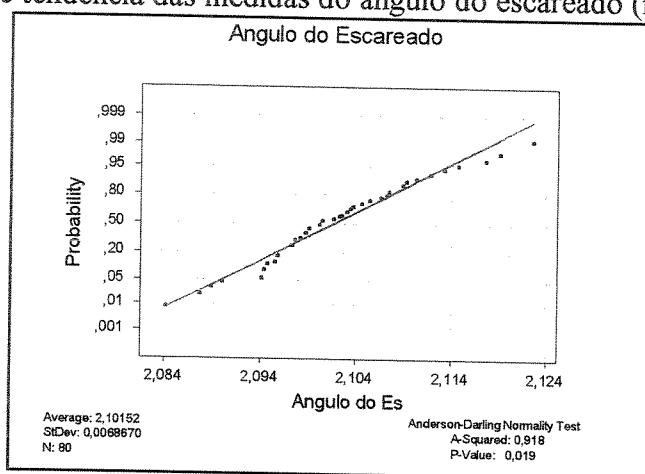


Figura A.19 – Teste de normalidade das medidas do ângulo do escareado (rad).

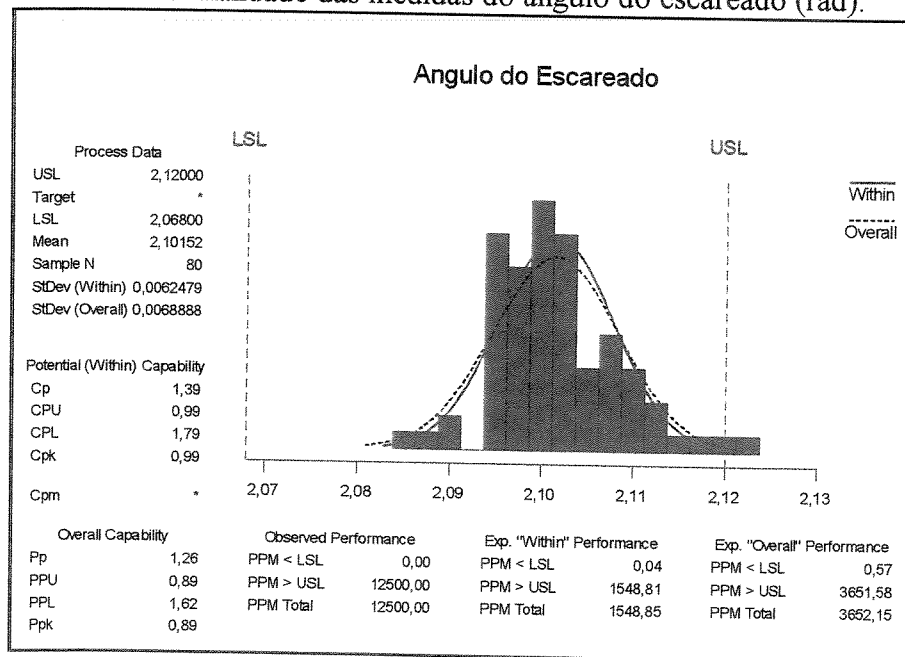


Figura A.20 – Análise de capacidade da medida do ângulo do escareado (rad).

Medidas e análise dos valores do Raio G.

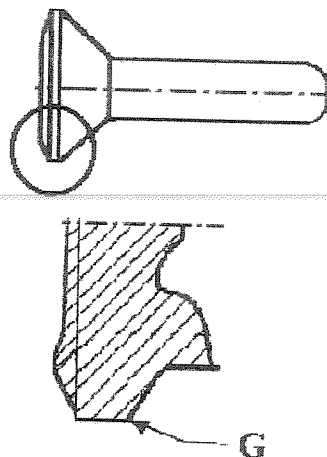


Figura A.21 – Raio G do rebite MS14218AD5-5.

Tabela A.6 – Valores obtidos na medição do raio G (mm).

MEDIDAS DO RAIO G							
N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR
1	0,10	21	0,10	41	0,08	61	0,08
2	0,10	22	0,12	42	0,10	62	0,10
3	0,10	23	0,10	43	0,08	63	0,10
4	0,10	24	0,10	44	0,08	64	0,08
5	0,10	25	0,10	45	0,08	65	0,10
6	0,10	26	0,10	46	0,10	66	0,08
7	0,10	27	0,10	47	0,10	67	0,08
8	0,10	28	0,10	48	0,08	68	0,10
9	0,10	29	0,10	49	0,08	69	0,10
10	0,10	30	0,10	50	0,10	70	0,08
11	0,08	31	0,10	51	0,08	71	0,08
12	0,10	32	0,10	52	0,08	72	0,08
13	0,10	33	0,08	53	0,10	73	0,08
14	0,10	34	0,08	54	0,08	74	0,10
15	0,08	35	0,08	55	0,08	75	0,10
16	0,10	36	0,10	56	0,08	76	0,10
17	0,10	37	0,08	57	0,08	77	0,08
18	0,10	38	0,10	58	0,10	78	0,10
19	0,10	39	0,08	59	0,10	79	0,10
20	0,10	40	0,10	60	0,08	80	0,10

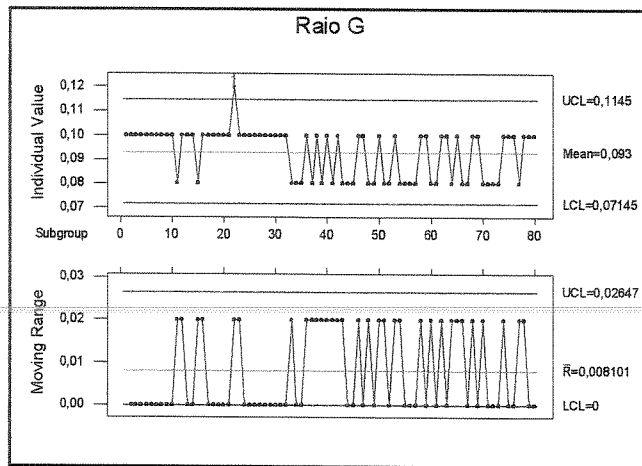


Figura A.22 – Carta de tendência das medidas do raio G.

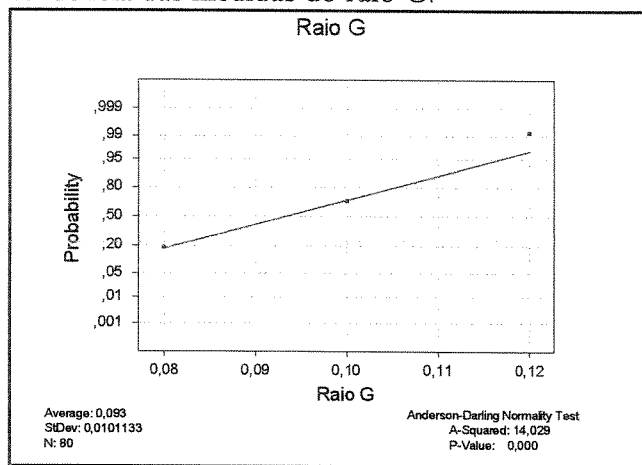


Figura A.23 – Teste de normalidade das medidas do raio G.

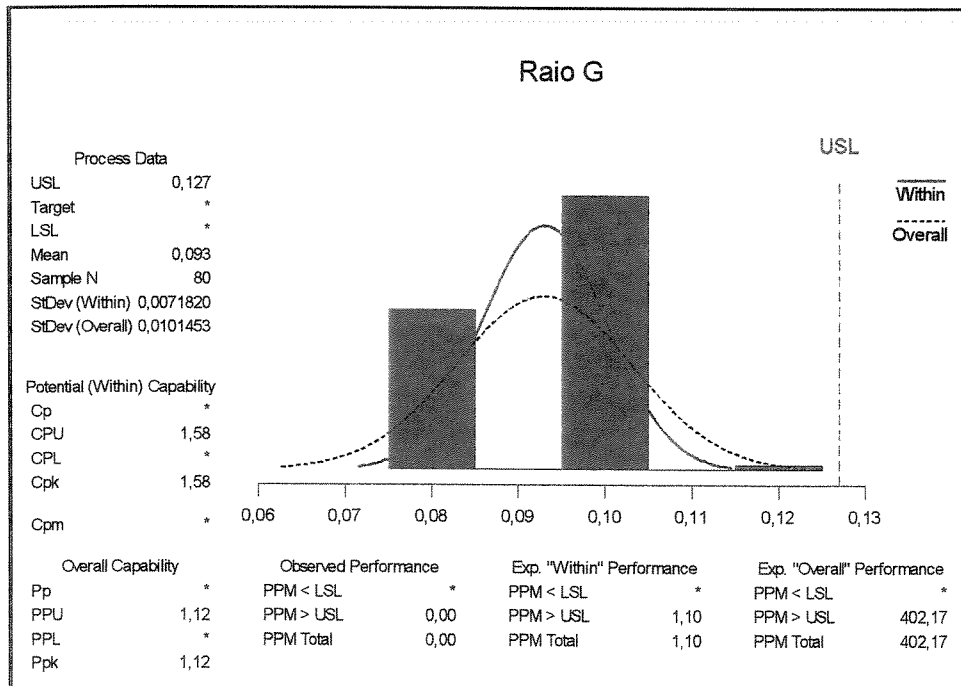


Figura A.24 – Análise de capacidade da medida do raio G.

Medidas e análise dos valores do Raio R.

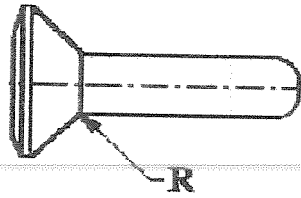


Figura A.25 – Raio R do rebite MS14218AD5-5.

Tabela A.7 – Valores obtidos na medição do raio R (mm).

MEDIDAS DO RAIO R							
N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR
1	0,30	21	0,28	41	0,28	61	0,30
2	0,30	22	0,30	42	0,30	62	0,30
3	0,28	23	0,30	43	0,28	63	0,28
4	0,30	24	0,30	44	0,28	64	0,26
5	0,28	25	0,30	45	0,28	65	0,30
6	0,28	26	0,28	46	0,30	66	0,30
7	0,28	27	0,30	47	0,28	67	0,28
8	0,28	28	0,30	48	0,28	68	0,30
9	0,28	29	0,30	49	0,28	69	0,28
10	0,28	30	0,30	50	0,28	70	0,28
11	0,30	31	0,28	51	0,30	71	0,28
12	0,30	32	0,30	52	0,30	72	0,28
13	0,28	33	0,28	53	0,28	73	0,28
14	0,30	34	0,28	54	0,30	74	0,30
15	0,30	35	0,30	55	0,28	75	0,30
16	0,30	36	0,30	56	0,30	76	0,30
17	0,28	37	0,28	57	0,28	77	0,30
18	0,30	38	0,30	58	0,28	78	0,30
19	0,30	39	0,28	59	0,28	79	0,30
20	0,30	40	0,28	60	0,30	80	0,30

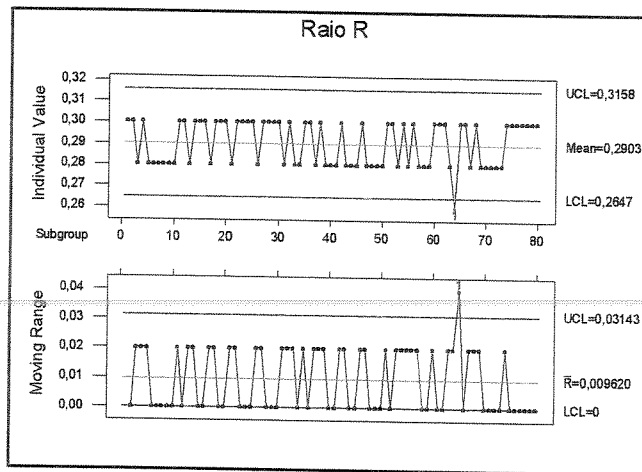


Figura A.26 – Carta de tendência das medidas do raio R.

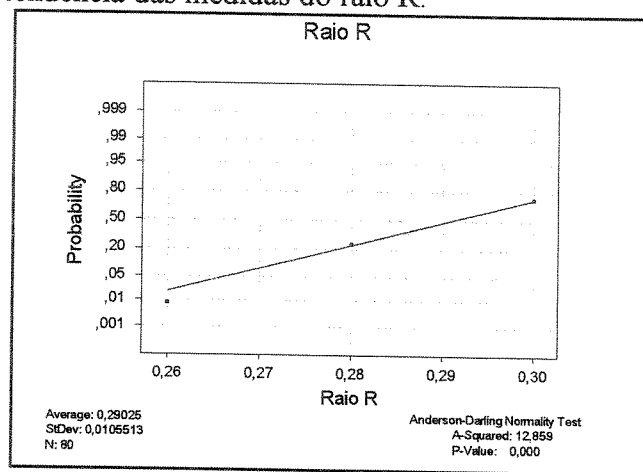


Figura A.27 – Teste de normalidade das medidas do raio R.

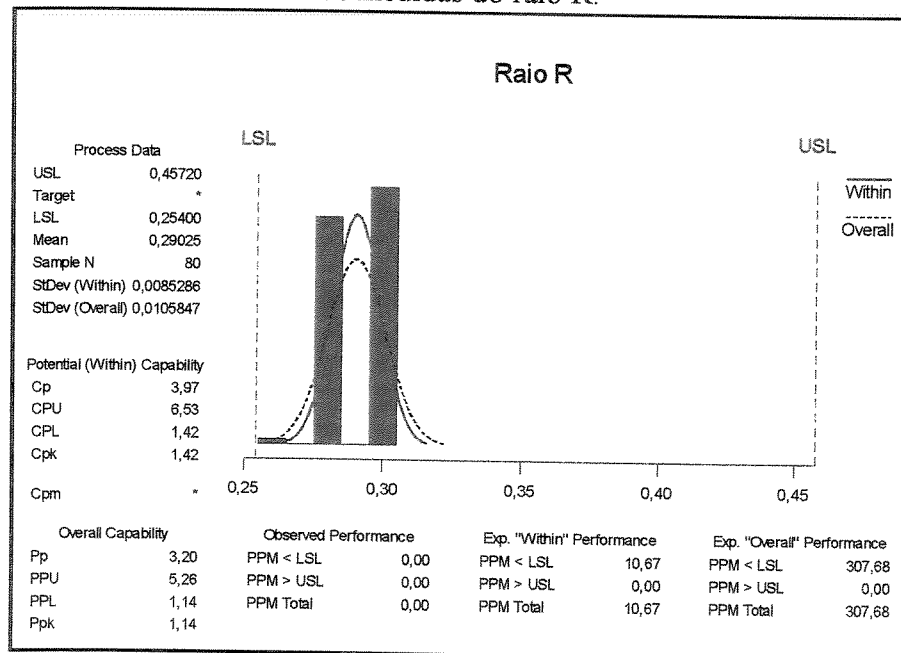


Figura A.28 – Análise de capacidade da medida do raio R.

APÊNDICE B

Medidas dos Rebites MS14219E5-6 do Fornecedor A

Medidas e análise dos valores do diâmetro da cabeça A.

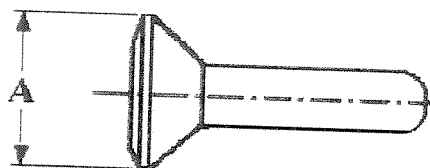


Figura B.1 – Diâmetro da cabeça do rebite MS14219E5-6.

Tabela B.1 – Valores obtidos na medição do diâmetro da cabeça A (mm).

MEDIDAS DO DIÂMETRO DA CABEÇA A							
N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR
1	6,532	21	6,534	41	6,542	61	6,544
2	6,530	22	6,530	42	6,549	62	6,531
3	6,546	23	6,528	43	6,533	63	6,525
4	6,541	24	6,528	44	6,537	64	6,530
5	6,535	25	6,540	45	6,530	65	6,529
6	6,545	26	6,542	46	6,529	66	6,532
7	6,535	27	6,532	47	6,534	67	6,542
8	6,532	28	6,537	48	6,535	68	6,546
9	6,541	29	6,546	49	6,540	69	6,535
10	6,540	30	6,535	50	6,534	70	6,530
11	6,533	31	6,534	51	6,544	71	6,528
12	6,530	32	6,529	52	6,528	72	6,537
13	6,530	33	6,534	53	6,543	73	6,543
14	6,532	34	6,546	54	6,541	74	6,537
15	6,530	35	6,529	55	6,527	75	6,530
16	6,553	36	6,530	56	6,532	76	6,527
17	6,528	37	6,535	57	6,530	77	6,536
18	6,531	38	6,530	58	6,541	78	6,527
19	6,527	39	6,536	59	6,532	79	6,531
20	6,540	40	6,534	60	6,533	80	6,526

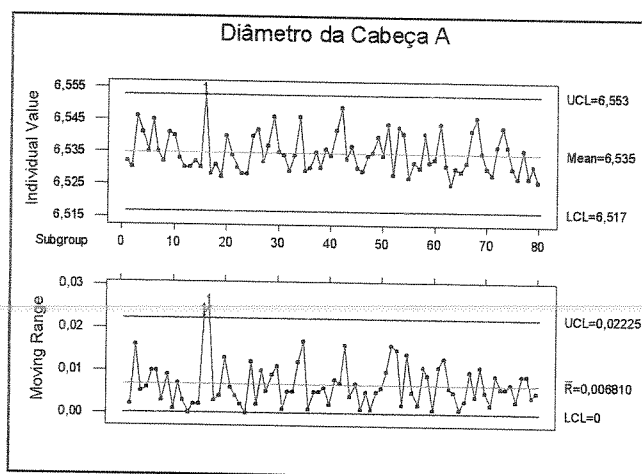


Figura B.2 – Carta de tendência das medidas do diâmetro da cabeça A.

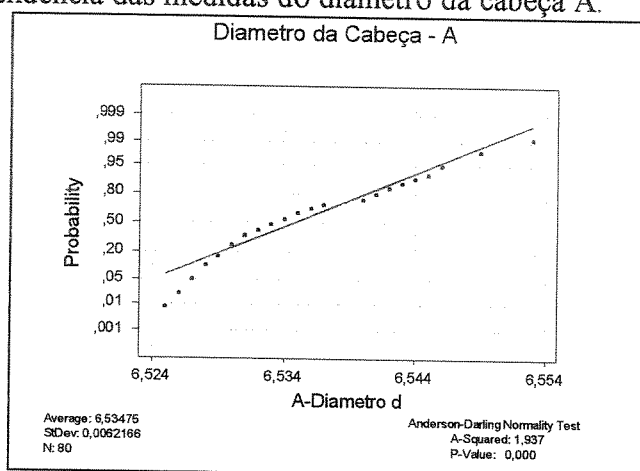


Figura B.3 – Teste de normalidade das medidas do diâmetro da cabeça A.

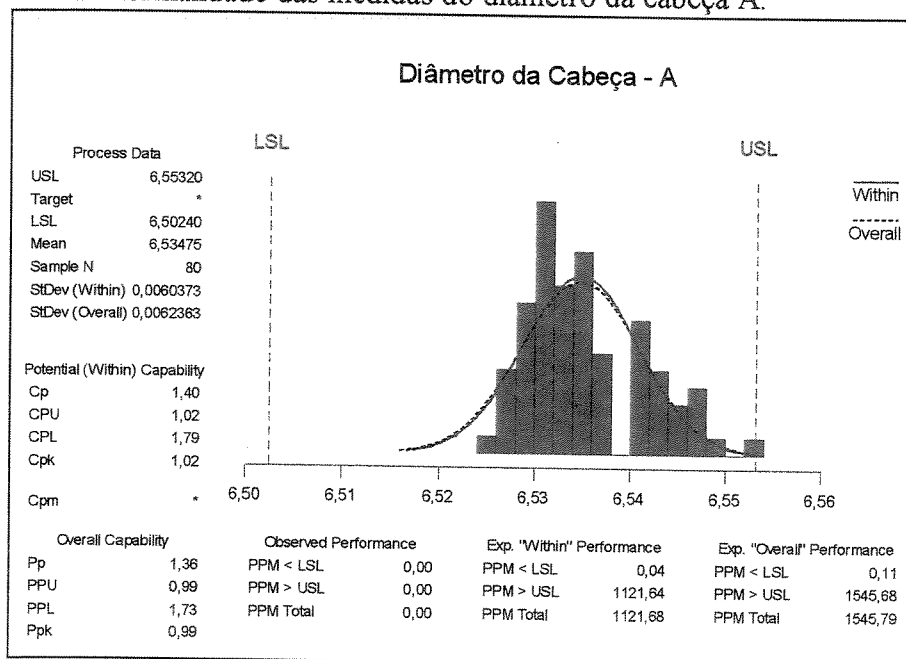


Figura B.4 – Análise de capacidade da medida do diâmetro da cabeça A.

Medidas e análise dos valores da altura da cabeça B.

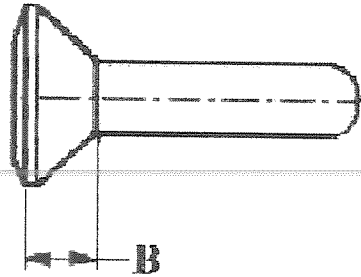


Figura B.5 – Altura da cabeça do rebite MS14219E5-6.

Tabela B.2 – Valores obtidos na medição da altura da cabeça B (mm).

MEDIDAS DA ALTURA DA CABEÇA B							
N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR
1	1,359	21	1,360	41	1,341	61	1,326
2	1,341	22	1,342	42	1,345	62	1,340
3	1,345	23	1,350	43	1,338	63	1,362
4	1,357	24	1,353	44	1,353	64	1,357
5	1,322	25	1,326	45	1,360	65	1,366
6	1,327	26	1,349	46	1,346	66	1,373
7	1,351	27	1,345	47	1,348	67	1,344
8	1,352	28	1,340	48	1,365	68	1,347
9	1,354	29	1,339	49	1,331	69	1,354
10	1,356	30	1,350	50	1,349	70	1,354
11	1,356	31	1,351	51	1,318	71	1,339
12	1,357	32	1,358	52	1,345	72	1,351
13	1,340	33	1,343	53	1,356	73	1,321
14	1,346	34	1,334	54	1,324	74	1,369
15	1,356	35	1,345	55	1,344	75	1,362
16	1,362	36	1,365	56	1,351	76	1,364
17	1,347	37	1,367	57	1,354	77	1,354
18	1,347	38	1,363	58	1,318	78	1,359
19	1,348	39	1,338	59	1,373	79	1,372
20	1,352	40	1,345	60	1,360	80	1,346

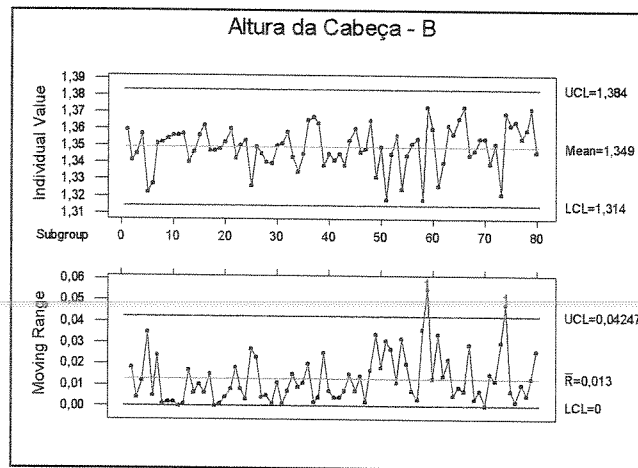


Figura B.6 – Carta de tendência das medidas da altura da cabeça B.

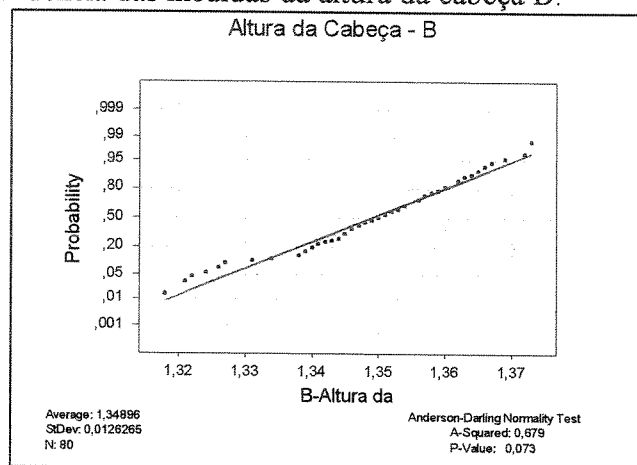


Figura B.7 – Teste de normalidade das medidas da altura da cabeça B.

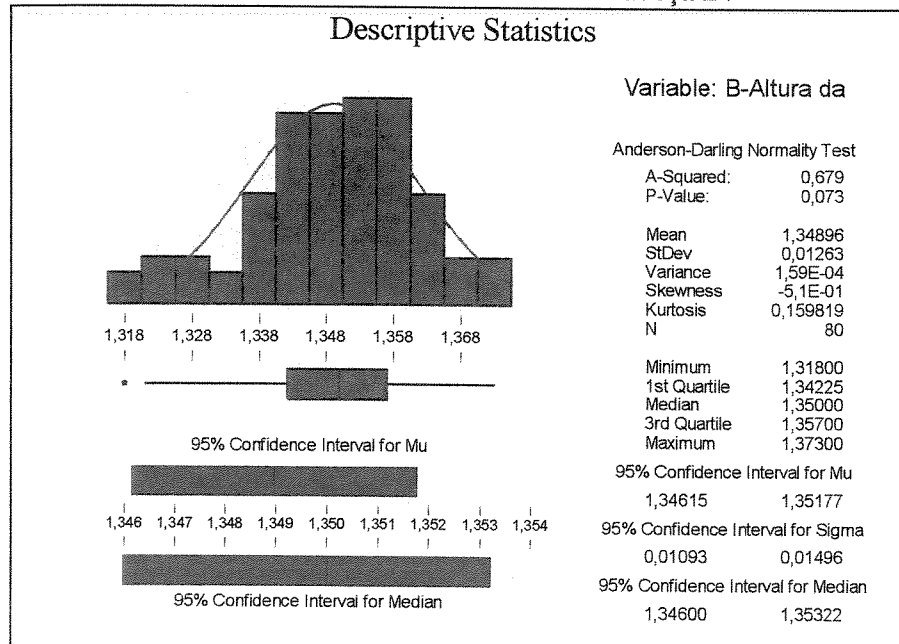


Figura B.8 – Análise de capacidade da medida da altura da cabeça B.

Medidas e análise dos valores da altura do ressalto C.

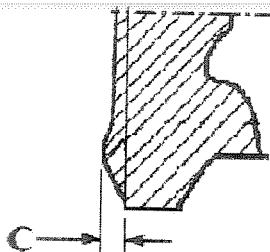
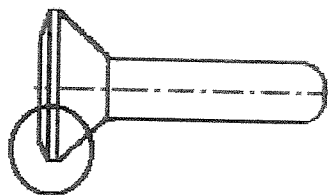


Figura B.9 – Altura do ressalto da cabeça do rebite MS14219E5-6.

Tabela B.3 – Valores obtidos na medição da altura do ressalto da cabeça C (mm).

MEDIDAS DA ALTURA DO RESSALTO C							
N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR
1	0,210	21	0,220	41	0,233	61	0,228
2	0,206	22	0,230	42	0,228	62	0,213
3	0,226	23	0,216	43	0,229	63	0,229
4	0,205	24	0,229	44	0,226	64	0,219
5	0,228	25	0,219	45	0,234	65	0,227
6	0,229	26	0,241	46	0,224	66	0,228
7	0,230	27	0,227	47	0,227	67	0,230
8	0,213	28	0,222	48	0,223	68	0,225
9	0,231	29	0,216	49	0,231	69	0,220
10	0,238	30	0,220	50	0,223	70	0,212
11	0,217	31	0,231	51	0,232	71	0,225
12	0,219	32	0,208	52	0,226	72	0,231
13	0,228	33	0,228	53	0,205	73	0,238
14	0,230	34	0,230	54	0,220	74	0,222
15	0,226	35	0,218	55	0,223	75	0,233
16	0,238	36	0,225	56	0,227	76	0,225
17	0,233	37	0,212	57	0,229	77	0,225
18	0,213	38	0,219	58	0,240	78	0,211
19	0,220	39	0,215	59	0,213	79	0,210
20	0,216	40	0,236	60	0,222	80	0,218

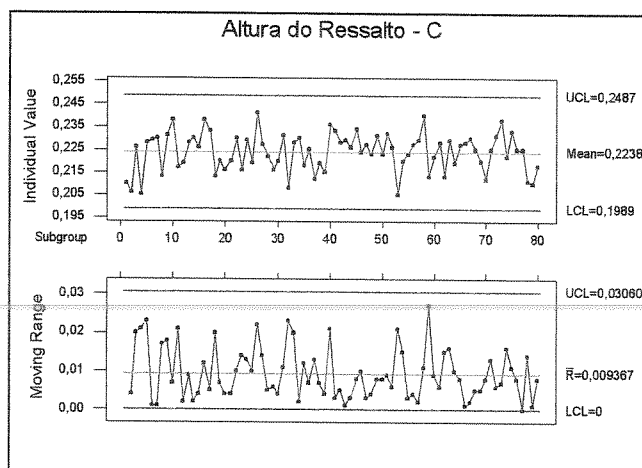


Figura B.10– Carta de tendência das medidas da altura do ressalto C.

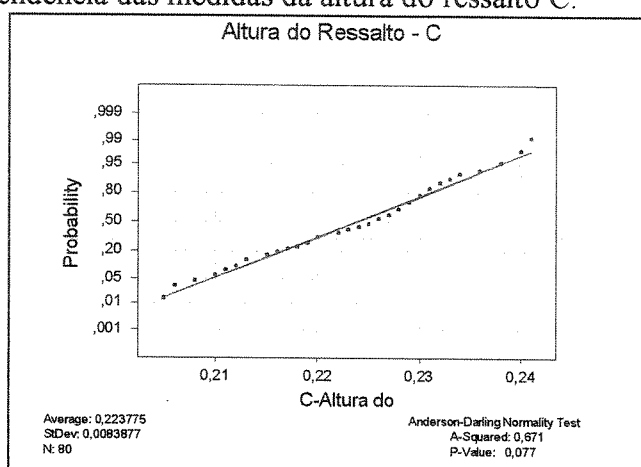


Figura B.11 – Teste de normalidade das medidas da altura do ressalto C.

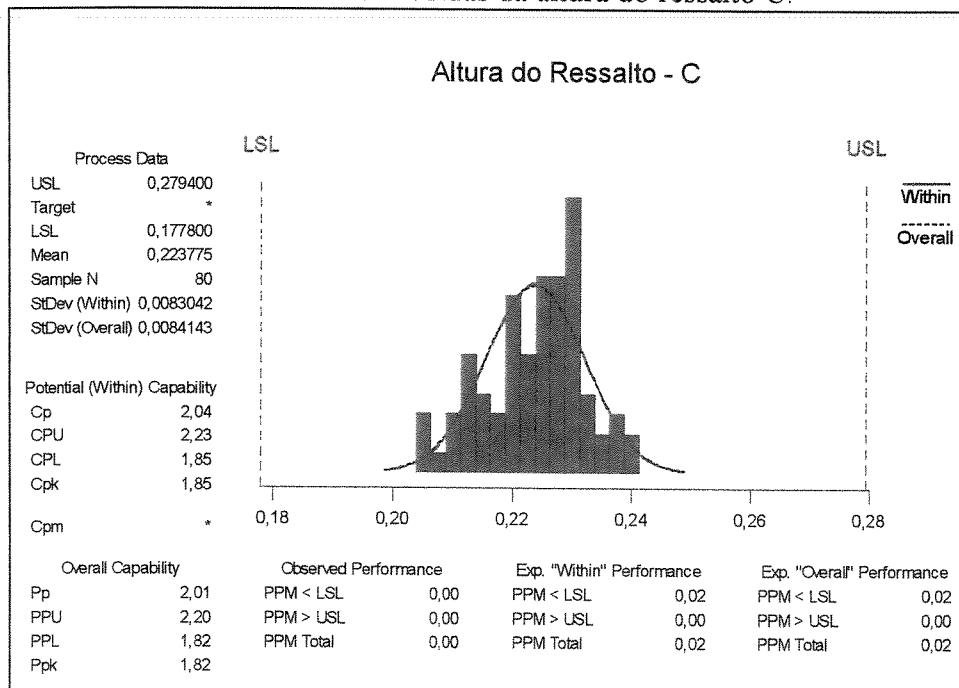


Figura B.12 – Análise de capacidade da medida da altura do ressalto C.

Medidas e análise dos valores da dimensão E.

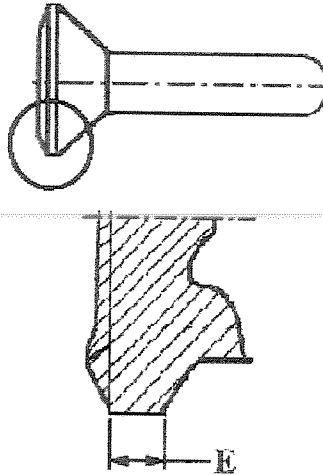


Figura B.13 – Dimensão E do rebite MS14219E5-6.

Tabela B.4 – Valores obtidos na medição da dimensão E (mm).

MEDIDAS DA DIMENSÃO E							
N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR
1	0,619	21	0,622	41	0,600	61	0,580
2	0,610	22	0,604	42	0,600	62	0,616
3	0,614	23	0,615	43	0,602	63	0,626
4	0,624	24	0,616	44	0,614	64	0,619
5	0,583	25	0,618	45	0,623	65	0,622
6	0,586	26	0,580	46	0,609	66	0,625
7	0,613	27	0,615	47	0,612	67	0,604
8	0,613	28	0,608	48	0,620	68	0,601
9	0,597	29	0,610	49	0,585	69	0,617
10	0,619	30	0,595	50	0,607	70	0,620
11	0,617	31	0,618	51	0,576	71	0,609
12	0,629	32	0,615	52	0,611	72	0,613
13	0,614	33	0,630	53	0,630	73	0,584
14	0,615	34	0,611	54	0,586	74	0,622
15	0,620	35	0,601	55	0,605	75	0,624
16	0,625	36	0,615	56	0,611	76	0,625
17	0,617	37	0,628	57	0,610	77	0,614
18	0,606	38	0,643	58	0,575	78	0,629
19	0,610	39	0,620	59	0,640	79	0,632
20	0,619	40	0,593	60	0,628	80	0,610

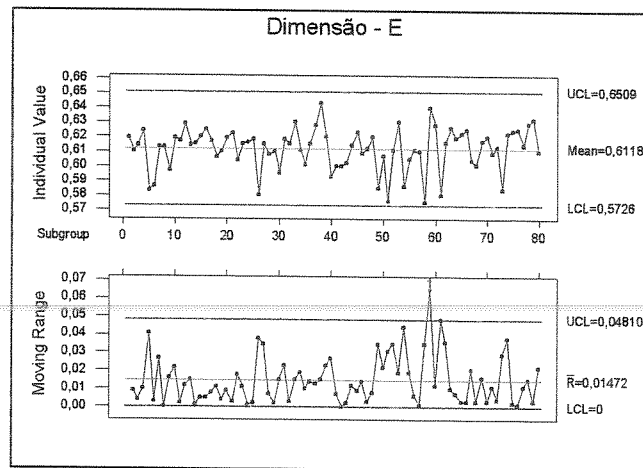


Figura B.14 – Carta de tendência das medidas da altura do ressaltó E.

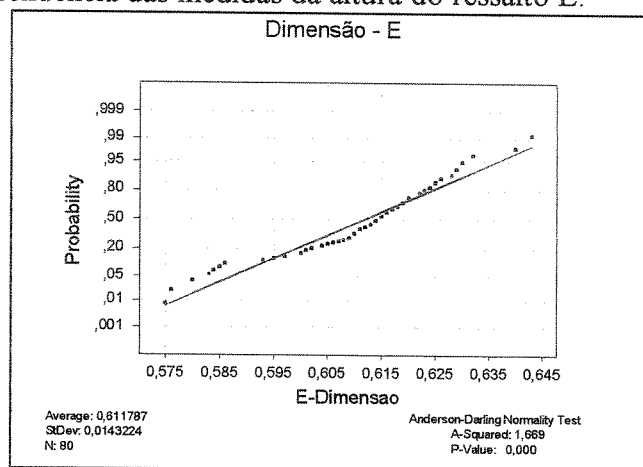


Figura B.15 – Teste de normalidade das medidas da dimensão E.

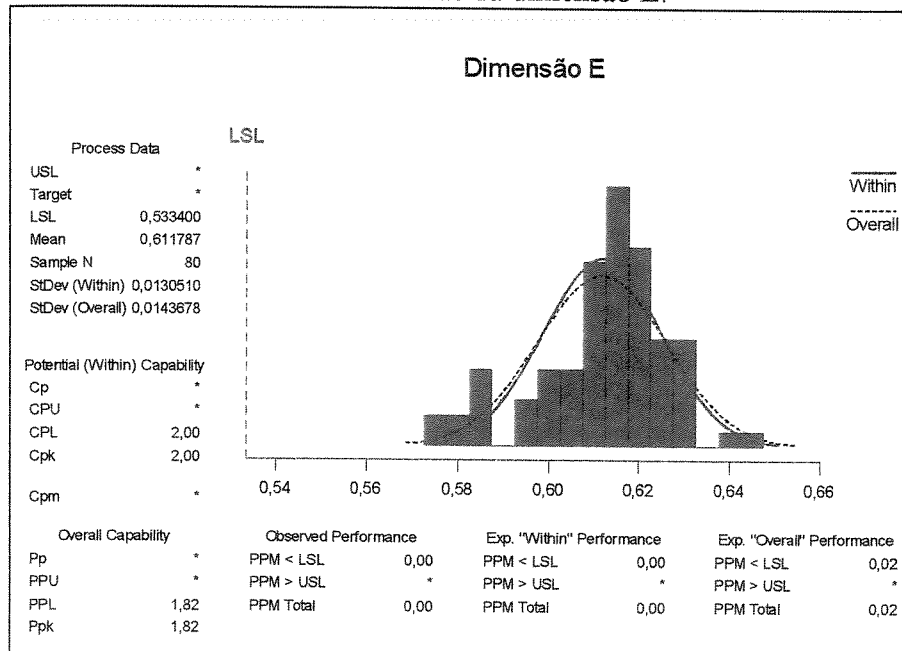


Figura B.16 – Análise de capacidade da medida da dimensão E.

Medidas e análise dos valores do ângulo do escareado.

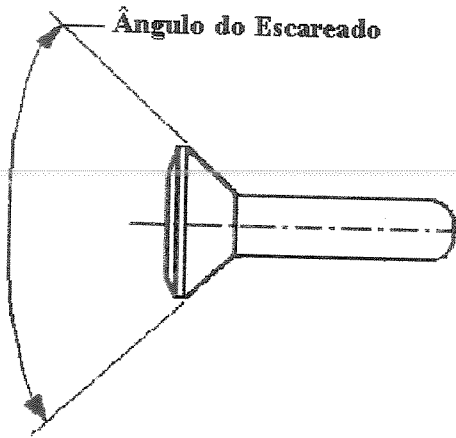


Figura B.17 – Ângulo do escareado do rebite MS14219E5-6.

Tabela B.5 – Valores obtidos na medição do ângulo do escareado (° decimal).

MEDIDAS DO ÂNGULO DO ESCAREADO							
N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR
1	120,27	21	120,00	41	120,00	61	119,42
2	120,42	22	120,00	42	120,33	62	120,00
3	118,43	23	120,00	43	120,00	63	120,58
4	120,13	24	120,63	44	119,62	64	120,25
5	120,20	25	119,75	45	120,42	65	120,78
6	120,00	26	120,00	46	119,72	66	120,52
7	120,33	27	120,83	47	120,63	67	120,57
8	120,85	28	120,60	48	120,20	68	120,00
9	121,32	29	120,67	49	120,25	69	120,65
10	120,62	30	120,63	50	120,75	70	119,25
11	120,00	31	120,38	51	120,00	71	119,50
12	120,82	32	120,37	52	121,37	72	120,12
13	120,75	33	120,30	53	120,75	73	120,00
14	120,50	34	120,42	54	120,50	74	120,22
15	120,33	35	119,83	55	120,20	75	120,67
16	120,73	36	120,63	56	120,00	76	120,72
17	120,63	37	120,75	57	120,17	77	120,83
18	120,95	38	120,00	58	119,92	78	120,25
19	120,25	39	120,50	59	120,52	79	120,58
20	120,20	40	120,88	60	120,13	80	120,53

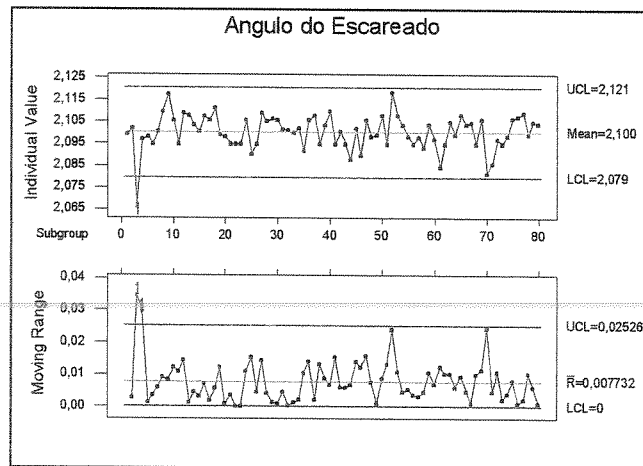


Figura B.18 – Carta de tendência das medidas do ângulo do escareado (rad).

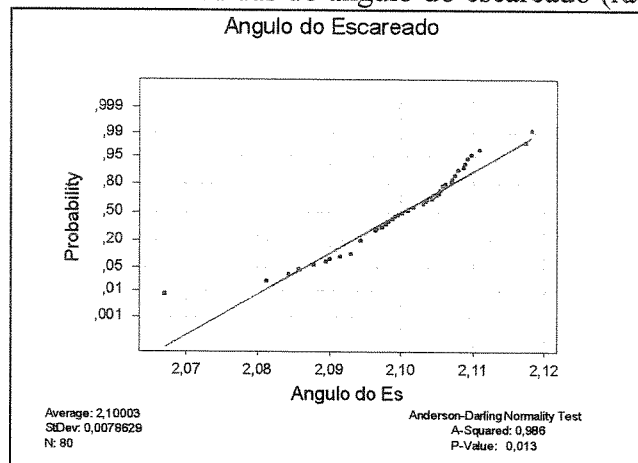


Figura B.19 – Teste de normalidade das medidas do ângulo do escareado (rad).

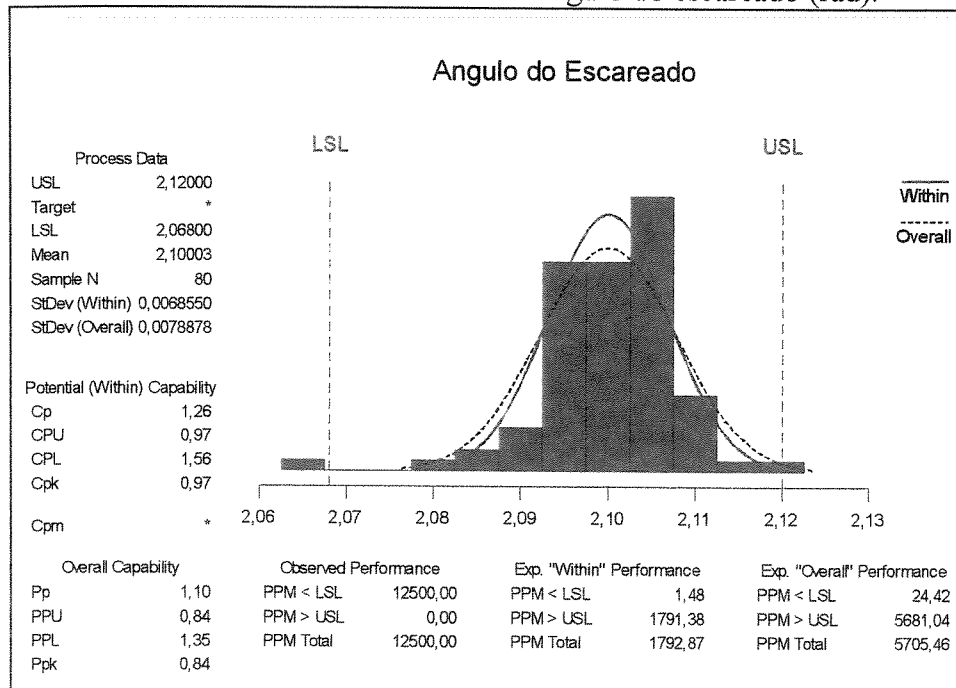


Figura B.20 – Análise de capacidade da medida do ângulo do escareado (rad).

Medidas e análise dos valores do Raio G.

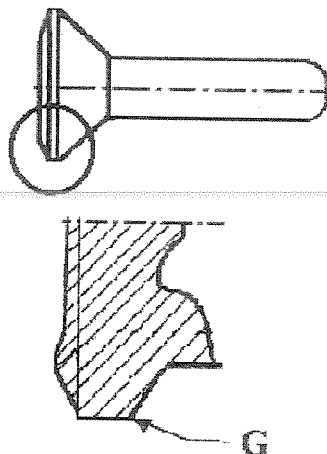


Figura B.21 – Raio G do rebite MS14219E5-6.

Tabela B.6 – Valores obtidos na medição do raio G (mm).

MEDIDAS DO RAIOS G							
N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR
1	0,14	21	0,12	41	0,12	61	0,14
2	0,10	22	0,14	42	0,14	62	0,14
3	0,08	23	0,14	43	0,12	63	0,12
4	0,14	24	0,12	44	0,14	64	0,10
5	0,12	25	0,14	45	0,14	65	0,12
6	0,14	26	0,12	46	0,12	66	0,12
7	0,14	27	0,14	47	0,12	67	0,14
8	0,12	28	0,12	48	0,14	68	0,14
9	0,12	29	0,14	49	0,14	69	0,14
10	0,10	30	0,14	50	0,12	70	0,14
11	0,12	31	0,14	51	0,12	71	0,14
12	0,12	32	0,12	52	0,12	72	0,14
13	0,12	33	0,10	53	0,14	73	0,12
14	0,10	34	0,14	54	0,14	74	0,14
15	0,12	35	0,14	55	0,14	75	0,12
16	0,12	36	0,12	56	0,14	76	0,12
17	0,10	37	0,14	57	0,14	77	0,14
18	0,12	38	0,12	58	0,12	78	0,12
19	0,14	39	0,12	59	0,14	79	0,14
20	0,14	40	0,12	60	0,12	80	0,12

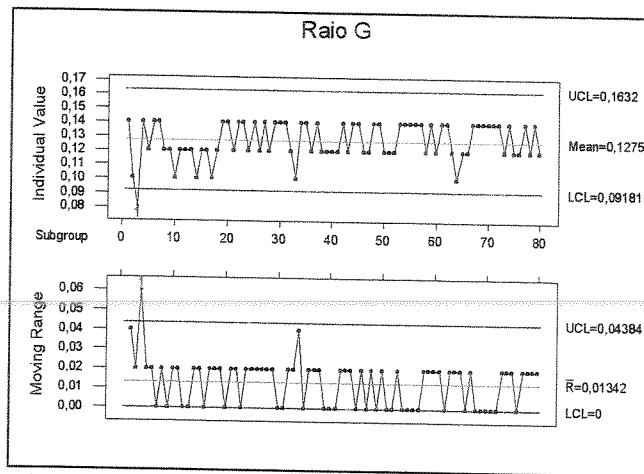


Figura B.22 – Carta de tendência das medidas do raio G.

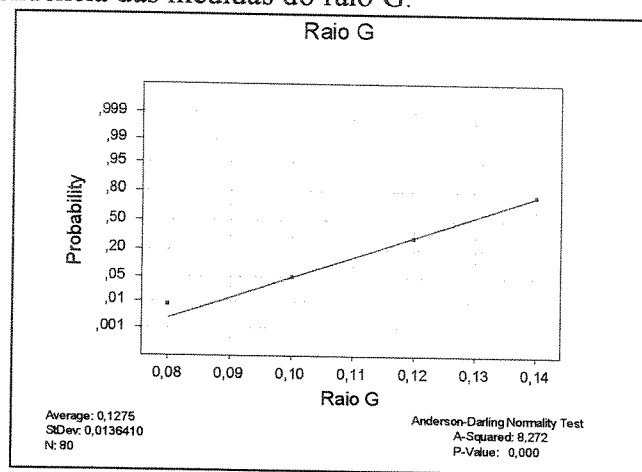


Figura B.23 – Teste de normalidade das medidas do raio G.

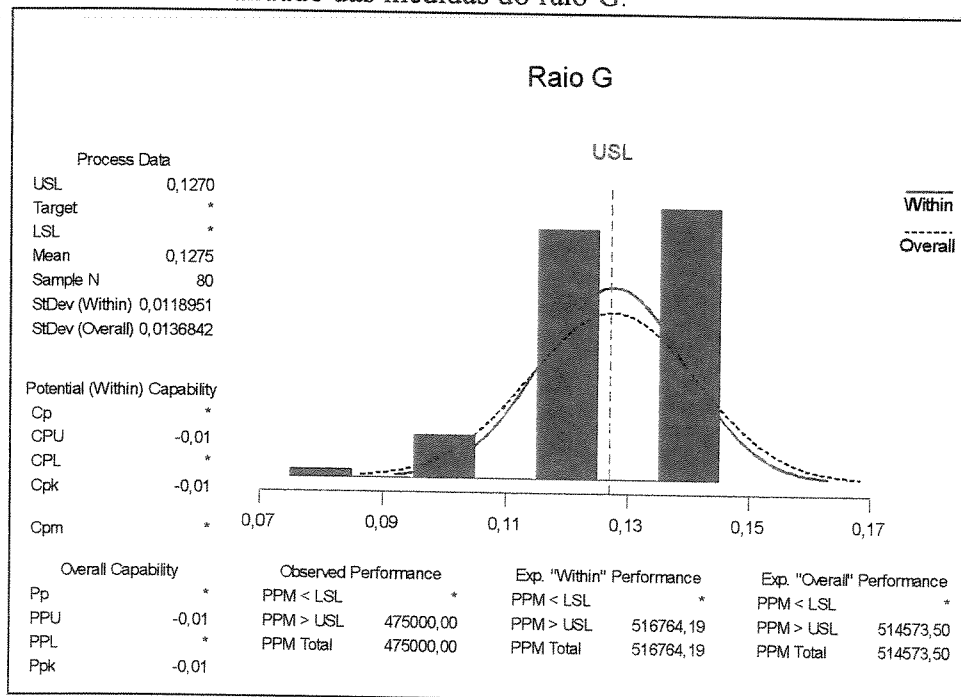


Figura B.24– Análise de capacidade da medida do raio G.

Medidas e análise dos valores do Raio R.

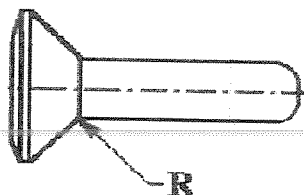


Figura B.25 – Raio R do rebite MS14219E5-6.

Tabela B.7 – Valores obtidos na medição do raio R (mm).

MEDIDAS DO RAIOS R							
N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR
1	0,66	21	0,62	41	0,60	61	0,62
2	0,66	22	0,62	42	0,60	62	0,62
3	0,64	23	0,64	43	0,60	63	0,62
4	0,60	24	0,62	44	0,62	64	0,60
5	0,58	25	0,64	45	0,60	65	0,60
6	0,58	26	0,60	46	0,62	66	0,62
7	0,60	27	0,62	47	0,62	67	0,62
8	0,58	28	0,64	48	0,62	68	0,60
9	0,58	29	0,62	49	0,64	69	0,60
10	0,60	30	0,60	50	0,62	70	0,62
11	0,60	31	0,64	51	0,58	71	0,62
12	0,60	32	0,64	52	0,60	72	0,64
13	0,60	33	0,62	53	0,60	73	0,62
14	0,60	34	0,62	54	0,62	74	0,62
15	0,62	35	0,64	55	0,60	75	0,62
16	0,62	36	0,64	56	0,64	76	0,60
17	0,60	37	0,64	57	0,62	77	0,60
18	0,62	38	0,62	58	0,62	78	0,62
19	0,62	39	0,60	59	0,60	79	0,62
20	0,62	40	0,60	60	0,62	80	0,60

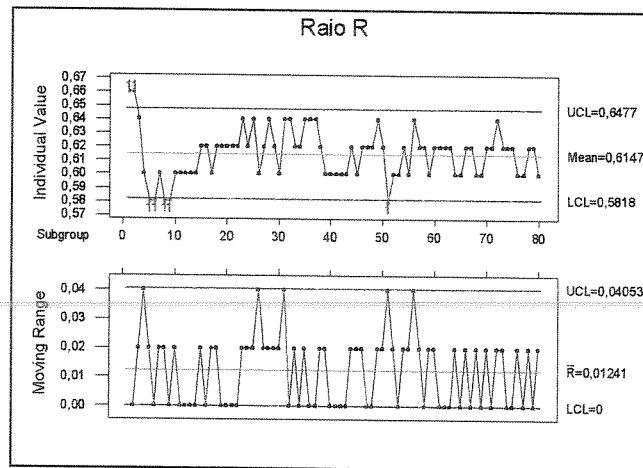


Figura B.26 – Carta de tendência das medidas do raio R.

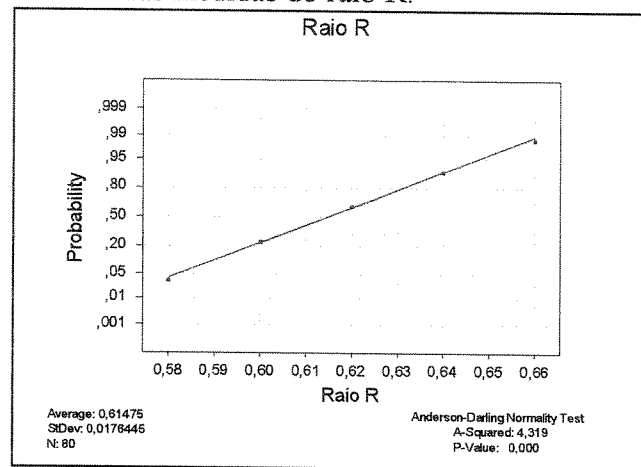


Figura B.27 – Teste de normalidade das medidas do raio R.

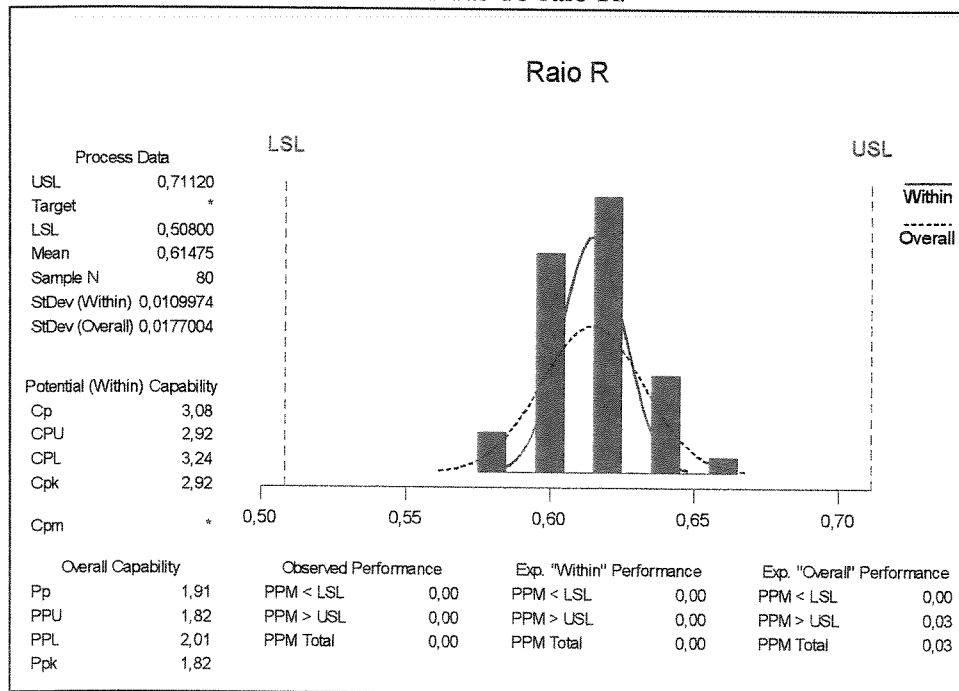


Figura B.28 – Análise de capacidade da medida do raio R.

APÊNDICE C

Medidas dos Rebites MS14218AD5-5 do Fornecedor B.

Medidas e análise dos valores do diâmetro da cabeça A.

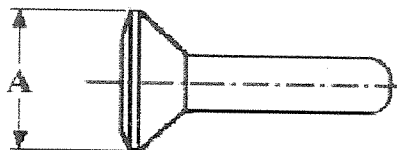


Figura C.1 – Altura do diâmetro da cabeça A do rebite MS14218AD5-5.

Tabela C.1 – Valores obtidos na medição do diâmetro da cabeça A (mm).

MEDIDAS DO DIÂMETRO DA CABEÇA - A							
N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR
1	5,330	21	5,322	41	5,332	61	5,339
2	5,339	22	5,335	42	5,334	62	5,338
3	5,335	23	5,334	43	5,333	63	5,335
4	5,329	24	5,339	44	5,337	64	5,331
5	5,332	25	5,332	45	5,333	65	5,335
6	5,334	26	5,333	46	5,334	66	5,336
7	5,329	27	5,330	47	5,340	67	5,336
8	5,332	28	5,334	48	5,333	68	5,332
9	5,328	29	5,346	49	5,328	69	5,339
10	5,347	30	5,334	50	5,333	70	5,331
11	5,336	31	5,337	51	5,333	71	5,335
12	5,337	32	5,334	52	5,334	72	5,326
13	5,339	33	5,334	53	5,335	73	5,330
14	5,331	34	5,335	54	5,330	74	5,332
15	5,333	35	5,332	55	5,337	75	5,330
16	5,336	36	5,335	56	5,331	76	5,325
17	5,333	37	5,330	57	5,332	77	5,325
18	5,330	38	5,334	58	5,325	78	5,325
19	5,327	39	5,333	59	5,336	79	5,324
20	5,330	40	5,335	60	5,332	80	5,331

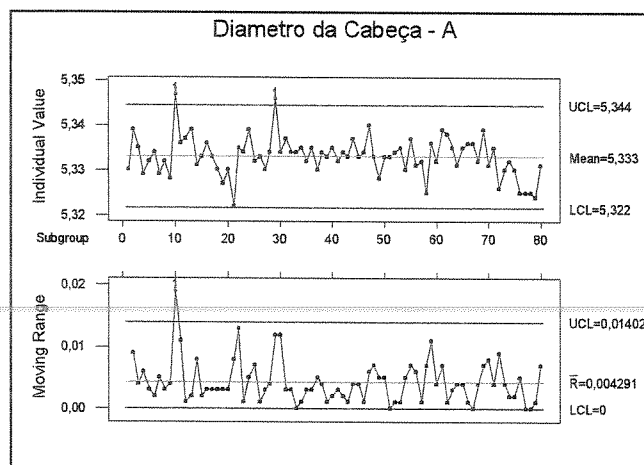


Figura C.2 – Carta de tendência das medidas do diâmetro da cabeça A.

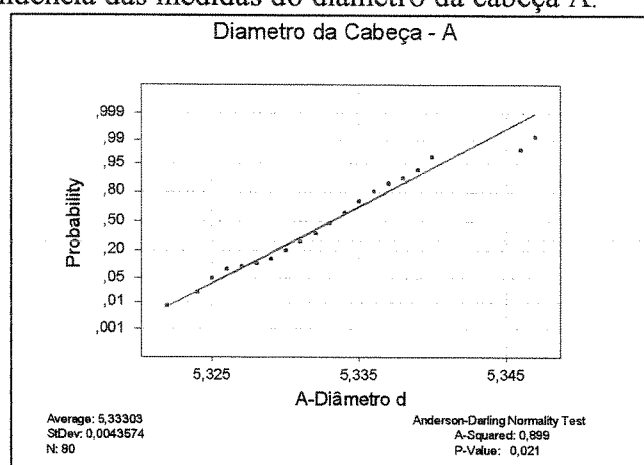


Figura C.3 – Teste de normalidade das medidas do diâmetro da cabeça A.

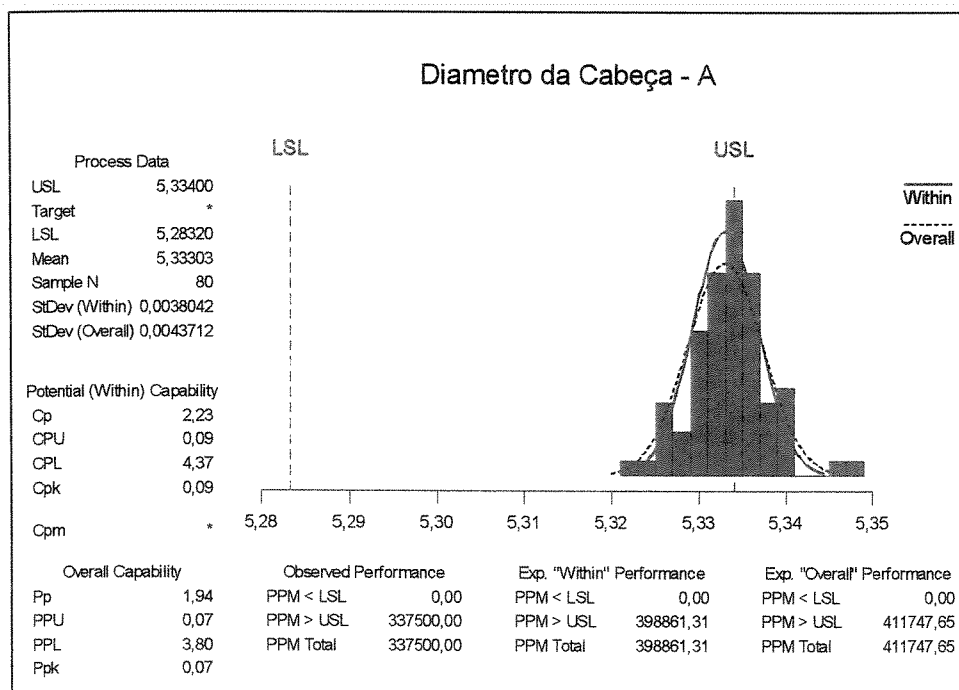


Figura C.4 – Análise de capacidade da medida do diâmetro da cabeça A.

Medidas e análise dos valores da altura da cabeça B.

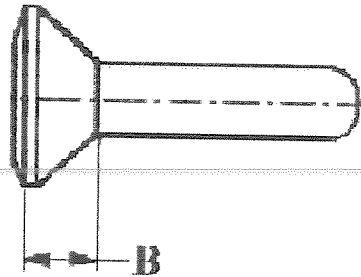


Figura C.5 – Altura da cabeça do rebite MS14218AD5-5.

Tabela C.2 – Valores obtidos na medição da altura da cabeça B (mm).

MEDIDAS DA ALTURA DA CABEÇA B							
N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR
1	0,866	21	0,877	41	0,879	61	0,913
2	0,912	22	0,851	42	0,882	62	0,879
3	0,897	23	0,867	43	0,902	63	0,902
4	0,907	24	0,911	44	0,861	64	0,865
5	0,875	25	0,915	45	0,848	65	0,838
6	0,919	26	0,850	46	0,914	66	0,843
7	0,912	27	0,890	47	0,927	67	0,841
8	0,889	28	0,904	48	0,914	68	0,922
9	0,904	29	0,845	49	0,922	69	0,851
10	0,898	30	0,850	50	0,901	70	0,916
11	0,849	31	0,851	51	0,853	71	0,875
12	0,916	32	0,867	52	0,924	72	0,911
13	0,851	33	0,896	53	0,867	73	0,921
14	0,882	34	0,905	54	0,901	74	0,913
15	0,857	35	0,900	55	0,858	75	0,899
16	0,924	36	0,886	56	0,842	76	0,894
17	0,919	37	0,857	57	0,917	77	0,935
18	0,845	38	0,848	58	0,906	78	0,914
19	0,853	39	0,858	59	0,845	79	0,847
20	0,851	40	0,888	60	0,908	80	0,882

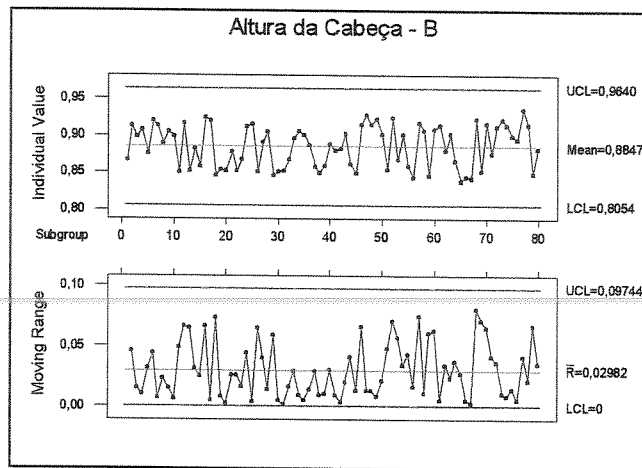


Figura C.6 – Carta de tendência das medidas da altura da cabeça B.

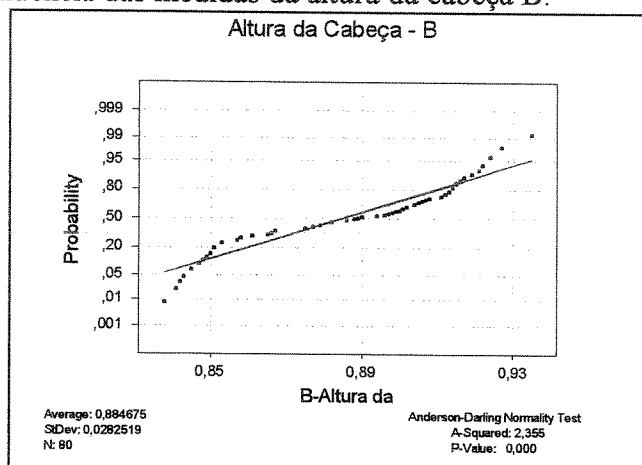


Figura C.7 – Teste de normalidade das medidas da altura da cabeça B.

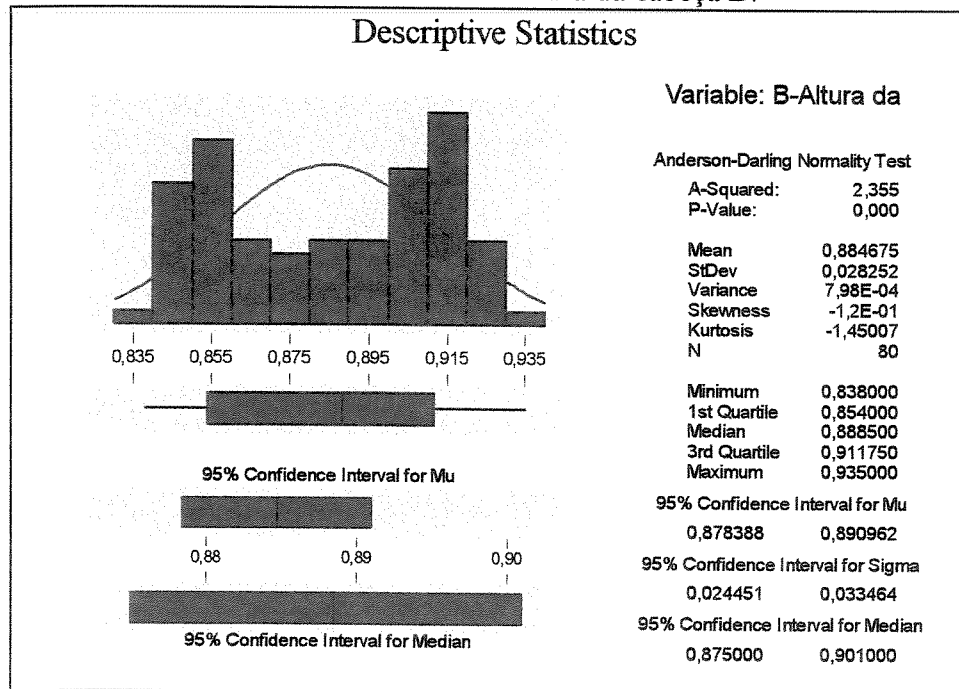


Figura C.8 – Análise de capacidade da medida da altura da cabeça B.

Medidas e análise dos valores da altura do ressalto C.

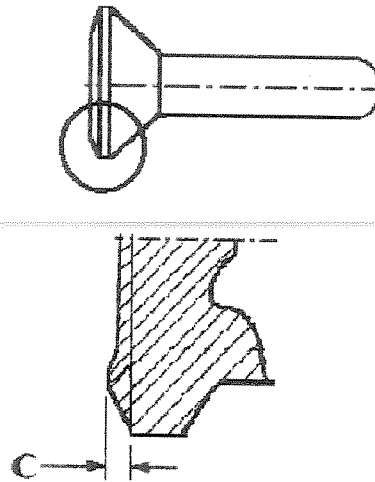


Figura C.9 – Altura do ressalto da cabeça do rebite MS14218AD5-5.

Tabela C.3 – Valores obtidos na medição da altura do ressalto C (mm).

MEDIDAS DA ALTURA DO RESSALTO C							
N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR
1	0,245	21	0,230	41	0,211	61	0,216
2	0,186	22	0,260	42	0,267	62	0,232
3	0,233	23	0,249	43	0,217	63	0,226
4	0,208	24	0,214	44	0,248	64	0,231
5	0,235	25	0,190	45	0,254	65	0,272
6	0,195	26	0,252	46	0,255	66	0,260
7	0,201	27	0,220	47	0,223	67	0,247
8	0,209	28	0,223	48	0,214	68	0,198
9	0,215	29	0,267	49	0,204	69	0,254
10	0,241	30	0,264	50	0,231	70	0,206
11	0,243	31	0,264	51	0,255	71	0,257
12	0,212	32	0,247	52	0,199	72	0,220
13	0,268	33	0,228	53	0,260	73	0,205
14	0,250	34	0,206	54	0,208	74	0,206
15	0,263	35	0,230	55	0,240	75	0,212
16	0,205	36	0,201	56	0,272	76	0,217
17	0,212	37	0,262	57	0,286	77	0,192
18	0,259	38	0,220	58	0,250	78	0,212
19	0,252	39	0,248	59	0,221	79	0,268
20	0,235	40	0,243	60	0,201	80	0,255

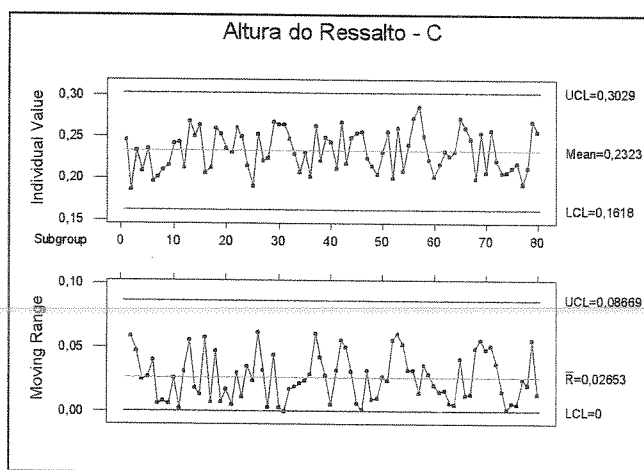


Figura C.10 – Carta de tendência das medidas da altura do ressalto C.

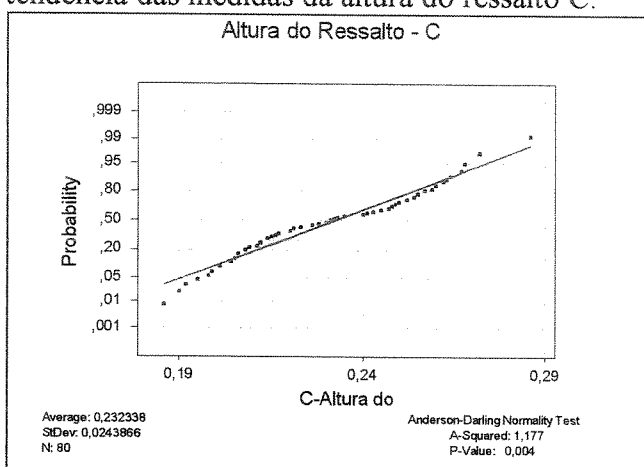


Figura C.11 – Teste de normalidade das medidas da altura do ressalto C.

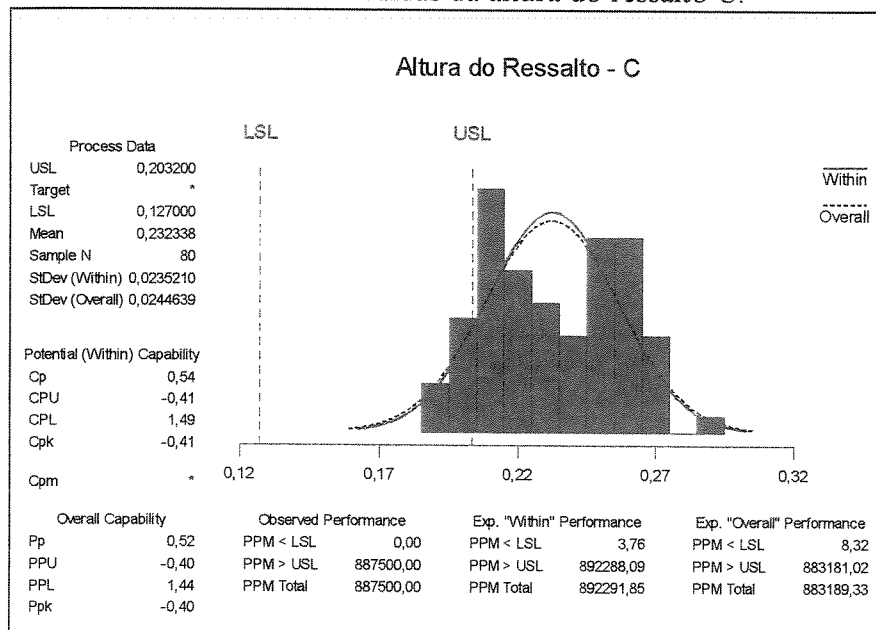


Figura C.12 – Análise de capacidade da medida da altura do ressalto C.

Medidas e análise dos valores do ângulo do escareado.

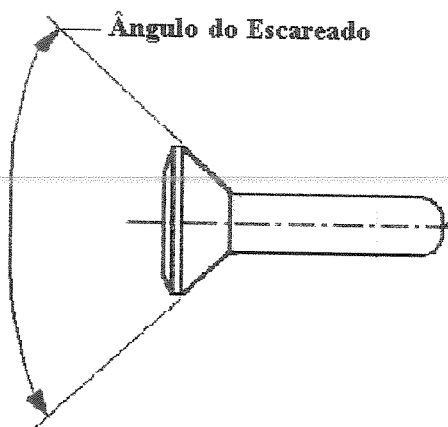


Figura C.13 – Ângulo do escareado do rebite MS14218AD5-5.

Tabela C.4 – Valores obtidos na medição do ângulo do escareado (° decimal).

MEDIDAS DO ÂNGULO DO ESCAREADO							
N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR	N	VALOR
1	121,67	21	121,58	41	120,42	61	120,83
2	120,83	22	120,75	42	120,75	62	121,50
3	121,08	23	121,08	43	121,75	63	121,17
4	121,50	24	121,17	44	120,67	64	120,50
5	120,83	25	121,25	45	121,17	65	120,75
6	121,75	26	121,17	46	120,67	66	120,75
7	121,42	27	121,00	47	121,08	67	120,50
8	121,58	28	121,58	48	120,67	68	120,58
9	121,08	29	120,42	49	120,67	69	121,33
10	121,50	30	121,33	50	121,00	70	120,83
11	121,25	31	121,33	51	121,42	71	120,50
12	121,50	32	121,25	52	121,00	72	120,67
13	121,17	33	120,83	53	120,83	73	120,67
14	121,00	34	120,75	54	120,50	74	120,50
15	121,25	35	121,08	55	121,00	75	120,75
16	121,17	36	120,83	56	120,83	76	121,00
17	121,25	37	121,50	57	121,17	77	120,50
18	120,17	38	121,75	58	120,75	78	120,92
19	121,33	39	120,75	59	121,25	79	121,25
20	120,83	40	121,00	60	120,75	80	120,50

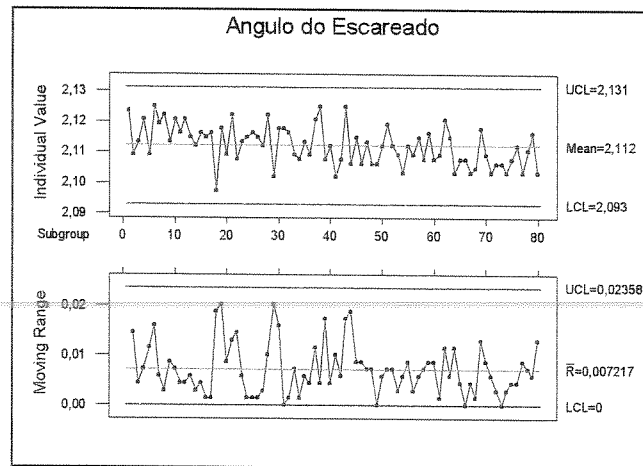


Figura C.14 – Carta de tendência das medidas do ângulo do escareado (rad).

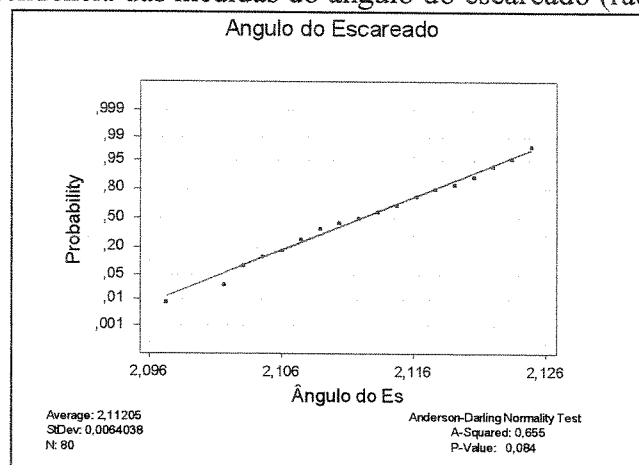


Figura C.15 – Teste de normalidade das medidas do ângulo do escareado (rad).

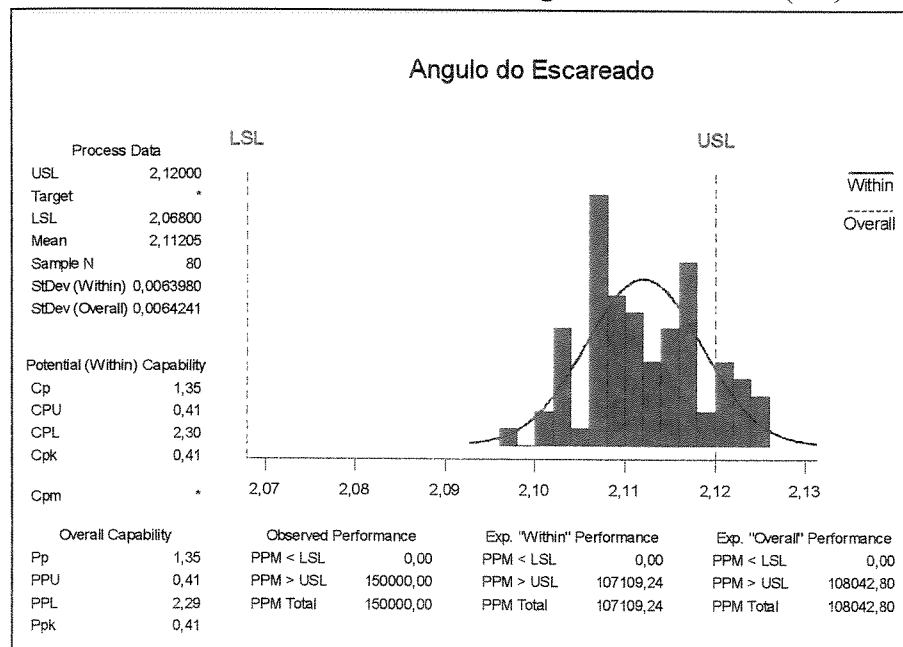


Figura C.16 – Análise de capacidade da medida do ângulo do escareado (rad).

APENDICE D



Aerospace
Industries
Association

NATIONAL AEROSPACE STANDARD

©COPYRIGHT 1998 AEROSPACE INDUSTRIES ASSOCIATION OF AMERICA, INC. ALL RIGHTS RESERVED

FED SUP CLASS
5320

1. APPLICATION

1.1 THESE RIVETS ARE INTENDED FOR USE IN RIVETED STRUCTURES WHERE FLUSHNESS, FATIGUE LIFE, STATIC JOINT STRENGTH AND CORROSION RESISTANCE ARE OF PRIMARY DESIGN IMPORTANCE.

1.2 RIVETS SHALL BE USED IN ACCORDANCE WITH MIL-STD-1515, REQUIREMENT 208.

1.2 MILITARY INSTALLATION MANUAL: MIL-HDBK-271-102

3. MATERIALS

3.1 ALUMINUM ALLOYS PER QQ-A-430

MATERIAL LETTER CODE

3.1.1 2017-T4

D

3.1.2 2117-T4

AD

3.1.3 5056-H32

B

3.1.4 7050-T73

E

3.1.5 TITANIUM COLUMBIUM, 45cd PER AMS 4982.

T

3.2 COATINGS, ALUMINUM ALLOYS.

3.2.1 ANODIZED PER MIL-A-8625, TYPE II, CLASS I, DICHROMATE SEAL AT 208° TO 212°F.

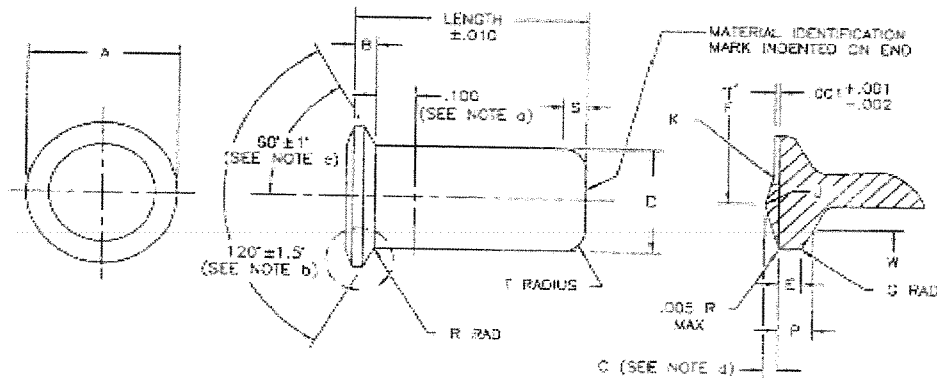
-

3.2.2 CHEMICAL SURFACE TREATMENT PER MIL-C-8541, CLASS 1A.

C

4. HEAT TREATMENT: IN ACCORDANCE WITH MIL-H-6088 FOR ALUMINUM ALLOYS. IN ACCORDANCE WITH AMS 4982 FOR TITANIUM COLUMBIUM ALLOYS.

5. ILLUSTRATION



- (a) .001 SHANK DIAMETER INCREASE PERMISSIBLE WITHIN .100-INCH OF HEAD
- (b) THE 120° CONICAL SURFACE OF THE HEAD SHALL BE ANGULAR WITHIN .002 AND CONCENTRIC WITH THE SHANK OF THE RIVET WITHIN .003 TOTAL INDICATOR READING.
- (c) HEAD COCKING ANGLE RELATIVE TO AXIS OF RIVET 1° MAXIMUM.
- (d) THE RIVET CROWN (C DIMENSION) SHALL JOIN THE RIVET HEAD FLAT SURFACE SMOOTHLY WITHOUT ABRUPT SHOULDERS.

LIST OF CURRENT SHEETS

NO	REV
1	NEW
2	NEW
3	NEW

THE INITIAL RELEASE OF THIS DOCUMENT SUPERSEDES MS14218, REVISION C. PART NUMBERS REMAIN MS14218.

CUSTODIAN NATIONAL AEROSPACE STANDARDS COMMITTEE

THIRD
ANGLE
PROJECTION

PROCUREMENT
SPECIFICATION

MIL-R-5674

TITLE

RIVET, SOLID, 120° FLUSH INTERFERENCE SHEAR HEAD

CLASSIFICATION
PART STANDARD

NAS14218

SHEET 1 OF 3

USE OF OR RELIANCE UPON THIS DOCUMENT OR ANY NATIONAL AEROSPACE STANDARD IS ENTIRELY VOLUNTARY. AIA DOES NOT QUALIFY SUPPLIERS OR CERTIFY CONFORMANCE OF ITEMS PROCURED UNDER NATIONAL AEROSPACE STANDARDS. AIA MAKES NO REPRESENTATION OR CLAIM RESPECTING (1) THE SUITABILITY OF ITEMS FOR ANY PARTICULAR APPLICATION, OR (2) THE EXISTENCE OF OR APPLICABILITY THERETO OF PATENT OR TRADEMARK RIGHTS.

STD-AIA/NAS NAS14218-ENGL 1998 0318743 0505807 468

AEROSPACE INDUSTRIES ASSOCIATION OF AMERICA, INC.
1250 EYE STREET, N.W.
WASHINGTON, D.C. 20005

THIS DRAWING SUPERSEDES ALL PREVIOUS STANDARD DRAWINGS FOR THE SAME PRODUCT AND SHALL BECOME EFFECTIVE NO LATER THAN SIX MONTHS FROM THE LAST DATE OF APPROVAL SIGNATURE HEREON.

APPROVAL DATE AUG 1998 REVISION

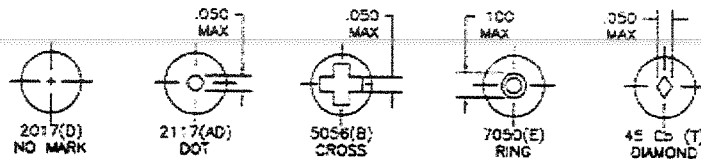


Aerospace
Industries
Association

NATIONAL AEROSPACE STANDARD

© COPYRIGHT 1998 AEROSPACE INDUSTRIES ASSOCIATION OF AMERICA, INC. ALL RIGHTS RESERVED

5.1 MATERIAL IDENTIFICATION SYMBOLS. SYMBOLS INDENTED .030 MAXIMUM DEPTH.



6. TABLE I. RIVET DIMENSIONS

DIA DASH NO.	NOM DIA	A +.000 -.002	B (REF)	C .004 .008	D +.002 -.001	E MIN	F ±.010	G RAD MAX	J RAD ±.010	K RAD MIN	P		R RAD ±.004	S ±.010	T RAD ±.010	W GAGE DIM	
											MAX	MIN				MAX	MIN
-3	3/32	.121	.022	.004 .008	.094	.012	.094	.005	.016	.031	.0188	.0157	.008	.023	.029	.1102	.1100
-4	1/8	.162	.027	.004 .008	.125	.014	.125	.005	.016	.047	.0223	.0202	.011	.031	.039	.1462	.1450
-5	5/32	.210	.035	.005 .009	.156	.017	.156	.005	.020	.060	.0270	.0248	.014	.039	.049	.1892	.1890
-6	3/16	.258	.044	.005 .009	.187	.021	.188	.006	.025	.078	.0289	.0266	.018	.047	.059	.2422	.2420
-7	7/32	.312	.053	.006 .010	.222	.024	.219	.007	.025	.094	.0411	.0387	.022	.054	.069	.2671	.2669
-8	1/4	.358	.061	.006 .011	.250	.027	.250	.009	.031	.125	.0470	.0444	.026	.062	.078	.3038	.3036
-9	9/32	.405	.069	.007 .012	.283	.030	.281	.010	.040	.125	.0559	.0531	.029	.068	.090	.3315	.3313
-10	5/16	.454	.077	.007 .012	.310	.033	.313	.010	.040	.125	.0465	.0435	.031	.078	.098	.4245	.4243

7. TABLE II. RIVET MECHANICAL PROPERTIES

ALLOY AND TEMPER	TENSILE STRENGTH psi MIN	YIELD STRENGTH psi MIN	ELONGATION IN 2 INCHES OR 4D % MIN	UNDRIVEN SHEAR STRENGTH psi	
				MIN	MIN
5056-H32	44,000	18,000	18	24,000	-----
2117-T4	38,000	16,000	18	26,000	-----
2017-T4	55,000	32,000	12	33,000	39,000
7050-T73	68,000	58,000	10	41,000	46,000
45 Cb	65,000	60,000	15	50,000	56,000

8. TABLE III. LENGTH NUMBERS

LENGTH (a)	DIAMETER DASH NUMBERS							
	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10
.125	2	1	1	1	1	1	1	1
.156	2R	1	1	1	1	1	1	1
.188	3	1	1	1	1	1	1	1
.219	3R	3R	3R	1	1	1	1	1
.250	4	4	4	4	1	1	1	1
.281	4R	4R	4R	4R	1	1	1	1
.312	5	5	5	5	5	5	1	1
.343	5R	5R	5R	5R	5R	5R	1	1
.375	6	6	6	6	6	6	6	1
.405	6R	6R	6R	6R	6R	6R	6R	1
.438	7	7	7	7	7	7	7	7
.470	7R	7R	7R	7R	7R	7R	7R	7R
.500	8	8	8	8	8	8	8	8
.531	8R	8R	8R	8R	8R	8R	8R	8R

NASM14218

SHEET 2

AEROSPACE INDUSTRIES ASSOCIATION OF AMERICA, INC.
1290 CYE STREET, N.W.
WASHINGTON, D.C. 20005

THIS DRAWING SUPERSEDES ALL ANTECEDENT STANDARD DRAWINGS FOR THE SAME PRODUCT
AND SHALL BECOME EFFECTIVE NO LATER THAN SIX MONTHS FROM THE LAST DATE OF
APPROVAL SHOWN HEREON.

APPROVAL DATE AUG 1998 REVISION

USE OF OR RELIANCE UPON THIS DOCUMENT OR ANY NATIONAL AEROSPACE STANDARD IS ENTIRELY VOLUNTARY. AIA DOES NOT QUALIFY SUPPLIERS OR
CERTIFY CONFORMANCE OF ITEMS PROCURED UNDER NATIONAL AEROSPACE STANDARDS. AIA MAKES NO REPRESENTATION OR CLAIM RESPECTING (1) THE
SUITABILITY OF ITEMS FOR ANY PARTICULAR APPLICATION, OR (2) THE EXISTENCE OF OR APPLICABILITY HERETO OF PATENT OR TRADEMARK RIGHTS.



Aerospace
Industries
Association

NATIONAL AEROSPACE STANDARD

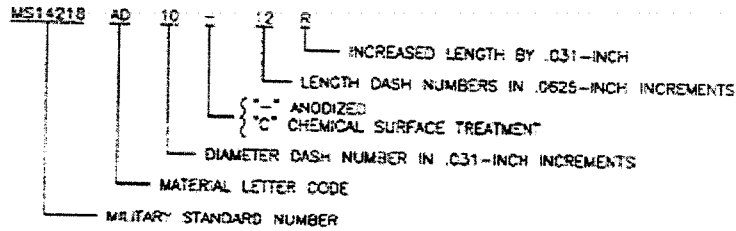
© COPYRIGHT 1998 AEROSPACE INDUSTRIES ASSOCIATION OF AMERICA, INC. ALL RIGHTS RESERVED

AEROSPACE INDUSTRIES ASSOCIATION OF AMERICA, INC.
1250 EYE STREET, N.W.
WASHINGTON, D.C. 20005

LENGTH (a)	DIAMETER DASH NUMBERS							
	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10
.562	9	9	9	9	9	9	9	9
.593	9R	9R	9R	9R	9R	9R	9R	9R
.625	10	10	10	10	10	10	10	10
.687	11	11	11	11	11	11	11	11
.750	12	12	12	12	12	12	12	12
.812		13	13	13	13	13	13	13
.875		14	14	14	14	14	14	14
.937		15	15	15	15	15	15	15
1.000		16	16	16	16	16	16	16
1.062			17	17	17	17	17	17
1.125			18	18	18	18	18	18
1.187			19	19	19	19	19	19
1.250			20	20	20	20	20	20
1.312			21	21	21	21	21	21
1.375			22	22	22	22	22	22
1.437			23	23	23	23	23	23
1.500			24	24	24	24	24	24
1.562				25	25	25	25	25
1.625				26	26	26	26	26
1.687				27	27	27	27	27
1.750				28	28	28	28	28
1.812					29	29	29	29
1.875					30	30	30	30
2.000						31	31	31

- (a) RIVET BODY SHALL HAVE A RADIUS END EXCEPT THAT LENGTH IN SHADED AREA MAY HAVE A SQUARED END.
REVISED ALL LENGTHS TO 0.0625 INCREMENTS; R DESIGNATES .031 INCREASED LENGTHS

9. EXAMPLES OF PART NUMBER:



10. FOR DESIGN FEATURE PURPOSES, THIS STANDARD TAKES PRECEDENCE OVER PROCUREMENT DOCUMENTS REFERENCED HEREIN.
11. REFERENCED DOCUMENTS SHALL BE OF THE ISSUE IN EFFECT ON DATE OF INVITATION FOR BIDS OR REQUEST FOR PROPOSAL EXCEPT THAT REFERENCED ADOPTED INDUSTRY DOCUMENTS SHALL GIVE THE DATE OF THE ISSUE ADOPTED.

THIS DRAWING SUPERSEDES ALL ANTECEDENT STANDARD DRAWINGS FOR THE SAME PRODUCT AND SHALL BECOME EFFECTIVE NO LATER THAN SIX MONTHS FROM THE LAST DATE OF APPROVAL SHOWN HEREON.

NASM14218
SHEET 3

USE OF OR RELIANCE UPON THIS DOCUMENT OR ANY NATIONAL AEROSPACE STANDARD IS ENTIRELY VOLUNTARY. AIA DOES NOT QUALIFY SUPPLIERS OR CERTIFY CONFORMANCE OF ITEMS PROCURED UNDER NATIONAL AEROSPACE STANDARDS. AIA MAKES NO REPRESENTATION OR CLAIM RESPECTING (1) THE SUITABILITY OF ITEMS FOR ANY PARTICULAR APPLICATION, OR (2) THE EXISTENCE OF OR APPLICABILITY THERETO OF PATENT OR TRADEMARK RIGHTS.

APPROVAL DATE AUG 1998 REVISION

APENDICE E

STD-AIA/NAS NASM14219-ENGL 1999 0316743 0506355 5T3



Aerospace
Industries
Association

NATIONAL AEROSPACE STANDARD

© COPYRIGHT 1999 AEROSPACE INDUSTRIES ASSOCIATION OF AMERICA, INC. ALL RIGHTS RESERVED

FED SUP CLASS
5320

1. APPLICATION

1.1 THESE RIVETS ARE INTENDED FOR USE IN RIVETED STRUCTURES WHERE FLUSHNESS, FATIGUE LIFE, STATIC JOINT STRENGTH AND CORROSION RESISTANCE ARE OF PRIMARY DESIGN IMPORTANCE.

1.2 RIVETS SHALL BE USED IN ACCORDANCE WITH MIL-STD-1515, REQUIREMENT 206.

1.2 MILITARY INSTALLATION MANUAL: NONE

3. MATERIALS

3.1 ALUMINUM ALLOYS PER QQ-A-430

MATERIAL LETTER CODE

3.1.1 2017-T4

D

3.1.2 2117-T4

AD

3.1.3 5056-H32

B

3.1.4 7050-T73

E

3.1.5 TITANIUM COLUMBIUM, 45 cb PER AMS 4982.

T

3.2 COATINGS, ALUMINUM ALLOYS.

3.2.1 ANODIZED PER MIL-A-8825, TYPE II, CLASS 1, DICHROMATE

—

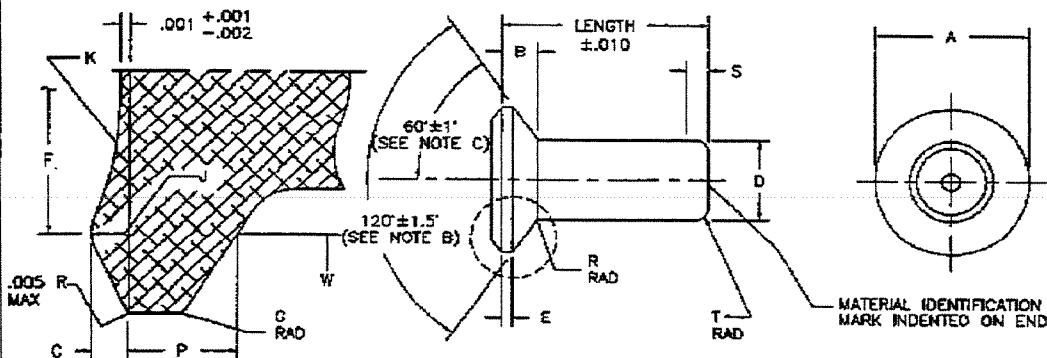
SEAL AT 203° TO 212°F.

3.2.2 CHEMICAL SURFACE TREATMENT PER MIL-C-5541, CLASS 1A.

C

4. HEAT TREATMENT: IN ACCORDANCE WITH MIL-H-6088 FOR ALUMINUM ALLOYS. IN ACCORDANCE WITH AMS 4962 FOR TITANIUM COLUMBIUM ALLOYS.

5. ILLUSTRATION



(a) .001 SHANK DIAMETER INCREASE PERMISSIBLE WITHIN .100-INCH OF HEAD.

(b) THE 120° CONICAL SURFACE OF THE HEAD SHALL BE ANGULAR WITHIN .002 AND CONCENTRIC WITH THE SHANK OF THE RIVET WITHIN .003 TOTAL INDICATOR READING.

(c) HEAD COCKING ANGLE RELATIVE TO AXIS OF RIVET 1° MAXIMUM.

(d) THE RIVET CROWN (C DIMENSION) SHALL JOIN THE RIVET HEAD FLAT SURFACE SMOOTHLY WITHOUT ABRUPT SHOULDERS.

LIST OF CURRENT SHEETS	
NO.	REV.
1	NEW
2	NEW
3	NEW

THE INITIAL RELEASE OF THIS DOCUMENT SUPERSEDES MS14219 REVISION A. PART NUMBERS REMAIN MS14219.

CUSTODIAN NATIONAL AEROSPACE STANDARDS COMMITTEE

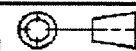
PROCUREMENT
SPECIFICATION

MIL-R-5674

TITLE

RIVET, SOLID, 120° FLUSH INTERFERENCE,
TENSION TYPE HEAD

THIRD
ANGLE
PROJECTION



CLASSIFICATION
PART STANDARD

NASM14219

SHEET 1 OF 3

AEROSPACE INDUSTRIES ASSOCIATION OF AMERICA, INC.
1250 EYE STREET, N.W.
WASHINGTON, D.C. 20005

THIS DRAWING SUPERSEDES ALL PRECEDENT STANDARD DRAWINGS FOR THE SAME PRODUCT
AND SHALL BECOME EFFECTIVE NO LATER THAN SIX MONTHS FROM THE LAST DATE OF
APPROVAL SHOWN HEREON.

REVISION

APPROVAL DATE FEBRUARY 1999

USE OF OR RELIANCE UPON THIS DOCUMENT OR ANY NATIONAL AEROSPACE STANDARD IS ENTIRELY VOLUNTARY. AIA DOES NOT QUALIFY SUPPLIERS OR CERTIFY CONFORMANCE OF ITEMS PROCURED UNDER NATIONAL AEROSPACE STANDARDS. AIA MAKES NO REPRESENTATION OR CLAIM RESPECTING (1) THE SUITABILITY OF ITEMS FOR ANY PARTICULAR APPLICATION, OR (2) THE EXISTENCE OF OR APPLICABILITY THERETO OF PATENT OR TRADEMARK RIGHTS.

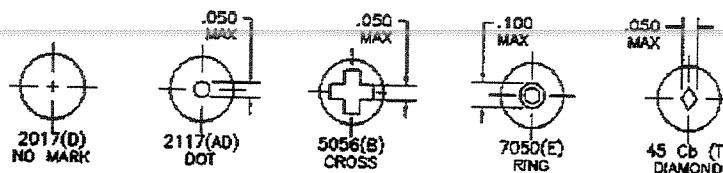


Aerospace
Industries
Association

NATIONAL AEROSPACE STANDARD

© COPYRIGHT 1999 AEROSPACE INDUSTRIES ASSOCIATION OF AMERICA, INC. ALL RIGHTS RESERVED

5.1 MATERIAL IDENTIFICATION SYMBOLS. SYMBOLS INDENTED .030 MAXIMUM DEPTH.



6. TABLE I. RIVET DIMENSIONS

DIA DASH NO.	NOM DIA	A +.000 -.002	B (REF)	C	D +.002 -.001	E MIN	F ±.010	G RAD MAX	J RAD ±.010	K RAD MIN	P		R RAD ±.004	S ±.010	T RAD ±.010	W GAGE DIA	
											MAX	MIN				MAX	MIN
-3	3/32	.162	.034	.005 .009	.094	.013	.115	.005	.016	.060	.0305	.0284	.015	.023	.029	.1102	.1100
-4	1/8	.210	.041	.006 .010	.125	.014	.155	.005	.016	.100	.0361	.0339	.019	.031	.039	.1482	.1460
-5	5/32	.258	.053	.007 .011	.156	.021	.198	.005	.020	.125	.0448	.0424	.024	.039	.049	.1892	.1890
-6	3/16	.312	.068	.008 .012	.187	.030	.232	.006	.025	.125	.0541	.0513	.032	.047	.059	.2422	.2420
-7	7/32	.365	.077	.009 .013	.222	.033	.282	.007	.025	.156	.0655	.0629	.040	.054	.069	.2671	.2669
-8	1/4	.427	.090	.009 .013	.250	.036	.320	.009	.031	.188	.0760	.0733	.048	.062	.078	.3038	.3036
-9	9/32	.489	.100	.010 .014	.283	.038	.392	.010	.040	.218	.0874	.0848	.054	.068	.090	.3315	.3313
-10	5/16	.521	.104	.010 .014	.310	.040	.420	.010	.040	.250	.0725	.0687	.060	.078	.098	.4245	.4243

7. TABLE II. RIVET MECHANICAL PROPERTIES

ALLOY AND TEMPER	TENSILE STRENGTH psi MIN	YIELD STRENGTH psi MIN	ELONGATION IN 2 INCHES OR 4D % MIN	UNDRIVEN SHEAR STRENGTH psi	
				MIN	MIN
5056-H32	44,000	---	---	24,000	---
2117-T4	38,000	18,000	18	26,000	---
2017-T4	55,000	32,000	12	33,000	39,000
7050-T73	68,000	58,000	10	41,000	46,000
45 Cb	65,000	60,000	15	50,000	56,000

8. TABLE III. LENGTH NUMBERS

LENGTH (a)	DIAMETER DASH NUMBERS							
	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10
.125	2	1	1	1	1	1	1	1
.156	2R	1	1	1	1	1	1	1
.188	3	3	3	3	3	3	3	3
.219	3R	3R	3R	3R	3R	3R	3R	3R
.250	4	4	4	4	4	4	4	4
.281	4R	4R	4R	4R	4R	4R	4R	4R
.312	5	5	5	5	5	5	5	5
.343	5R	5R	5R	5R	5R	5R	5R	5R
.375	6	6	6	6	6	6	6	6
.406	6R	6R	6R	6R	6R	6R	6R	6R
.438	7	7	7	7	7	7	7	7
.470	7R	7R	7R	7R	7R	7R	7R	7R
.500	8	8	8	8	8	8	8	8
.531	8R	8R	8R	8R	8R	8R	8R	8R

NASM14219
SHEET 2

USE OF OR RELIANCE UPON THIS DOCUMENT OR ANY NATIONAL AEROSPACE STANDARD IS ENTIRELY VOLUNTARY. AIA DOES NOT QUALIFY SUPPLIERS OR CERTIFY CONFORMANCE OF ITEMS PROCURED UNDER NATIONAL AEROSPACE STANDARDS. AIA MAKES NO REPRESENTATION OR CLAIM RESPECTING (1) THE SUITABILITY OF ITEMS FOR ANY PARTICULAR APPLICATION, OR (2) THE EXISTENCE OF OR APPLICABILITY THERETO OF PATENT OR TRADEMARK RIGHTS.



Aerospace
Industries
Association

NATIONAL AEROSPACE STANDARD

© COPYRIGHT 1999 AEROSPACE INDUSTRIES ASSOCIATION OF AMERICA, INC. ALL RIGHTS RESERVED

AEROSPACE INDUSTRIES ASSOCIATION OF AMERICA, INC.
1250 EYE STREET, N.W.
WASHINGTON, D.C. 20005

LENGTH (a)	DIAMETER DASH NUMBERS							
	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10
.562	9	9	9	9	9	9	9	9
.625	9R	9R	9R	9R	9R	9R	9R	9R
.687	10	10	10	10	10	10	10	10
.750	11	11	11	11	11	11	11	11
.812	12	12	12	12	12	12	12	12
.875	13	13	13	13	13	13	13	13
.937	14	14	14	14	14	14	14	14
1.000	15	15	15	15	15	15	15	15
1.062	16	16	16	16	16	16	16	16
1.125	17	17	17	17	17	17	17	17
1.187	18	18	18	18	18	18	18	18
1.250	19	19	19	19	19	19	19	19
1.312	20	20	20	20	20	20	20	20
1.375	21	21	21	21	21	21	21	21
1.437	22	22	22	22	22	22	22	22
1.500	23	23	23	23	23	23	23	23
1.625	24	24	24	24	24	24	24	24
1.750	25	25	25	25	25	25	25	25
1.875	26	26	26	26	26	26	26	26
2.000	27	27	27	27	27	27	27	27

- (a) RIVET BODY SHALL HAVE A RADIUS END EXCEPT THAT LENGTH IN SHADED AREA MAY HAVE A SQUARED END.
REVISED ALL LENGTHS TO 0.0625 INCREMENTS; R DESIGNATES .031 INCREASES LENGTHS

9. EXAMPLES OF PART NUMBERS:

MS14218 AD 10 - 12 R
 ———— INCREASED LENGTH BY .031-INCH
 ———— LENGTH DASH NUMBERS IN .0625-INCH INCREMENTS
 ———— "A" ANODIZED
 ———— "C" CHEMICAL SURFACE TREATMENT
 ———— DIAMETER DASH NUMBER IN .031-INCH INCREMENTS
 ———— MATERIAL LETTER CODE
 ———— MILITARY STANDARD NUMBER

10. FOR DESIGN FEATURE PURPOSES, THIS STANDARD TAKES PRECEDENCE OVER PROCUREMENT DOCUMENTS REFERENCED HEREIN.
11. REFERENCED DOCUMENTS SHALL BE OF THE ISSUE IN EFFECT ON DATE OF INVITATION FOR BIDS OR REQUEST FOR PROPOSAL EXCEPT THAT REFERENCED ADOPTED INDUSTRY DOCUMENTS SHALL GIVE THE DATE OF THE ISSUE ADOPTED.
12. THE RIVETS ARE A PROPRIETARY PRODUCT OF BRILLS RIVET CORPORATION AND ARE COVERED BY PATENT NO. 4,157,666 EXPIRING 3 JULY 1996. THE UNITED STATES GOVERNMENT DOES NOT HAVE A ROYALTY-FREE LICENSE.

THIS DRAWING SUPERSEDES ALL ANTECEDENT STANDARD DRAWINGS FOR THE SAME PRODUCT AND SHALL BECOME EFFECTIVE NO LATER THAN SIX MONTHS FROM THE LAST DATE OF APPROVAL SHOWN HEREON.

NASM14219
SHEET 3

USE OF OR RELIANCE UPON THIS DOCUMENT OR ANY NATIONAL AEROSPACE STANDARD IS ENTIRELY VOLUNTARY. AIA DOES NOT QUALIFY SUPPLIERS OR CERTIFY CONFORMANCE OF ITEMS PROCURED UNDER NATIONAL AEROSPACE STANDARDS. AIA MAKES NO REPRESENTATION OR CLAIM RESPECTING (1) THE SUITABILITY OF ITEMS FOR ANY PARTICULAR APPLICATION, OR (2) THE EXISTENCE OF OR APPLICABILITY THERETO OF PATENT OR TRADEMARK RIGHTS.

Referências Bibliográficas

- AEROESPACE INDUSTRIES ASSOCIATION OF AMERICA, Washington D. C. NASM14218; Rivet, solid, 120° flush interference, shear head, 1998. 3p.
- AEROESPACE INDUSTRIES ASSOCIATION OF AMERICA, Washington D. C. NASM14219, Rivet, solid, 120° flush interference, tension type head. 1999. 3p.
- AEROESPACE INDUSTRIES ASSOCIATION OF AMERICA, Washington D. C. NASM1515, Fasteners Systems for Aerospace Applications. 1999. 139p.
- AEROESPACE INDUSTRIES ASSOCIATION OF AMERICA, Washington D. C. NASM5674, Rivets, Structural, Aluminum Alloy, Titanium Columbium Alloy General Specification. 2000. 10p.
- AEROESPACE INDUSTRIES ASSOCIATION OF AMERICA, Washington D. C. NASMXXX, Head height gauge protrusion measurement system for countersunk flush head fasteners. 1994. 33p.
- CHENG, L. C. et al. *QFD: Planejamento da Qualidade*. Belo Horizonte: Escola de Engenharia, Fundação Christiano Ottoni, 1995. 262p.
- CURTY, Marlene. G.; CRUZ, Anamaria. C. *Guia para apresentação de trabalhos acadêmicos, dissertações e teses*. Maringá: Dental Press, 2001. 104p.
- HOOG, Robert V.; LEDOLTER, Johannes. *Applied Statistics for Engineers and Physical Scientists*. 2 nd. ed. Macmillan Publishing Company, 1992. 576p.

OAKLAND, John S. *Statistical Process Control*. 3rd. ed. Butterworth-Heinemann, 1996. 438p.

PETENATE, A. J. *Apostila do curso de estatística: estatística descritiva*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. 108p.

RAGAZZI, Sidney. *Apostila do curso de controle estatístico de processo*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. 108p.

RAGAZZI, Sidney. *Apostila de estatística básica aplicada (industrial)*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. 76p.

RJs from Brazil. *Airways Magazine*, Sandpoint, v. 8, n. 9, nov. 2001.

UNICAMP, Campinas. Roteiro para apresentação de tese na FEM. 1999. 10 p.