

CIRO BATISTA ROSA

**PROPOSTA DE HOMOLOGAÇÃO DE PRODUTOS PARA A INDÚSTRIA
AUTOMOTIVA**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Mestre em
Engenharia Automotiva (Mestrado
Profissionalizante)**

São Paulo

2004

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

CIRO BATISTA ROSA

**PROPOSTA DE HOMOLOGAÇÃO DE PRODUTOS PARA A INDÚSTRIA
AUTOMOTIVA**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Mestre em
Engenharia Automotiva (Mestrado
Profissionalizante)**

**Área de Concentração:
Engenharia Automotiva (Mestrado
Profissionalizante)**

**Orientador:
Prof. Dr. Lucas Antônio Moscato**

São Paulo

2004

FICHA CATALOGRÁFICA

Rosa, Ciro Batista

**Proposta de homologação de produtos para a indústria
automotiva / C. B. Rosa. -- São Paulo, 2004.**

64 p.

**Trabalho de conclusão de curso (Mestrado Profissionalizante
em Engenharia Automotiva) - Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo.**

**1. Garantia da qualidade 2. Indústria automobilística
I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. II. t.**

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Lia e Jonathas, e à minha esposa e filhas, Marta, Caroline e Marina.

AGRADECIMENTOS

Ao amigo e orientador Prof. Dr. Lucas Antônio Moscato, pela atenção e acompanhamento das atividades do tema desta dissertação.

À Visteon Sistemas Automotivos pelo patrocínio, apoio e incentivo através do Programa de Treinamento e Formação Educacional (PTFE) .

Aos colegas de curso e de trabalho Nelson Nishimura, Geancarlo Rettori e Marcello Teixeira, pelas atividades em sala de aula que resultaram em um artigo técnico em conjunto publicado em revista especializada.

Aos colegas Marcelo Fossato, Edécio Maielo, Roberval de Assis e Tadashi Camey, pelo trabalho em conjunto na Visteon e pela troca de idéias sobre processos e sistemas da qualidade.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram com a preparação deste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo o estudo dos requerimentos de homologação de produtos para o setor automotivo, e a proposição de uma metodologia mais específica para a versão atual do sistema da qualidade ISO/TS-16949. É utilizada a técnica conhecida como Análise do Valor/Engenharia do Valor (AV/EV), para determinação das funções essenciais do processo de homologação de produtos. São feitas também considerações sobre o gerenciamento de projetos, e como este pode afetar o processo de homologação.

ABSTRACT

This study is a discussion of the requirements for product qualification at the automotive sector, and presents a more specific methodology to the current version of ISO/TS-16949 specification. A methodology known as Value Analysis/Value Engineering (VA/VE) is used to determine the essential functions of the product qualification process. The effects of the program management style to the qualification process are also considered.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	iv
AGRADECIMENTOS.....	v
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE TABELAS.....	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xiv
1.Introdução.....	1
2.Principais Sistemas da Qualidade do Setor Automotivo.....	3
2.1.PPAP/QS-9000 – <i>Production Part Approval Process</i>	4
2.1.1.Introdução.....	4
2.1.2.Objetivos.....	4
2.1.3.Aprovação completa.....	4
2.1.4.Quando a aprovação é requerida.....	4
2.1.5.Requerimentos de homologação.....	5
2.1.6.Análise dos requerimentos.....	5
2.1.7.Conclusões.....	7
2.2.APQP/QS-9000 – <i>Advanced Product Quality Planning</i>	9
2.2.1.Introdução.....	9
2.2.2.Objetivos.....	9
2.2.3.Conclusões.....	13
2.3.LPP/VDA 2 – <i>Liberção do Processo de Produção e do Produto</i>	14
2.3.1.Introdução.....	14
2.3.2.Objetivos.....	14
2.3.3.Liberção do Processo de Produção e do Produto (LPP).....	14
2.3.4.Requerimentos de homologação.....	16
2.3.5.Conclusões.....	16
2.4.ISO/TS-16949: <i>Quality Systems-Automotive Suppliers (1st Edition)</i>	17
2.4.1.Introdução.....	17

2.4.2.	<i>Objetivos</i>	17
2.4.3.	<i>Requerimentos de homologação</i>	17
2.4.4.	<i>Análise dos requerimentos</i>	18
2.4.5.	<i>Conclusões</i>	19
2.5.	<i>ISO/TS-16949: Quality Management Systems (2nd Edition)</i>	20
2.5.1.	<i>Introdução</i>	20
2.5.2.	<i>Objetivos</i>	20
2.5.3.	<i>Requerimentos de homologação</i>	20
2.5.4.	<i>Conclusão</i>	20
2.6.	<i>AS-9000: Aerospace Basic Quality System Standard</i>	21
2.6.1.	<i>Introdução</i>	21
2.6.2.	<i>Objetivo</i>	21
2.6.3.	<i>Requerimentos de homologação</i>	21
2.6.4.	<i>Conclusão</i>	21
3.	<i>Análise do Processo De Homologação de Produtos</i>	22
3.1.	<i>Introdução</i>	22
3.2.	<i>Análise do Valor/Engenharia de Valor (AV/EV)</i>	22
3.3.	<i>Análise do processo de homologação</i>	23
3.3.1.	<i>Identificação de componentes e funções do processo de homologação</i> ..	23
3.3.2.	<i>Pesquisa com Gerentes de Programas</i>	24
3.3.3.	<i>Componentes e Funções do processo de homologação</i>	27
3.4.	<i>Classificação de funções</i>	30
3.4.1.	<i>Diagrama FAST</i>	31
3.4.2.	<i>Reavaliação de funções</i>	34
3.4.	<i>Conclusões</i>	47
4.	<i>Proposta de homologação de produtos</i>	51
4.1.	<i>Introdução</i>	51
4.2.	<i>Elementos do processo proposto de homologação de produtos</i>	51
4.3.	<i>Mudanças propostas na ISO/TS 16949</i>	52
4.4.	<i>Comparação com o PPAP e a LPP</i>	52
4.5.	<i>Análise crítica da proposta</i>	53
4.6.	<i>Comentários finais</i>	55
	<i>ANEXOS</i>	57

1. Teorema do Limite Central.....	57
1.1. Enunciado.....	57
1.2. Aplicação.....	58
1.3. Exemplo.....	58
2. Seis Sigma.....	60
2.1. Conceitos estatísticos.....	60
2.2. A metodologia Seis Sigma.....	61
2.3. Conclusões.....	62
BIBLIOGRAFIA.....	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo de Planejamento de Qualidade do Produto. In: AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP. Advanced Product Quality Planning and Control Plan. Southfield, EUA: AIAG, 1994. p. vi.....	10
Figura 2 - Diagrama temporal de Planejamento de Qualidade de Produtos conforme manual APQP/QS-9000. In: AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP. Advanced Product Quality Planning and Control Plan. Southfield, EUA: AIAG, 1994. p. 5.....	10
Figura 3 - Etapas para a qualificação de um produto conforme VDA. In: VERBAND DER AUTOMOBILINDUSTRIE. VDA 2: Asseguramento da Qualidade de Fornecimentos. São Paulo, Brasil: IQA, 1994. p.23.....	15
Figura 4 - Diagrama FAST de um processo genérico de homologação de produtos. As funções em amarelo são as funções identificadoras, e as azuis denotam funções fora do escopo do processo. As linhas horizontais tracejadas delimitam este escopo.....	33
Figura 5 - Plano de Validação Total. Em vermelho, o significado dos seus principais campos. Em azul, significado do campo Classe.....	42
Figura 6 - Plano de controle. Campo 21 indica classificação de características. In: AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP. Advanced Product Quality Planning and Control Plan. Southfield, EUA: AIAG, 1994. p.34....	43
Figura 7 - Relatório de Aprovação de Aparência. In: AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP. Production Part Approval Process, 3rd Edition. Southfield, EUA: AIAG, 1999. p. 58.....	45
Figura 8 - Diagrama FAST revisado, após análise crítica das funções.....	48
Figura 9 - Proposta de certificado de homologação de peça.....	49
Figura 10 - Certificado de Aprovação de Peça. In: AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP. Production Part Approval Process, 3rd Edition. Southfield, EUA: AIAG, 1999. p. 53.....	50
Figura 11 - Ilustração do enunciado do Teorema do Limite Central.....	57
Figura 12 - Gráfico da função de distribuição de probabilidade normal. As setas	

horizontais indicam a área sob a curva entre os limites de +/- 1, +/- 3 e
+/- 6 sigma, em relação à área total..... 60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Elementos do PPAP. In: AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP. Production Part Approval Process. Southfield, EUA: AIAG, 1999.....	8
Tabela 2 - Elementos do APQP e sua correlação com os elementos do PPAP. In: AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP. Advanced Product Quality Planning and Control Plan. Southfield, EUA: AIAG, 1994.....	13
Tabela 3 - Equivalência entre os Sistemas da Qualidade VDA e QS-9000 quanto ao processo de apresentação de amostras iniciais e o gerenciamento de lançamento de produtos.....	14
Tabela 4 - Elementos da LPP e equivalência com os elementos do PPAP. In: VERBAND DER AUTOMOBILINDUSTRIE. VDA 2: Asseguramento da Qualidade de Fornecimentos. São Paulo, Brasil: IQA, 1998.....	15
Tabela 5 - Equivalência entre os Sistemas da Qualidade ISO/TS-16949 e QS-9000 quanto ao processo de apresentação de amostras iniciais e o gerenciamento de lançamento de produtos.....	17
Tabela 6 - Elementos da ISO/TS-16949 (primeira edição) e equivalência com os elementos do PPAP. In: AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP. ISO/TS 16949:Quality Systems-Automotive Suppliers. Southfield, EUA: AIAG, 1999.....	18
Tabela 7 - Componentes e Funções de um processo de homologação de produtos...	29
Tabela 8 - Funções de um processo de homologação de produtos e respectiva classificação.....	31
Tabela 9 - Comparação entre o PPAP, a LPP e a Proposta de Homologação de Produtos.....	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Sigla	Significado
6 σ	Seis Sigma
AAR	Relatório de Aprovação de Aparência <i>Appearance Approval Report</i>
APQP	Planejamento Avançado de Qualidade do Produto <i>Advanced Product Quality Planning</i>
AS-9000	Padrão Aeroespacial 9000 <i>Aerospace Standard 9000</i>
AV/EV	Análise do Valor/Engenharia do Valor
CAD	Projeto Assistido por Computador <i>Computer Aided Design</i>
CAE	Engenharia Assistida por Computador <i>Computer Aided Engineering</i>
CAM	Manufatura Assistida por Computador <i>Computer Aided Manufacturing</i>
CAP	Certificado de Aprovação de Peça
Cpk	Índice de Capacidade para um Processo Estável <i>Capability Index for a Stable Process</i>
CTQ	Crítica para a Qualidade <i>Critical To Quality</i>
DFMEA	FMEA de Projeto <i>Design FMEA</i>
DFSS	Projeto para Seis Sigma <i>Design For Six Sigma</i>
DVP&R	Plano de Validação de Projeto & Relatório <i>Design Validation Plan & Report</i>
EAQF	Avaliação de Aptidão de Qualidade de Fornecedores <i>Évaluation d'Aptitude Qualité Fournisseurs</i>
FMEA	Análise de Modo e Efeito de Falhas <i>Failure Mode and Effects Analysis</i>
ISO/TS	Organização Internacional de Padronizações/Especificação Técnica <i>International Organization for Standardization/Technical Specification</i>
JAMA	Associação de Fabricantes de Automóveis do Japão <i>Japan Automobile Manufacturers Association</i>

Sigla	Significado
LPP	Liberação do Processo de Produção e do Produto
MSA	Análise do Sistema de Medições <i>Measurement System Analysis</i>
PFMEA	FMEA de Processo <i>Process FMEA</i>
PPAP	Processo de Aprovação de Peça Produtiva <i>Production Part Approval Process</i>
Ppk	Índice de Desempenho <i>Performance Index</i>
PSW	Certificado de Submissão da Peça <i>Part Submission Warrant (PSW)</i>
PVT	Plano de Validação Total
QFD	Função Desdobramento da Qualidade <i>Quality Function Deployment</i>
QS-9000	Sistema da Qualidade - 9000 <i>Quality System - 9000</i>
VDA	Associação das Indústrias Automobilísticas Verband der Automobilindustrie

1. INTRODUÇÃO

Com a chegada de novas montadoras de veículos ao mercado brasileiro na segunda metade da década de 90, gerou-se a necessidade de uma melhor preparação dos fabricantes de autopeças e sub-sistemas quanto a aspectos de qualidade. Estes aspectos são regidos pelos Sistemas da Qualidade que cada empresa adota, e, no setor automobilístico, cada montadora basicamente segue um padrão de acordo com a sua nacionalidade: QS-9000 (Estados Unidos), VDA (Alemanha), EAQF (França), entre outros. As montadoras normalmente exigem que os seus fornecedores sigam os sistemas por elas adotados.

Atualmente, o sistema ISO/TS-16949, cuja segunda edição foi lançada em 2002, está se estabelecendo no Brasil e no mundo como um novo padrão, com a promessa de “unificar” todos os sistemas da qualidade do setor automotivo. Observa-se, no entanto, que, em diversos aspectos, este sistema adota uma abordagem genérica como forma de garantir abrangência.

No Brasil, inicialmente, o setor automotivo adotou a ISO-9000 como um primeiro sistema comum. Em seguida, passou a utilizar a QS-9000, principalmente pelo fato de ser originalmente escrito em língua inglesa. Devido à sua ampla penetração no setor, as montadoras não americanas passaram a aceitar a qualificação de seus sub-fornecedores conforme este padrão, com a ressalva de poderem solicitar, a qualquer momento, a adequação em relação ao sistema da qualidade da montadora em questão.

Já em nível mundial, a evolução dos sistemas de qualidade automotivos não foi muito diferente. Em seu artigo (1), Munro (2002) apresenta sob uma perspectiva histórica a evolução destes sistemas, desde o nascimento da QS-9000 até a recente publicação da ISO/TS-16949, bem como as razões motivadoras desta evolução.

Dado este cenário, observa-se que em diversos casos onde um determinado fabricante de autopeças fornece um mesmo produto para duas montadoras diferentes, cada uma pode exigir requisitos de qualificação não totalmente coincidentes, independentes do fato de serem ou não de mesma nacionalidade. Isto leva à multiplicação de esforços e aumento de custos dos fornecedores, que é repassado às montadoras e ao consumidor final.

Este trabalho tem como objetivo o estudo dos requerimentos atuais de homologação de produtos para o setor automotivo, e a proposição de uma metodologia alternativa menos genérica que a encontrada na ISO/TS-16949. Esta proposição, no entanto, deverá ter o máximo de aderência possível à segunda edição desta especificação técnica, por se tratar da norma mais atualizada e de maior aceitação pelas montadoras de veículos na presente data.

Para se atingir este objetivo, os seguintes tópicos serão abordados:

- análise de vários dos mais importantes sistemas da qualidade do setor automotivo quanto ao aspecto de homologação de produtos;
- elaboração de proposta alternativa de homologação;
- análise crítica da proposta e recomendações para implantação.

Apesar da aparente simplicidade desta proposição, ela encerra um grande desafio: o ineditismo. Esta pesquisa não identificou artigos ou publicações técnicas que abordassem o problema, quer como uma análise crítica, quer com a sugestão de mudanças, com exceção das abordagens de Carney (1999) e Cole et al (1998), em cujos artigos, respectivamente (2) e (3), propõem melhorias a processos de gerenciamento de programas.

Um outro desafio é o de se obter uma linguagem única e clara, que colabore com o entendimento entre clientes e fornecedores sobre o que realmente é necessário para se homologar um produto, e, mais importante, se o produto atende aos requisitos de desempenho e durabilidade esperados.

Desta forma, esperamos estar colaborando, ainda que modestamente, com a simplificação de requerimentos e a redução de custos para a cadeia produtiva do setor automotivo.

2. PRINCIPAIS SISTEMAS DA QUALIDADE DO SETOR AUTOMOTIVO

Neste capítulo, alguns dos principais Sistemas da Qualidade do setor automotivo serão revistos e analisados no tocante ao processo de homologação de produtos. De modo genérico, este processo também é conhecido como “Processo de Apresentação de Amostras Iniciais”. Entende-se esta revisão como fundamental, já que fornece uma base para a compreensão dos atuais requerimentos da indústria da mobilidade.

Esta revisão tem início com o PPAP/QS-9000, por ser o processo de homologação mais difundido no setor. Ele também servirá como base comparativa para os demais processos estudados. Isto significa que serão analisadas apenas as diferenças entre o PPAP e os demais processos.

Por último, teremos a análise da AS-9000, sistema da qualidade da indústria aeroespacial.

2.1.PPAP/QS-9000 – Production Part Approval Process

2.1.1.Introdução

O PPAP (4) é parte do Sistema da Qualidade QS-9000 (5), adotado pelas montadoras de origem norte-americana. Este processo define os requerimentos genéricos de homologação de peças ou componentes produtivos, inclusive matérias-primas.

2.1.2.Objetivos

Conforme o manual do PPAP, os seguintes propósitos básicos são observados ao longo do processo:

- fornecer uma evidência de que os registros de projeto do cliente (por exemplo, desenhos ou esquemas) foram corretamente interpretados pelo fornecedor;
- fornecer uma evidência de que o processo produtivo do fornecedor terá condições de manufaturar peças que satisfaçam aos requisitos de projeto com consistência (i.e., processo estatisticamente repetível).

2.1.3.Aprovação completa

Aprovação completa indica que a peça ou material cumpre todas as especificações e requerimentos. Esta aprovação autoriza o fornecedor a embarcar peças conforme programação de produção.

2.1.4.Quando a aprovação é requerida

- Peça nova;
- Correção de discrepância em peça previamente homologada;
- Peça que sofrer modificações de engenharia em seus desenhos, especificações ou materiais, inclusive mudanças em matérias-primas, sub-fornecedores ou ferramentas.

2.1.5.Requerimentos de homologação

Para peças produtivas, as amostras a serem submetidas ao PPAP devem vir de um lote de produção significativo. Isto quer dizer que:

- o período de tempo de fabricação do lote deve ser de 1 a 8 horas consecutivas;
- o tamanho mínimo de lote deve ser igual a 300 peças¹, exceto quando um lote menor seja explicitamente autorizado pelo cliente.

Um total de 19 (dezenove) requerimentos genéricos devem ser cumpridos pelo fornecedor. Estes requerimentos são listados na Tabela 1.

2.1.6.Análise dos requerimentos

Os requerimentos I.2.2.1 a I.2.2.3 são essencialmente os registros de projeto e especificação do produto e têm influência decisiva em todo o processo de qualificação, já que quanto mais detalhado é o projeto de um produto/processo, menos suscetível a falhas será o produto final.

Requerimentos I.2.2.4 e I.2.2.6 referem-se à técnica de predição, prevenção e correção de eventuais problemas de desempenho ou de manufatura do produto, conhecida como FMEA.

Requerimento I.2.2.5 refere-se a item de documentação do fluxo do processo de manufatura do produto.

Requerimento I.2.2.7 refere-se aos resultados de testes dimensionais do produto. Estes resultados devem comprovar que o produto atende aos requisitos dimensionais de projeto dos itens I.2.2.1 (Design Records) e I.2.2.12 (Control Plan). Embora não explicitamente mencionado no manual, este requerimento também verifica se o produto atende aos itens I.2.2.2 e I.2.2.3 (respectivamente Engineering Change Documents e Engineering Approval).

Requerimento I.2.2.8 é semelhante, em essência, ao requerimento I.2.2.7, e diz respeito aos testes de vida de materiais e do produto acabado conforme projetado nos requerimentos I.2.2.1, I.2.2.2, I.2.2.3 e I.2.2.12.

¹ Ver anexo 1 para uma discussão sobre cálculo de amostras.

Requerimento I.2.2.9 diz respeito ao estudo de estabilidade (estatística) inicial do processo produtivo. Requerimento I.2.2.10 faz uma avaliação dos erros do sistema de medição utilizado na caracterização estatística do processo produtivo.

Requerimento I.2.2.11 trata da certificação dos laboratórios terceirizados que efetivamente executaram os testes de homologação do produto. Caso os testes de homologação sejam executados pelo próprio fornecedor, o requerimento não é necessário.

Requerimento I.2.2.12 diz respeito à elaboração de Plano de Controle do produto final. O Plano de Controle detalha especificamente quais parâmetros devem ser medidos, a frequência e método de medição. Os comentários feitos para o requerimento I.2.2.7 também são aplicáveis.

O PSW (Part Submission Warrant) tratado no requerimento I.2.2.13 é o certificado que resume todo o processo de homologação, e é assinado pelo pessoal técnico competente do fornecedor e do cliente quando da aprovação da peça.

O AAR (Appearance Approval Report) tratado em I.2.2.14 verifica o produto quanto a aspectos de acabamento e aparência. Um exemplo significativo desta avaliação é a aprovação de textura de painéis de veículos injetados em plástico.

Em I.2.2.15, temos requerimentos específicos para matérias-primas (bulk material). Estes requerimentos não serão tratados neste trabalho.

Os requerimentos I.2.2.16 e I.2.2.17 tratam a preparação de amostras de produtos, respectivamente para submissão ao cliente e para retenção de uso como amostra-padrão pelo fabricante.

Finalmente, o requerimento I.2.2.19 trata do registro e da conformidade quanto a requerimentos específicos do cliente. Como o PPAP é parte integrante da QS-9000, estes requerimentos específicos são tratados pela própria norma para as montadoras GM, Ford e DaimlerChrysler.

2.1.7. Conclusões

- O PPAP não aborda em seu conteúdo se os componentes e matérias-primas que formam o produto final devem ser também homologados. Intuitivamente, isto levaria a uma simplificação da homologação do produto final e a um maior grau de aderência quanto aos objetivos propostos pelo processo.
- O PPAP recomenda índices de Cpk/Ppk maiores que 1,67 (processo 4σ) em seu requerimento de “Initial Process Studies”. Com o advento da estratégia Seis Sigma (anexo 2) nas empresas, acredita-se que esta recomendação deva ser revista.

Elemento PPAP	Descrição em Português <i>Descrição Original em Inglês</i>
I.2.2.1	Registros de Projeto <i>Design Records</i>
I.2.2.2	Documentos de Mudança de Engenharia <i>Engineering Change Documents</i>
I.2.2.3	Aprovação de Engenharia <i>Engineering Approval</i>
I.2.2.4	Análise de Modo e Efeito de Falhas de Projeto <i>Design Failure Mode and Effects Analysis (DFMEA)</i>
I.2.2.5	Diagramas de Fluxo de Processo <i>Process Flow Diagrams</i>
I.2.2.6	Análise de Modo e Efeito de Falhas de Processo <i>Process Failure Mode and Effects Analysis (PFMEA)</i>
I.2.2.7	Resultados Dimensionais <i>Dimensional Results</i>
I.2.2.8	Registros de Testes de Materiais/Desempenho <i>Records of Material/Performance Test Results</i>
I.2.2.9	Estudos Iniciais de Processo <i>Initial Process Studies</i>
I.2.2.10	Estudos do Sistema de Análise de Medições <i>Measurement System Analysis Studies</i>
I.2.2.11	Documentação de Laboratórios Qualificados <i>Qualified Laboratory Documentation</i>
I.2.2.12	Plano de Controle <i>Control Plan</i>
I.2.2.13	Certificado de Submissão da Peça <i>Part Submission Warrant (PSW)</i>
I.2.2.14	Relatório de Aprovação de Aparência <i>Appearance Approval Report</i>
I.2.2.15	Formulário de Verificação de Requerimentos para Matérias-Primas <i>Bulk Material Requirements Checklist</i>
I.2.2.16	Amostras de Peças de Produção <i>Sample Production Parts</i>
I.2.2.17	Amostra Principal <i>Master Sample</i>
I.2.2.18	Dispositivos de Verificação <i>Checking Aids</i>
I.2.2.19	Requerimentos Específicos do Cliente <i>Customer-Specific Requirements</i>

Tabela 1 - Elementos do PPAP. In: AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP. **Production Part Approval Process**. Southfield, EUA: AIAG, 1999.

2.2.APQP/QS-9000 – Advanced Product Quality Planning

2.2.1.Introdução

Similarmente ao PPAP, o APQP (6) também é parte do Sistema de Qualidade QS-9000 e tem como propósito uniformizar as práticas utilizadas na atividade de planejamento de qualidade de produto, tanto em seu lançamento quanto na ocorrência de mudanças de engenharia.

2.2.2.Objetivos

De acordo com o APQP, o planejamento de qualidade de produtos é um método estruturado de definição e estabelecimento das etapas necessárias para assegurar que o produto satisfaça ao cliente.

Este método tem como base o Ciclo de Planejamento de Qualidade de Produto, apresentado na Figura 1, o qual é uma variante do ciclo PDCA de Deming, conforme descrito em (7).

Não é objetivo deste trabalho fazer uma discussão ou análise sobre a utilização do ciclo, mas é importante registrar que o mesmo inicia com o Desenvolvimento e Conceituação da Tecnologia do Produto – Plan – e termina com um processo de Melhoria Contínua – Act.

Este ciclo também é representado como uma linha de tempo para um único ciclo, conforme a Figura 2, e mostra as cinco etapas (que são as cinco sessões do APQP), onde os requisitos de entrada do passo seguinte são vários dos requisitos de saída do passo anterior.

Conforme as expectativas, existe uma correlação entre o APQP e o PPAP. Esta correlação, a título informativo, é dada na Tabela 2. A partir dela, conclui-se que o PPAP verifica na prática a execução efetiva da grande maioria das fases de um projeto, do ponto de vista da QS-9000.

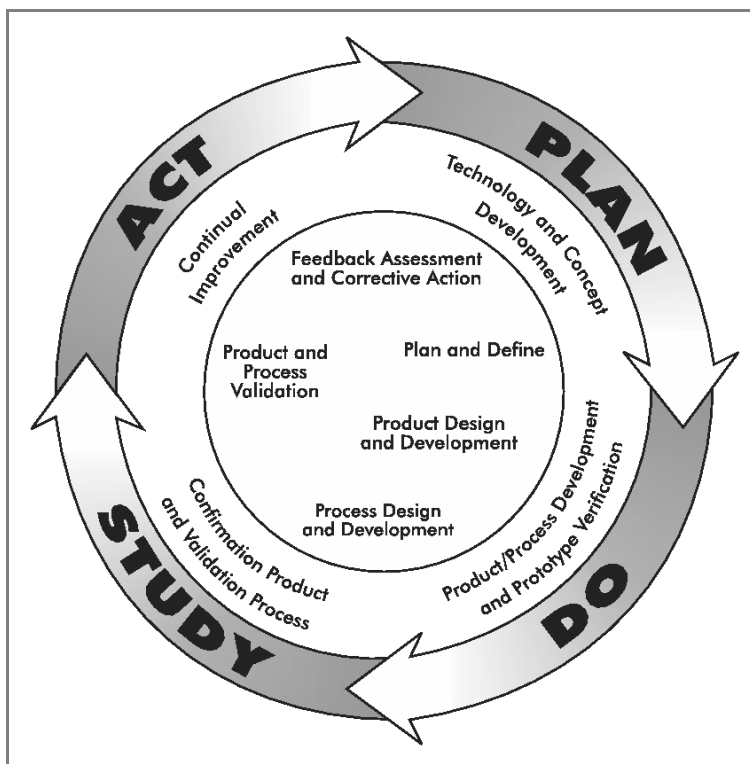


Figura 1 - Ciclo de Planejamento de Qualidade do Produto. In: AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP. *Advanced Product Quality Planning and Control Plan*. Southfield, EUA: AIAG, 1994. p. vi.

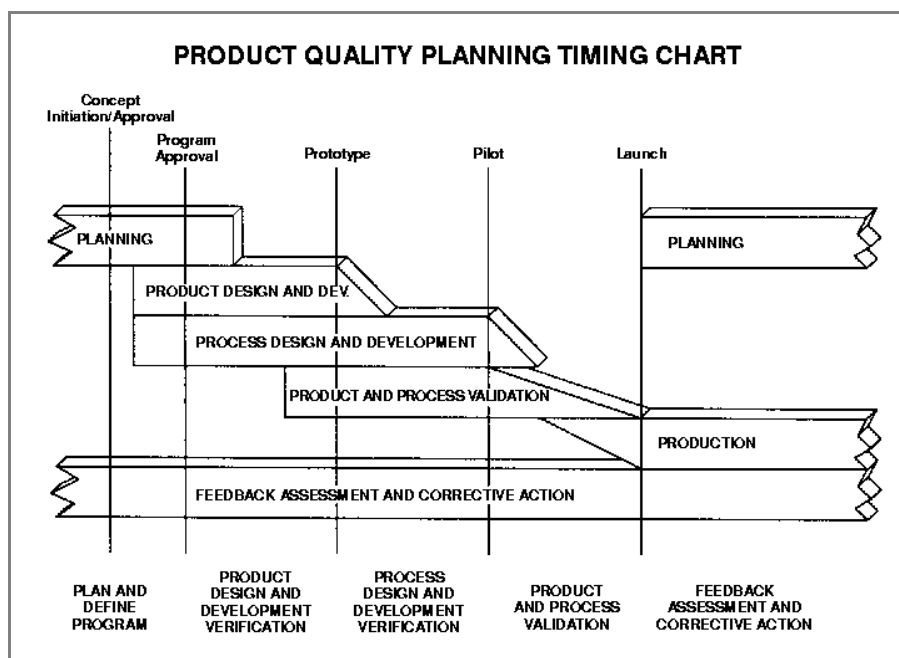


Figura 2 - Diagrama temporal de Planejamento de Qualidade de Produtos conforme manual APQP/QS-9000. In: AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP. *Advanced Product Quality Planning and Control Plan*. Southfield, EUA: AIAG, 1994. p. 5.

Elemento APQP	Descrição em Português <i>Descrição Original em Inglês</i>	Equivalente PPAP N/A = Não Aplicável
1.1	Voz do Cliente <i>Voice of the Customer</i>	I.2.2.1
1.2	Planejamento de Negócios/Estratégia de Mercado <i>Business Plan/Marketing Strategy</i>	N/A
1.3	Dados Comparativos de Produtos/Processos <i>Product/Process Benchmark Data</i>	I.2.2.1
1.4	Premissas de Produto/Processo <i>Product/Process Assumptions</i>	I.2.2.1
1.5	Estudos de Confiabilidade de Produto <i>Product Reliability Studies</i>	I.2.2.1
1.6	Requerimentos do Cliente <i>Customer Inputs</i>	I.2.2.1
1.7	Objetivos de Projeto <i>Design Goals</i>	I.2.2.1
1.8	Objetivos de Qualidade e Confiabilidade <i>Reliability and Quality Goals</i>	I.2.2.1
1.9	Relação Preliminar de Peças <i>Preliminary Bill of Material</i>	N/A
1.10	Diagrama Preliminar de Fluxo de Processo <i>Preliminary Process Flow Chart</i>	I.2.2.5
1.11	Relação Preliminar de Características Especiais de Produto e Processo <i>Preliminary Listing of Special Product and Process Characteristics</i>	I.2.2.19
1.12	Plano de Garantia do Produto <i>Product Assurance Plan</i>	I.2.2.1
1.13	Suporte Gerencial <i>Management Support</i>	N/A
2.1	DFMEA	I.2.2.4
2.2	Projeto Visando Fabricação e Montagem <i>Design for Manufacturability and Assembly</i>	I.2.2.1
2.3	Verificação de Projeto <i>Design Verification</i>	N/A
2.4	Revisões de Projeto <i>Design Reviews</i>	N/A
2.5	Montagem de Protótipos – Plano de Controle <i>Prototype Build – Control Plan</i>	I.2.2.12
2.6	Desenhos de Engenharia (Incluindo Modelos Matemáticos) <i>Engineering Drawings (Including Math Data)</i>	I.2.2.1

Elemento APQP	Descrição em Português <i>Descrição Original em Inglês</i>	Equivalente PPAP N/A = Não Aplicável
2.7	Especificações de Engenharia <i>Engineering Specifications</i>	I.2.2.1 I.2.2.12
2.8	Especificações de Materiais <i>Material Specifications</i>	I.2.2.1
2.9	Mudanças de Desenhos e Especificações <i>Drawing and Specification Changes</i>	I.2.2.2
2.10	Requerimentos de Novos Equipamentos, Ferramentas e Instalações <i>New Equipment, Tooling and Facilities Requirements</i>	I.2.2.4
2.11	Características Especiais de Produto e Processo <i>Special Product and Process Characteristics</i>	I.2.2.12
2.12	Requerimentos de Equipamentos de Testes e Medições <i>Gages/Testing Equipment Requirements</i>	N/A
2.13	Comprometimento do Grupo com a Execução e Suporte Gerencial <i>Team Feasibility Commitment and Management Support</i>	N/A
3.1	Padrões para Embalagens <i>Packaging Standards</i>	N/A
3.2	Revisão do Sistema da Qualidade de Produto/Processo <i>Product/Process Quality System Review</i>	N/A
3.3	Diagramas de Fluxo de Processo <i>Process Flow Chart</i>	I.2.2.5
3.4	Planta da Área de Produção <i>Floor Plan Layout</i>	I.2.2.5 I.2.2.12
3.5	Matriz de Características <i>Characteristics Matrix</i>	N/A
3.6	PFMEA	I.2.2.6
3.7	Plano de Controle de Pré-lançamento <i>Pre-launch Control Plan</i>	I.2.2.12
3.8	Instruções de Processo <i>Process Instructions</i>	I.2.2.1; I.2.2.4; I.2.2.5; I.2.2.6; I.2.2.12
3.9	Plano de Análise do Sistema Medições <i>Measurement Systems Analysis Plan</i>	I.2.2.10
3.10	Planejamento Preliminar de Estudo de Capacidade de Processo <i>Preliminary Process Capability Study Plan</i>	I.2.2.9

Elemento APQP	Descrição em Português <i>Descrição Original em Inglês</i>	Equivalente PPAP N/A = Não Aplicável
3.11	Especificações de Embalagem <i>Packaging Specifications</i>	N/A
3.12	Suporte Gerencial <i>Management Support</i>	N/A
4.1	Produções-piloto <i>Production Trial Runs</i>	I.2.2.16
4.2	Avaliação do Sistema de Medições <i>Measurement Systems Evaluation</i>	I.2.2.10
4.3	Estudo Preliminar de Capacidade de Processo <i>Preliminary Process Capability Study</i>	I.2.2.9
4.4	Aprovação de Peça de Produção <i>Production Part Approval (PPAP)</i>	I.2.2.13
4.5	Testes de Validação de Produção <i>Production Validation Testing</i>	I.2.2.19
4.6	Avaliação de Embalagens <i>Packaging Evaluation</i>	N/A
4.7	Plano de Controle de Produção <i>Production Control Plan</i>	I.2.2.12
4.8	Verificação Final do Planejamento da Qualidade e Suporte Gerencial <i>Quality Planning Sign-Off and Management Support</i>	N/A
5.1	Redução de Variações <i>Reduced Variation</i>	N/A
5.2	Satisfação do Cliente <i>Customer Satisfaction</i>	N/A
5.3	Fornecimento e Assistência Pós-Venda <i>Delivery and Service</i>	N/A

Tabela 2 - Elementos do APQP e sua correlação com os elementos do PPAP. In: AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP. Advanced Product Quality Planning and Control Plan. Southfield, EUA: AIAG, 1994.

2.2.3. Conclusões

É observado que o APQP e o PPAP têm uma relação muito próxima, e, na prática, o segundo pode servir como uma ferramenta de verificação de execução do primeiro. Existem uma série de elementos que são passíveis de uma revisão sobre o seu valor agregado no processo de homologação de produtos, especialmente aqueles marcados como N/A na coluna “Equivalente PPAP”.

2.3.LPP/VDA 2 – Liberação do Processo de Produção e do Produto

2.3.1.Introdução

O manual VDA-2 (8), parte do Sistema VDA de qualidade automotiva adotado pelas montadoras alemãs, guarda uma semelhança bastante estreita com a QS-9000 em todo o seu conteúdo. A título ilustrativo, apresenta-se a seguir algumas equivalências importantes entre os sistemas VDA e QS-9000:

QS-9000	VDA
PPAP	VDA-2 (LPP)
APQP	VDA-4.3

Tabela 3 - Equivalência entre os Sistemas da Qualidade VDA e QS-9000 quanto ao processo de apresentação de amostras iniciais e o gerenciamento de lançamento de produtos.

Devido à semelhança observada e ao foco deste trabalho, não analisaremos o VDA-4.3.

2.3.2.Objetivos

O VDA-2 tem como objetivo, conforme o seu próprio texto, o de “oferecer o fundamento para que a comprovação de que o fornecedor é capaz de fornecer produtos com qualidade, de acordo com as exigências” seja verificada.

2.3.3.Liberação do Processo de Produção e do Produto (LPP)

O processo de homologação de produtos é tratado na LPP. A Figura 3 abaixo fornece o equivalente ao Diagrama Temporal de Planejamento de Qualidade de Produtos do APQP (Figura 2). Em destaque, temos a LPP.

Em seguida, na Tabela 4, tem-se a lista de requerimentos da LPP e a equivalência com o PPAP.

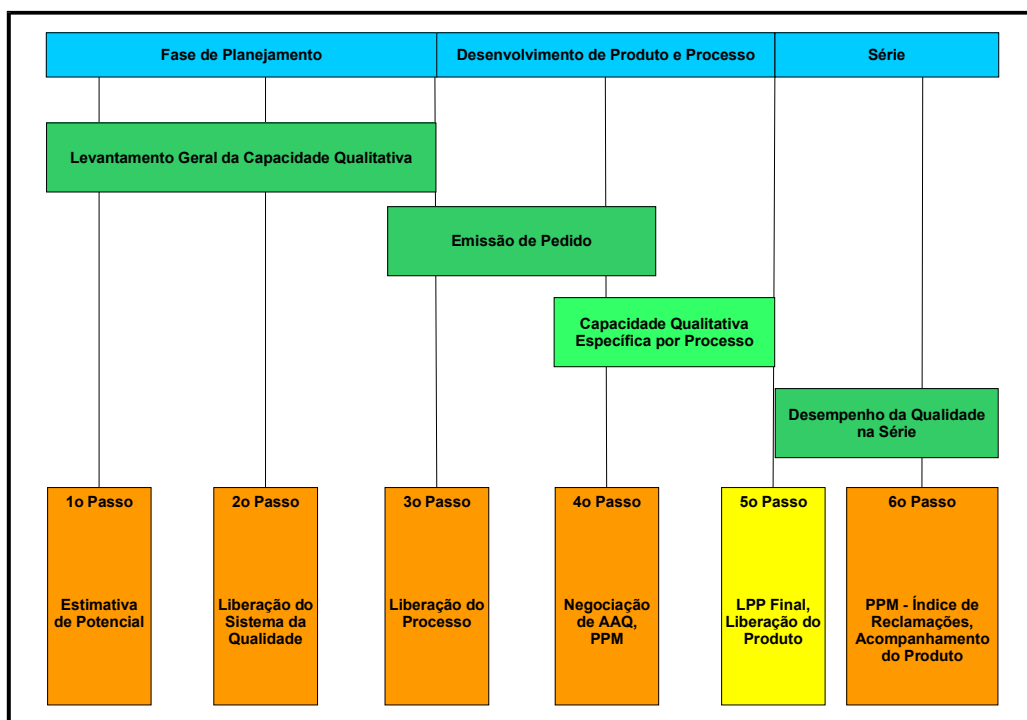


Figura 3 - Etapas para a qualificação de um produto conforme VDA. In: VERBAND DER AUTOMOBILINDUSTRIE. VDA 2: Asseguramento da Qualidade de Fornecimentos. São Paulo, Brasil: IQA, 1994. p.23.

Elemento LPP	Descrição Original em Português	Equivalente PPAP N/A = Não Aplicável
1	Folha inicial do relatório de avaliação da amostra inicial	I.2.2.13
2	Resultados das avaliações	I.2.2.7, I.2.2.8, I.2.2.15
3	Tamanho da amostra inicial	I.2.1
4	Documentos (desenhos e especificações)	I.2.2.1, I.2.2.2
5	Liberação da construção e de desenvolvimento	I.2.2.3
6	FMEA	I.2.2.4, I.2.2.6
7	Diagrama de desenvolvimento do processo	I.2.2.5, I.2.2.12
8	Planos de produção e de controle	I.2.2.12
9	Lista dos meios de controle (específica para o produto)	I.2.2.18
10	Avaliação da capacidade dos meios de controle	I.2.2.9
11	Comprovação do atendimento de exigências legais e daquelas combinadas com o cliente (meio ambiente, segurança, reciclagem, etc)	I.2.2.19

Tabela 4 - Elementos da LPP e equivalência com os elementos do PPAP. In: VERBAND DER AUTOMOBILINDUSTRIE. VDA 2: Asseguramento da Qualidade de Fornecimentos. São Paulo, Brasil: IQA, 1998.

2.3.4.Requerimentos de homologação

O VDA-2 e o PPAP equivalem-se no sentido de descrever em que situações o processo de amostras iniciais deve ser usado, essencialmente as mesmas descritas em 2.1.4.

2.3.5.Conclusões

A LPP é apresentada de forma mais concisa que o PPAP. Especificamente, é visto que os elementos os elementos I.2.2.10, I.2.2.11, I.2.2.14, I.2.2.16 e I.2.2.17 não possuem uma correlação direta com os elementos da LPP. Quanto aos demais elementos, não foram observados nenhum fator diferencial significativo.

2.4.ISO/TS-16949: Quality Systems-Automotive Suppliers (1st Edition)

2.4.1.Introdução

A ISO/TS-16949 (9) é uma evolução dos diferentes sistemas da qualidade adotados pelos fabricantes de veículos. Diversos organismos de normatização do setor nos Estados Unidos, França, Itália e Alemanha participaram do seu desenvolvimento.

2.4.2.Objetivos

De acordo com a especificação técnica, seu objetivo é indicar as linhas gerais para o desenvolvimento de um sistema da qualidade com foco em:

- melhoria contínua;
- prevenção de defeitos;
- redução de variações e perdas.

2.4.3.Requerimentos de homologação

A ISO/TS-16949 integrou nos requerimentos 4.2.3 (Planejamento da Qualidade) e 4.2.4 (Execução do Produto) todas as atividades de planejamento de qualidade de produto, nomeando este processo de Execução de Produto, ou “Product Realization”.

A Tabela 5, a seguir, mostra onde as atividades de PPAP e APQP são tratadas na ISO/TS-16949. Especificamente no parágrafo 4.2.4.11, temos que “O fornecedor deve cumprir o procedimento de aprovação de produto e processo reconhecido pelo cliente.”

A Tabela 6 apresenta a equivalência entre o PPAP e os elementos da ISO/TS-16949.

QS-9000	ISO/TS-16949 (1st Edition)
PPAP	4.2.4
APQP	4.2.4 + 4.4

Tabela 5 - Equivalência entre os Sistemas da Qualidade ISO/TS-16949 e QS-9000 quanto ao processo de apresentação de amostras iniciais e o gerenciamento de lançamento de produtos.

Requerimento ISO/TS-16949 (1st Edition)	Descrição em Português <i>Descrição Original em Inglês</i>	Equivalente PPAP N/A = Não Aplicável
4.2.4.1	Considerações Gerais <i>General</i>	N/A
4.2.4.2	Medições <i>Measurements</i>	I.2.2.7 I.2.2.8
4.2.4.3	Ciclo de Revisões <i>Review Cycle</i>	N/A
4.2.4.4	Abordagem Multidisciplinar <i>Multidisciplinary Approach</i>	N/A
4.2.4.5	Ferramentas e Técnicas <i>Tools and Techniques</i>	I.2.2.9
4.2.4.6	CAD	I.2.2.1 I.2.2.3
4.2.4.7	Características Especiais <i>Special Characteristics</i>	I.2.2.1 I.2.2.2 I.2.2.4 I.2.2.6
4.2.4.8	Revisão de Potencial de Execução <i>Feasibility Review</i>	N/A
4.2.4.9	Gerenciamento do Processo de Projeto <i>Management of Process Design</i>	N/A
4.2.4.10	Plano de Controle <i>Control Plan</i>	I.2.2.12
4.2.4.11	Processo de Aprovação de Produto <i>Product Approval Process</i>	Todos

Tabela 6 - Elementos da ISO/TS-16949 (primeira edição) e equivalência com os elementos do PPAP. In: AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP. ISO/TS 16949:Quality Systems-Automotive Suppliers. Southfield, EUA: AIAG, 1999.

2.4.4. Análise dos requerimentos

Os requerimentos 4.2.4.1, 4.2.4.3, 4.2.4.4 e 4.2.4.5 são relacionados diretamente com o APQP, e não com o PPAP. De forma resumida, os mesmos indicam que projetos de produtos devem ser revistos de forma periódica por uma equipe multidisciplinar.

Em adição ao descrito acima, o parágrafo 4.2.4.5 deve incluir o equivalente aos Estudos Iniciais de Processo do PPAP. Diferente deste último, não há uma menção explícita quanto a objetivos definidos pelo sistema em termos de Cpk ou Ppk.

Os requerimentos 4.2.4.8 e 4.2.4.9 também não têm equivalentes diretos no PPAP, mas têm no APQP. No primeiro, a idéia é de se ter uma posição segura, antes das medições estatísticas do requerimento 4.2.4.2, de que o produto projetado pode ser manufaturado de forma repetível, por exemplo, a partir de simulações ou do conhecimento da equipe multidisciplinar.

Destaque especial deve ser dado ao requerimento 4.2.4.11, o qual indica explicitamente que o fornecedor deve estar apto a cumprir o procedimento de aprovação de produto e processo (de manufatura) do cliente. A aprovação da peça (ou aprovação de produto) é considerada como a etapa final de Execução de Produto, e deve ser executada após a aprovação de processo.

Um último ponto de destaque é que a ISO/TS-16949 torna explícita, neste requerimento, a necessidade de homologação dos componentes fornecidos pelos subcontratados.

2.4.5. Conclusões

A abordagem genérica com ênfase em um processo similar ao APQP, e não ao PPAP, é marcante nesta primeira edição da ISO/TS-16949. Isto pode ser visto na Tabela 6, onde diversos requerimentos não possuem correlação direta com o PPAP.

Um outro aspecto desta abordagem genérica é o objetivo da Execução de Produto, que é “entregar produtos de acordo com os requerimentos do cliente”.

Um avanço sutil, porém significativo, refere-se ao fato de esta norma ter como um dos objetivos a redução das variações estatísticas, e não apenas em assegurar a repetibilidade de processos como visto no PPAP.

2.5.ISO/TS-16949: Quality Management Systems (2nd Edition)

2.5.1.Introdução

A segunda edição da ISO/TS-16949 (10) foi lançada em março de 2002. No Brasil, as grandes empresas do setor automotivo informaram sobre obtenção desta certificação a partir de 2003.

Três fatores inovadores podem ser vistos como base desta segunda edição: o envolvimento da JAMA – uma associação de indústrias do setor automotivo do Japão; o fato de que o capítulo sobre Execução de Produto foi completamente revisto, com um enfoque ainda mais próximo do APQP em relação à primeira edição; e a forte referência ao sistema da qualidade ISO 9001:2000.

2.5.2.Objetivos

Não há alterações em relação à primeira edição.

2.5.3.Requerimentos de homologação

O processo de Execução de Produto (capítulo 7 da especificação técnica) permanece como equivalente ao APQP. No requerimento 7.3.6.3 (Processo de Aprovação de Produto), temos que “A organização deve estar em conformidade com um processo de aprovação reconhecido pelo cliente. Este processo de aprovação de produto e manufatura também deve ser aplicado a fornecedores.”

2.5.4.Conclusão

Conforme evidenciado acima, a norma não é explícita quanto aos requerimentos de homologação, deixando isto a cargo de um entendimento entre cliente e fornecedor. Essencialmente, é o mesmo requerimento 4.2.4.11 da primeira edição.

2.6.AS-9000: Aerospace Basic Quality System Standard

2.6.1.Introdução

A AS-9000 (11) é um sistema de qualidade baseado na ISO-9000, publicado pela SAE – Society of Automotive Engineers – no ano de 1997. Seu conteúdo também se assemelha à QS-9000.

2.6.2.Objetivo

O objetivo da AS-9000, conforme seu escopo, é o de “padronizar, tanto quanto possível, os requerimentos associados a sistemas da qualidade da indústria aeroespacial”.

2.6.3.Requerimentos de homologação

Não existe nenhum elemento ou capítulo dedicado a este tema. Observa-se, no entanto, alguns elementos ou parágrafos que guardam certa correlação com o APQP e/ou com o PPAP, conforme segue:

Parágrafo 4.2.3 – Quality Planning. Descreve de forma genérica dez requerimentos da atividade de planejamento de qualidade de produto.

Parágrafo 4.4.6 – Design Review. Recomenda que, em estágios apropriados, durante o desenvolvimento, o projeto do produto, seja revisto.

Parágrafo 4.4.7 – Design Verification. Recomenda a execução de análise (medições, simulações, comparações com produtos similares), em estágios apropriados do desenvolvimento, para comprovação de que os requerimentos de projeto do estágio de desenvolvimento em questão são atendidos.

Parágrafo 4.4.8 – Design Validation. Similar ao parágrafo 4.4.7, difere apenas no objetivo, o qual é a verificação final do projeto do produto.

2.6.4.Conclusão

A AS-9000 não faz nenhuma referência a um processo específico de aprovação de produto. A norma sugere, no entanto, que um controle rígido de todas as etapas de desenvolvimento de produto, seja executado.

3. ANÁLISE DO PROCESSO DE HOMOLOGAÇÃO DE PRODUTOS

3.1.Introdução

Uma vez entendidos os requisitos de homologação de produtos dos principais sistemas da qualidade do setor automotivo, uma base sólida foi construída para que propostas factíveis sejam apresentadas. Neste capítulo, busca-se o entendimento dos objetivos de um processo de homologação de produtos, através do uso de uma técnica conhecida como Análise do Valor/Engenharia do Valor (AV/EV). Com a ajuda desta técnica, serão determinadas quais as funções essenciais deste processo, e como estas funções podem ser executadas de forma eficiente.

3.2.Análise do Valor/Engenharia de Valor (AV/EV)

O trabalho (12) registra que a “Engenharia do Valor é a aplicação sistemática, consciente de um conjunto de técnicas que identificam funções necessárias, estabelecem valor para as mesmas e desenvolvem alternativas para desempenhá-las ao menor custo possível.” Também pode ser entendida de maneira mais abrangente como “um esforço organizado dirigido à análise das funções de sistemas, produtos, especificações, padrões, práticas e procedimentos com a finalidade de satisfazer as funções requeridas ao menor custo total.”

Esta ferramenta tem sido largamente utilizada por empresas de vários segmentos, cada uma utilizando as mais diversas variações deste processo. Neste trabalho, é utilizada a técnica de definição de funções na forma “verbo + substantivo”, sendo posteriormente classificadas segundo seu tipo (identificadora/agregada), relevância ou irrelevância, e uso ou estima. Um exemplo de aplicação da técnica no setor automotivo é mostrado em (13).

3.3. Análise do processo de homologação

3.3.1. Identificação de componentes e funções do processo de homologação

O processo de homologação de produtos será dividido em partes (parágrafo 3.3.3). Para o método AV/EV, estas partes são denominadas *Componentes*. Em seguida, cada componente será descrito por *Funções*. Uma *Função* é “o objetivo de uma ação ou atividade que está sendo desempenhada, e não a ação propriamente dita” (12).

Dentre várias metodologias possíveis para identificação de componentes e funções de um processo de homologação de produtos, três se destacam:

- a vivência e experiência do autor deste trabalho. Neste caso, pode-se ressaltar o gerenciamento da homologação de oito circuitos eletrônicos integrados de áudio, rádio e digitais CMOS fabricados pela Philips Semiconductors e fornecidos à então Divisão Eletrônica da Ford Motor Company (hoje, Visteon Sistemas Automotivos), entre 1987 e 1991; além de diversos produtos da Visteon Sistemas Automotivos para empresas como PSA Peugeot Citroën, Ford, GM-Fiat e DaimlerChrysler, entre 2000 e 2002;
- entrevista com Gerentes de Programas de uma empresa fornecedora para as montadoras de veículos. No setor automotivo, esta atividade tem como missão a coordenação de equipes de trabalho cujo objetivo é o desenvolvimento, da concepção até o lançamento do produto ou sistema, em conformidade com o sistema da qualidade adotado, atendendo às expectativas do cliente em qualidade, custos e prazos, e visando a máxima lucratividade possível para a própria empresa;
- entrevista direta com as montadoras de veículos. Diversas áreas destas empresas mantêm um relacionamento direto com empresas fornecedoras, ou seja, com os gerentes de programas e suas respectivas equipes de trabalho. As principais áreas são:
 - gerência do programa;
 - compras;

- logística de materiais;
- desenvolvimento de fornecedores;
- manufatura;
- qualidade;
- engenharia.

Neste trabalho, estaremos utilizando as duas primeiras metodologias concomitantemente. Especificamente no caso da segunda metodologia, as seguintes vantagens são observadas:

- abrangência. Os Gerentes de Programas entrevistados exercem suas funções na Visteon Sistemas Automotivos, atualmente atuando com mais de 77.000 funcionários em 25 países, e cujos clientes incluem os 19 maiores fabricantes de veículos do mundo;
- centralização de informações. Gerentes de Programas são o principal elo de ligação entre empresas fornecedoras e montadoras, tendo uma participação ativa em todas as negociações-chave e revisões de projeto. Desta forma, é razoável supor que suas opiniões expressem as necessidades e objetivos de clientes e fornecedores;
- histórico como montadora de veículos. A própria Visteon é uma empresa que nasceu do desmembramento da Ford Motor Company, ocorrido em 1997. Vários destes gerentes de programas carregam a experiência e visão de uma montadora, devido a este vínculo histórico.

3.3.2. Pesquisa com Gerentes de Programas

Este parágrafo apresenta as questões feitas aos Gerentes de Programas da Visteon Sistemas Automotivos, e um resumo de suas respectivas respostas. No parágrafo seguinte, temos a captura destas respostas, juntamente com a experiência do autor deste trabalho, em funções conforme a técnica de AV/EV.

- a) Quais os principais objetivos que uma montadora espera atingir quando os seus fornecedores executam um Processo de Aprovação de Amostras Iniciais?

- Verificar o atendimento às especificações e requerimentos de desenhos.
 - Garantir que a qualidade do componente ou subsistema esteja nos níveis especificados.
 - Garantir a continuidade de fornecimento durante produção normal (baixos índices de desempenho e qualidade na produção destes componentes podem afetar os compromissos de entrega dos mesmos às montadoras, causando severos prejuízos financeiros).
 - Garantia de que o processo do fornecedor é estatisticamente capaz e robusto, prevenindo assim a ocorrência de rejeições e interrupções no fornecimento.
 - Garantia de que mesmo as menores mudanças em um produto corrente sejam devidamente avaliadas quanto aos impactos acima.
- b)** Na opinião de um Gerente de Programas, quais os principais objetivos devem ser atingidos pela empresa fornecedora em um Processo de Aprovação de Amostras Iniciais?

- Identificar em toda a documentação do projeto (desenhos, especificações, etc) quais os pontos que podem eventualmente gerar dúvida sobre a necessidade de execução de testes, ou mesmo sobre a conformidade do teste executado em comparação com a documentação fornecida pela montadora, documentá-los claramente e definir uma abordagem conjunta com o cliente para que uma conclusão seja obtida.

Exemplo: Em um painel de instrumentos de veículo, diversos subsistemas (rádios, mostradores de velocidade, sistemas de navegação, entre outros) vindos de fabricantes diferentes do painel podem ser agregados ao mesmo. Tipicamente, é exigido dos fabricantes destes últimos que haja um controle dimensional apenas dos pontos de fixação de seus produtos ao painel. Se após montado, ocorrer algum tipo de problema devido à interação do subsistema com o painel (por exemplo, ruído devido ao atrito) e este não for causado pelos pontos de fixação, há o risco de uma disputa técnico/comercial sobre a responsabilidade de correção do problema (o fabricante do painel ou do subsistema) e dos custos gerados por esta não qualidade.

- Alguns Gerentes de Programas defendem a idéia de que não há necessidade de execução de homologação para mudanças de engenharia em produtos maturados. Neste caso, o processo seria substituído por um rigoroso processo de gerenciamento de mudanças.

c) Que tipos de dados são apresentados às montadoras que, em sua opinião, não adicionam valor ao processo?

- Duplicação de documentos. É sugerido que seja entregue ao cliente apenas um sumário da aprovação. Esta página deve referenciar o local de guarda dos documentos que contêm todos os detalhes.
- Duplicação de testes. Por exemplo, se duas peças plásticas diferentes são injetadas com um mesmo tipo de matéria-prima, a homologação desta matéria-prima deve ser feita uma única vez, e referenciada para todas as peças que a utilizam.
- Execução de testes pelo simples fato de estarem em uma especificação, sem que seja feita uma análise crítica da necessidade do mesmo para o projeto, componente ou subsistema em específico. A execução de testes contidos em especificações genéricas também se enquadra nesta situação.

d) Indique os principais requerimentos considerados como um gargalo do processo de Amostras Iniciais, em termos de custo.

- Excesso de auditorias por parte de clientes.
- Excesso de revisões e relatórios.
- Estrutura e recursos necessários para o acompanhamento de um processo de homologação.
- Execução de testes já realizados, devido a falhas na condução, interpretação inadequada das condições de testes ou dos resultados, etc.
- Utilização de equipamentos sofisticados, em detrimento de soluções mais simples e igualmente eficazes.

e) Idem à questão d) acima, em termos de tempo.

- As respostas foram essencialmente idênticas às encontradas na questão d).

f) Indique requerimentos não escritos nos processos de Amostras Iniciais das montadoras, os quais são normalmente incluídos em um Compromisso de Trabalho (“Statement of Work”) específico, ou mesmo aqueles que eventualmente nunca são formalizados.

- O processo de homologação de amostras iniciais normalmente é a fase final de aprovação de uma peça, componente ou sistema. Nos casos em que a aprovação de parâmetros subjetivos ou não facilmente quantificáveis por grandezas físicas, como é o caso da aprovação de aparência, são normalmente definidas diversas fases de aprovação interina, anteriores à aprovação final. Tais parâmetros podem ser níveis de arranhões em superfícies, brilho, cor, harmonia, ou ruído, dentre outros.
- Durante a aprovação interina de parâmetros subjetivos, pode ocorrer que os ajustes encontrados em comum acordo entre cliente e fornecedores não sejam posteriormente traduzidos para um documento ou especificação escrita, ou mesmo a geração de uma amostra-padrão. Tal situação pode levar a uma falsa situação de “não conformidade” no futuro, no caso de usuários do cliente, alheios ao processo de homologação (normalmente a área de manufatura), questionar sobre estes mesmos parâmetros.

3.3.3. Componentes e Funções do processo de homologação

A seguir, o processo de homologação de produtos é dividido em componentes, os quais, por sua vez, são descritos por funções. É usada a técnica de descrição de funções por meio de verbo e substantivo. A Tabela 7 apresenta cada componente do processo de homologação de produtos, suas funções, e uma breve descrição do seu significado.

Componente	Função (Verbo+Substantivo)	Descrição
Especificações	Documentar Produto	Registrar os detalhes técnicos de funcionamento e construção do produto.
	Fornecer Evidências	Fornecer material a ser avaliado durante auditorias de órgãos governamentais, do cliente ou de terceiros. Exemplo: auditoria de certificação de sistema da qualidade.

Componente	Função (Verbo+Substantivo)	Descrição
Testes e Ensaios	Aprovar Aparência	Homologação de aspectos de aparência do produto, tais como cor, forma, brilho, textura, harmonia.
	Atender Legislação	A homologação deve atestar se o produto atende à legislação aplicável ao mesmo. Esta legislação varia tipicamente entre países. Exemplo: níveis de emissão de poluentes.
	Atender Normas	Verificação de que o produto e seu fabricante atende a todos os requisitos das normas solicitadas pelos clientes. Exemplo: requerimentos específicos da Ford conforme descritos no manual do PPAP.
	Avaliar Durabilidade	A partir de testes de durabilidade, avalia-se o desempenho do produto em diversas condições, tais como: temperatura, umidade, pressão, vibração, salinidade.
	Avaliar Fornecimento	Avaliar a qualidade e continuidade de fornecimento de peças à montadora. Estas devem chegar ao seu destino no tempo e em quantidades solicitados, mantendo todas as suas características técnicas intactas.
	Avaliar Funcionamento	Avaliar o desempenho do produto em si, em condições normais de operação.
	Comparar Medidas	Os valores medidos de parâmetros do produto durante os testes e ensaios devem ser comparados com os valores e tolerâncias definidas em projeto.
	Executar Experimentos	Execução de testes, ensaios e simulações para coleta de dados e análise de desempenho do produto.
	Validar Fabricação	Validar processo de montagem e teste do produto, verificando se os mesmos são estatisticamente repetíveis.
	Validar Montagem	Validação da interação entre o produto (peça) e o sistema (veículo), durante montagem.
Validar Projeto	Validação do produto em nível de projeto, a partir de simulações, protótipos, pesquisas de satisfação de clientes, dentre outros.	

Componente	Função (Verbo+Substantivo)	Descrição
Testes e Ensaios	Validar Tecnologia	No caso de novas tecnologias (novos materiais ou novos processos, por exemplo), estas também devem ser homologadas. A validação da tecnologia normalmente independe do produto na qual é aplicada. Exemplo: novos materiais obtidos normalmente em condições de laboratório, cuja produção em larga escala, está sendo iniciada.
Relatórios	Analisar Resultados	Análise de resultados dos testes e ensaios executados, para um posterior julgamento sobre se o produto foi aprovado ou não.
	Documentar Produto	(Item descrito anteriormente).
	Documentar Resultados	Registrar todos os resultados obtidos na homologação para o caso de auditorias requeridas pelo cliente e pelos órgãos de fiscalização governamentais, entre outros.
	Fornecer Evidências	(Item descrito anteriormente).
	Gerar Melhorias	Fornecer informações sobre ensaios cujos resultados apresentam uma alta variabilidade, de modo que possam ser feitas melhorias no produto ou processo.
Laudo Técnico	Atender Evento	As montadoras, durante a homologação de veículos, programa montagens de unidades consideradas como vendáveis, a partir de peças homologadas.
	Atender Legislação	(Item descrito anteriormente).
	Atender Normas	(Item descrito anteriormente).
	Documentar Resultados	(Item descrito anteriormente).
	Fornecer Evidências	(Item descrito anteriormente).
	Obter Aprovação	Ato de formalização entre cliente e fornecedor de que o produto homologado está em conformidade em relação aos requerimentos acordados.
Amostras	Atender Evento	(Item descrito anteriormente).
	Fornecer Evidências	(Item descrito anteriormente).
	Gerar Padrões	Geração de peças-padrão para uso na calibração de equipamentos, aceitação de produção e montagem de lotes-piloto.

Tabela 7 - Componentes e Funções de um processo de homologação de produtos.

3.4. Classificação de funções

A seguir, passamos à classificação de funções. Esta classificação será posteriormente utilizada, ao longo do trabalho. As definições de cada classificação são apresentadas conforme segue:

- funções identificadoras (ID): consistem na razão de ser do produto, sem as quais este estaria descaracterizado e perderia o seu valor ou utilidade para o usuário;
- funções agregadas (A): são aquelas que possibilitam o melhor desempenho das funções identificadoras, ou ainda que ajudam na venda de um produto;
- funções de uso (U): possibilitam o funcionamento do produto e são definidas por verbos e substantivos mensuráveis;
- funções de estima (E): estão relacionadas à vontade do usuário ou cliente em possuir o produto, e são definidas por verbos e substantivos não mensuráveis;
- funções relevantes (R): são aquelas que o usuário ou cliente quer encontrar desempenhadas pelo produto;
- funções irrelevantes (I): existem somente para que funções relevantes possam ser realizadas, ou seja, aparecem apenas para dar suporte à realização das funções relevantes.

A Tabela 8 mostra a classificação das funções listadas conforme as definições acima.

Função (Verbo+Substantivo)	ID/A	U/E	R/I
Analisar Resultados	X	X	
Aprovar Aparência	X		X
Atender Evento			X
Atender Legislação	X		X
Atender Normas	X		X
Avaliar Durabilidade	X	X	X
Avaliar Fornecimento			
Avaliar Funcionamento	X	X	X
Comparar Medidas			X
Documentar Produto			
Documentar Resultados	X		
Executar Experimentos	X		X
Fornecer Evidências			X
Gerar Melhorias			
Gerar Padrões			
Obter Aprovação	X		X
Validar Fabricação	X		X
Validar Montagem			
Validar Projeto			X
Validar Tecnologia			X

Tabela 8 - Funções de um processo de homologação de produtos e respectiva classificação.

3.4.1. Diagrama FAST

O FAST (Function Analysis System Technique) foi desenvolvido por Charles S. Bytheway em 1965 com o objetivo de promover um maior entendimento entre as funções de um produto, serviço ou processo.

Esta técnica produz um diagrama composto pelas funções integradas de forma lógica, denominado árvore funcional, o qual fornece uma visão sistêmica do processo em análise. Detalhes sobre a aplicação desta técnica são encontrados em (12).

Dentro da árvore funcional, o caminho crítico do processo, que é a essência do mesmo e cujas funções não estão relacionadas com a forma ou solução atual do processo, é identificado. Pela técnica, funções que não se ligam ao caminho crítico podem ser eliminadas, sem que haja descaracterização do processo.

No diagrama também é identificado o escopo do processo, ou seja, as funções que são de competência do processo, funções que devem ser executadas para possibilitar o seu funcionamento, e as funções com as quais o processo colabora.

A Figura 4 a seguir apresenta o diagrama FAST do processo de homologação de produtos, onde é visto o seu escopo, entre as linhas pontilhadas, e caminho crítico, o principal ramo do gráfico. A partir deste, alguns comentários e conclusões são registrados:

- todas as funções identificadoras (em amarelo no diagrama) aparecem no caminho crítico. Este é um resultado esperado, uma vez que as funções identificadoras, se eliminadas ou modificadas, descaracterizam o processo;
- as funções *Documentar Produto* e *Atender Evento* são consideradas como não pertencentes ao escopo do processo. No caso da primeira, entende-se que as especificações, normas, compromissos de trabalho, são entradas do processo, as quais são preparadas nas fases iniciais do programa. Quanto à segunda, entende-se fazer parte de outros processos não pertencentes à homologação da peça;
- a função *Validar Montagem* também foi considerada como fora do escopo. A razão vem da análise da função em si. Ao avaliar a montagem do veículo, um dos objetivos é o de se observar como todas as suas peças se comportam em condições reais de uso na montadora, e não o de procurar não conformidades na peça em si, já que esta garantia é dada basicamente pelo sistema de qualidade do fabricante da peça e pela homologação da mesma.

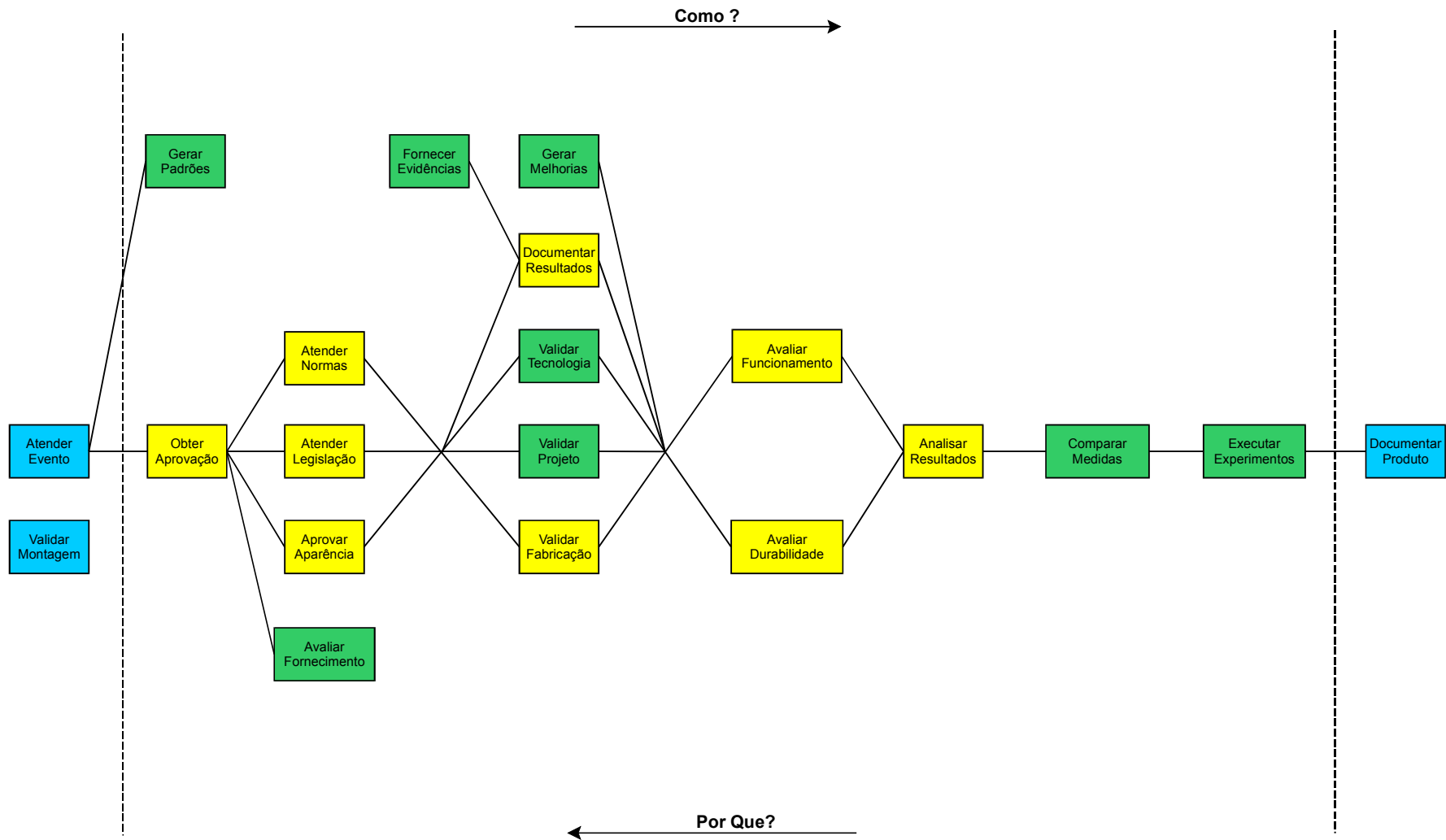


Figura 4 - Diagrama FAST de um processo genérico de homologação de produtos. As funções em amarelo são as funções identificadoras, e as azuis denotam

3.4.2.Reavaliação de funções

Neste parágrafo, apresenta-se uma análise crítica das funções de um processo de homologação de produtos, obtendo-se, desta forma, as bases para a proposta alternativa ao mesmo.

Como uma das premissas básicas deste trabalho é a de obter-se uma proposta em consonância com a segunda edição da ISO/TS-16949, todas as menções ao termo “ISO/TS-16949”, a partir deste parágrafo, devem ser entendidas como sendo a esta edição em específico. Expressões do tipo “conforme elemento XYZ” também devem ser entendidas como referências a elementos desta especificação técnica, exceto nos casos explicitamente referenciados.

Após a análise crítica, sob o título de Recomendações, serão listados os pontos específicos a serem considerados na proposta de homologação de produtos.

a. Fornecer Evidências e Gerar Melhorias

A partir da análise do diagrama FAST da Figura 4, conclui-se que ambas as funções podem ser eliminadas, já que nenhuma delas possuem caminhos que levem à função *Atender Evento*, ao se fazer a pergunta “Por Que?”, repetidamente, a partir de seus respectivos blocos.

Recomendação

- Eliminar as funções.

b. Documentar Produto

Levando-se em conta os requerimentos da ISO/TS 16949 e as necessidades levantadas em pesquisa, considera-se que durante a documentação de um produto, as seguintes práticas devam ser contempladas:

- excelência na formação técnica da equipe de projeto. Entende-se como equipe de projeto, todas as pessoas direta ou indiretamente ligadas ao desenvolvimento do produto (engenheiros de manufatura e da qualidade, compradores, analistas de materiais, dentre outros), e não apenas aos projetistas propriamente ditos;

- identificação e parametrização das características críticas para a qualidade (CTQ). Estas características devem ser o objeto central de avaliação pelo processo de homologação de produtos. Técnicas como a Função de Desdobramento da Qualidade (QFD) são normalmente utilizadas para descrição destas características. Posteriormente, estas características são utilizadas nos FMEA e Planos de Controle;
- minimização de variações das características CTQ, como forma de prevenir falhas, a partir das etapas iniciais de projeto, em detrimento da tratativa de defeitos através da detecção de falhas. A metodologia Seis Sigma (anexo 2) preconiza a utilização da ferramenta conhecida como Projeto para Seis Sigma (DFSS) como um caminho em busca da excelência;
- extensiva utilização de ferramentas computacionais tipo CAE/CAD/CAM em todas as etapas de projeto, quer seja do produto (CAE/CAD), quer do processo de fabricação (CAE/CAM), quer de simulação para determinação de variabilidade de características CTQ em análises de confiabilidade (temperatura, umidade, vibração, dentre outras). Neste caso, um conceito inédito em termos de sistemas de qualidade automotivos pode ser explorado: a homologação de ferramentas e modelos computacionais;
- congelamento da etapa de projeto de produto. As chamadas “mudanças tardias”, após as fases de validação de projeto e documentação do produto, têm sido apontadas como causa comum de erros. Por exemplo, devido à pressão do cronograma, as pessoas envolvidas no projeto tendem a subestimar a necessidade de uma avaliação detalhada dos impactos de mudanças. Considera-se esta como sendo uma questão tanto disciplinar quanto de planejamento no processo de gerenciamento de projetos, respectivamente, pela necessidade de respeitar-se as limitações de tempo em um desenvolvimento, e pelo fato de que um planejamento prévio e metódico é fundamental para o sucesso de qualquer projeto;
- elaboração de um plano de validação e controle abrangendo todas as características CTQ identificadas. Devem ser consideradas:
 - validação da tecnologia;

- validação do projeto;
- validação de manufatura ou fabricação;
- controle de características.

Recomendação

Incluir os itens abaixo como pré-requisitos obrigatórios ao processo de homologação de produtos:

- verificação do cumprimento do elemento 6.2.2.1 – “Product design skills”, relativo à formação técnica de toda a equipe de projeto. Incluir conhecimento da técnica DFSS e da metodologia Seis Sigma;
- homologar previamente as ferramentas computacionais e modelos matemáticos utilizados em todas as fases de projeto e homologação de produto conforme a norma ISO/IEC 14598 (14) (15) (16);
- identificação das características CTQ, conforme abordado no elemento 7.3.2 – “Design and development inputs”;
- planejar a execução das validações necessárias de tecnologia, projeto e fabricação, de modo a otimizar-se os recursos de engenharia através da diminuição da quantidade de testes redundantes em diferentes etapas de validação. Utilizar documentos como FMEA e Plano de Controle como entradas para o planejamento., conforme requerido respectivamente pelos elementos 7.3.3 - “Design and development outputs” e 7.5.1.1 - “Control plan”.

c. Executar Experimentos

O desafio na busca de formas alternativas e eficientes de execução de experimentos está basicamente no balanceamento dos seguintes fatores:

- tempo de execução (minimizar);
- custo da execução (minimizar). Como exemplo, um teste de durabilidade de peças a serem usadas no compartimento de motores pode chegar, de acordo com a especificação adotada, a casa das centenas de milhares de dólares;

- disponibilidade da tecnologia. Este fator é especialmente crítico no Brasil, o qual, embora contando com avanços e investimentos significativos, sabe-se que é comum as indústrias do setor, especialmente as multinacionais, recorrerem aos seus centros técnicos no exterior para execução de testes e ensaios. Graças ao avanço da tecnologia de semicondutores, alavanca-mestre da criação de microprocessadores cada vez mais rápidos, tem-se em franca expansão a utilização de simuladores computacionais e de ferramentas de realidade virtual. Este avanço, em vários casos, tem levado a uma diminuição no tempo e nos custos de execução de ensaios. Com ferramentas tipo CAE, como por exemplo o SPICE, simulador computacional para circuitos e dispositivos eletrônicos, é possível prever o comportamento de sistemas extremamente complexos, tendo-se inclusive resultados sobre a variabilidade de determinadas características, como tolerância de componentes ou fatores ambientais (temperatura), sem que produtos reais sejam fisicamente medidos.

Recomendações

- Durante o planejamento de validação de produto, a equipe deve levar em conta os fatores tecnológicos, os investimentos necessários para tê-la;
- Incluir na ISO/TS 16949 a necessidade de homologação de ferramentas e modelos computacionais conforme a norma ISO/IEC 14598 (ver função *Documentar Produto*).

d. Comparar Medidas

Esta função é a essência de um conceito de qualidade antigo, largamente aplicado no Japão na década de 1950, que é a *Adequação ao Padrão*.

A comparação de parâmetros com padrões tem como objetivo fornecer dados para a avaliação do funcionamento e da durabilidade de uma peça produzida em relação aos requerimentos estabelecidos.

Recomendação

- Utilizar uma ferramenta de registro dos requerimentos de homologação a serem

cumpridos, e respectivos resultados.

e. Analisar Resultados

Esta é uma atividade eminentemente técnica, onde todos os dados obtidos durante a execução de experimentos são tabulados ou colocados em forma gráfica, de modo que conclusões sejam tiradas sobre o desempenho do produto. Se necessário, melhorias são propostas, as quais, dependendo das circunstâncias, podem ser incorporadas de imediato ou não. Caso não conformidades sejam encontradas, um plano de ações corretivas deve ser posto em prática.

Recomendação

- Observar elementos da norma ISO/TS 16949 em relação à documentação do produto no caso de mudanças no projeto (elemento 7.3.7 – “Control of design and development changes”) e de tomada de ações corretivas (elemento 8.5.2 – “Corrective action”).

f. Avaliar Funcionamento e Avaliar Durabilidade

Consideram-se estas funções como particularidades das atividades já descritas em *Comparar Medidas e Analisar Resultados*.

Recomendação

- Nenhuma.

g. Validar Tecnologia, Validar Projeto e Validar Fabricação

A partir da aplicação direta da técnica FAST às funções listadas na Tabela 7, chega-se à conclusão de que estas validações ocorrem concomitantemente, conforme visto na Figura 4. No entanto, esta é uma aproximação linear dos eventos que acontecem durante o desenvolvimento de um produto. Em (17), é citado que “Todos os projetos têm uma característica básica: não se desenvolvem linearmente, com cada etapa sendo completamente detalhada antes de se passar para a seguinte. (...) Um projeto se desenvolve em fases seqüenciais, embora considerações

pertinentes a fases posteriores sejam necessariamente utilizadas em fases anteriores”. Este processo de desenvolvimento é conhecido como *Espiral de Projetos*.

A seguir, são listadas as sete fases típicas de um projeto. Comentários foram adicionados apenas às etapas pertinentes à análise destas funções.

- Estudo de Viabilidade. Diz respeito à fase inicial do projeto, onde, por exemplo, as diversas tecnologias disponíveis são analisadas quanto à sua aplicação, custo ou maturidade. Nesta fase, diversas soluções podem ser identificadas, cada uma com um diferente nível de compromisso dos seus aspectos-chave.
- Projeto Básico. Diz respeito à avaliação das soluções apontadas pelo estudo de viabilidade, e escolha de uma das soluções. O projeto é detalhado em profundidade suficiente para que as principais características CTQ, bem como as características que as afetam diretamente, sejam avaliadas, por exemplo, a partir de modelos matemáticos (CAD).
- Projeto Executivo. Trata do projeto detalhado do produto, onde todas as características e componentes são especificados. Antes de iniciada esta etapa, uma decisão é tomada sobre a continuidade do projeto. Isto é necessário, pois normalmente os maiores investimentos financeiros são feitos nesta etapa, tais como confecção de protótipos, ferramentais, desenvolvimento e investimento com sub-fornecedores, etc. Merece destaque a avaliação de características CTQ com o auxílio de protótipos, as quais não puderam ser avaliadas através da modelagem matemática.
- Planejamento da Produção/Execução. Diz respeito às instalações fabris, máquinas e equipamentos, técnicas de manufatura, controle de processos e qualificação das pessoas ligadas diretamente ao processo de manufatura do produto.
- Planejamento da Disponibilização ao Cliente.
- Planejamento do Consumo ou Utilização do Produto.
- Planejamento do Abandono do Produto.

Pode-se concluir, portanto, que a validação de uma determinada tecnologia está intimamente associada à fase 1 do projeto, que a validação do projeto

está associada às etapas 2 e 3, e que a validação de fabricação está associada à etapa 4. Além disso, devido ao processo de projeto em espiral, as validações de tecnologia e de projeto, ocorrem concomitantemente, mesmo que parcialmente, à função *Documentar Produto*. Esta conclusão reforça a recomendação de que o planejamento de validação do produto deve englobar todas as funções de validação, e deve ser iniciada já nas primeiras fases do projeto.

Como comentário final, um outro aspecto passível de otimização, também relacionado à validação de produtos, é a determinação do tamanho da amostra para os testes executados. Considera-se que este assunto esteja fora do escopo deste trabalho, uma vez que diversas publicações disponíveis relacionadas às ciências da Estatística e da Confiabilidade abordam detalhadamente a matéria.

Recomendação

- Idem às já descritas na função *Documentar Produto*.

h. Documentar Resultados

A necessidade de documentação de um plano de validação englobando um descritivo dos métodos de ensaios, critérios de aceitação e resultados das avaliações, bem como a necessidade de um planejamento integrado de todas as validações necessárias, foram objeto de análise das funções anteriores. A seguir, é apresentada uma proposta de ferramenta chamada Plano de Validação Total (PVT), a qual deve ser encarada como uma evolução do DVP&R (Plano de Validação de Projeto & Relatório), mencionado no manual de APQP da QS-9000.

A Figura 5, a seguir, exemplifica o PVT. Os comentários em vermelho indicam o significado dos principais campos. Os comentários em azul indicam o significado do campo *Classe*. Este campo, emprestado do formulário de Plano de Controle proposto pelo APQP da QS-9000 (Figura 6), tem exatamente o mesmo significado e utilização de seu similar, e está em conformidade com o elemento 7.2.1.1 – “Customer-designated special characteristics”. Seus possíveis valores são:

- *característica não-chave*: características consideradas como improváveis de impactar a aplicação, funcionalidade, segurança ou legislação em caso de

variações previsíveis;

- *característica chave ou característica significativa*: São características importantes para o cliente, ou que podem impactar a aplicação ou funcionalidade em caso de variações previsíveis;
- *característica crítica*: São características que podem impactar a segurança ou o cumprimento de legislação em caso de variações previsíveis.

O PVT proposto apresenta as seguintes propriedades:

- identificação da peça (nome e número de identificação), nome do projeto associado (por exemplo, o nome-código do veículo) e o nome do cliente;
- identificação dos responsáveis pela validação do projeto (Engenheiros de Produto e Manufatura);
- status de aprovação dos testes e assinatura dos responsáveis, atestando o laudo de aprovação;
- visão em folha única das eventuais redundâncias de testes para as diversas validações necessárias;
- visão dos resultados de cada teste e comentários sobre os mesmos, quando aplicável.

Recomendação

- Utilizar o Plano de Validação Total como ferramenta de planejamento e controle dos testes e ensaios necessários.

i. Atender Normas e Atender Legislação

Na análise da função Documentar Produto, é sugerido que, através do QFD, sejam identificadas as características CTQ. Estas características são documentadas no Plano de Controle (Figura 6), inclusive em relação a características chave, não-chave e críticas.

Portanto, o atendimento por parte do produto à legislação, normas e especificações vigentes pode ser verificado através deste documento e do PVT.

Recomendação

- Incluir o Plano de Controle e o PVT na documentação de homologação de produto.

j. Aprovar Aparência

O elemento 8.2.4.2 – “Appearance items” e o elemento I.2.2.14 – “Appearance Approval Report” (AAR) do PPAP abordam a questão de aprovação de aparência. Uma análise mais detalhada mostra que o AAR é compatível com a ISO/TS 16949.

Este último elemento requer o preenchimento de um formulário específico, mostrado na Figura 7, o qual tem o mérito de registrar em dados numéricos, como visto no campo Avaliação de Cor (“Color Evaluation”), parâmetros que o senso comum tende a julgar de forma subjetiva.

Recomendação

- Utilizar o formulário AAR, quando o produto assim o requerer.

k. Gerar Padrões

O PPAP define a utilização de amostra-padrão como sendo a de “auxiliar na definição de um padrão de produção, especialmente quando dados são ambíguos ou em detalhes insuficientes para que produtos sejam reproduzidos (manufaturados) conforme seu estado de aprovação original”. A ISO/TS 16949 não contém informação explícita sobre a geração de padrões.

O propósito definido pelo PPAP mostra que a existência deste requerimento serve unicamente para contornar dúvidas relativas à documentação de produto. Considerando-se as modernas ferramentas de CAE e realidade virtual disponíveis, pode-se eliminar esta função, sem prejuízo ao processo.

Já a utilização de amostras para ajustes de produção do cliente, é um fato usual que pode ser tratado de forma independente da homologação do produto em si.

Recomendação

- Desconsiderar esta função do processo de homologação de produtos.

l. Avaliar Fornecimento

Pode-se dizer que a garantia de um fornecimento ininterrupto de peças é assegurada pelos seguintes fatores:

- qualidade do processo produtivo e do projeto da peça, minimizando-se as interrupções de produção por quebra da qualidade;
- qualidade da embalagem, armazenamento e transporte da peça, evitando-se a sua danificação após ter sido manufaturada.

O primeiro item é o principal foco de trabalho do processo de homologação de peças. Já o segundo, não é tratado em nenhum dos processos anteriormente estudados, com exceção do APQP (elemento 4.6 – “Packaging Evaluation”), o qual, na verdade, é um processo de gerenciamento de projetos.

Assumindo-se que a embalagem não é uma parte integrante do produto, embora seja essencial para que o produto chegue até o cliente em perfeitas condições, será

considerada, neste estudo, a mesma prática adotada pelo APQP.

Recomendação

- Eliminar a função.

m. Obter Aprovação

Tanto o PPAP quanto o VDA preconizam a formalização de aprovação da homologação do produto. A ISO/TS 16949 não faz nenhuma menção explícita. Conforme os dois primeiros processos, a aprovação tanto pode ser dada explicitamente pelo cliente, como o cliente pode autorizar ao fornecedor proceder com uma auto-aprovação. Este é o caso, por exemplo, da Ford Motor Company, a qual autoriza os seus fornecedores com status de qualidade Q1 (concedido pela montadora) a auto-aprovarem suas homologações.

A Figura 9 apresenta uma proposta de certificado de homologação, a qual é baseada no certificado de submissão da peça (PSW) do PPAP (Figura 10).

Recomendações

- Utilizar o certificado de homologação proposto na Figura 9;
- Definir junto ao cliente um processo para autorização de auto-aprovação, com a finalidade de minimizar auditorias e submissões formais de documentos.

3.4. Conclusões

O diagrama FAST da Figura 4 e a análise crítica de funções foram de fundamental importância na preparação de uma nova proposta para o processo de homologação de produtos. Na Figura 8, temos o diagrama FAST revisado, após as considerações feitas durante a análise crítica. No capítulo a seguir, é apresentada a proposta para homologação de produtos.

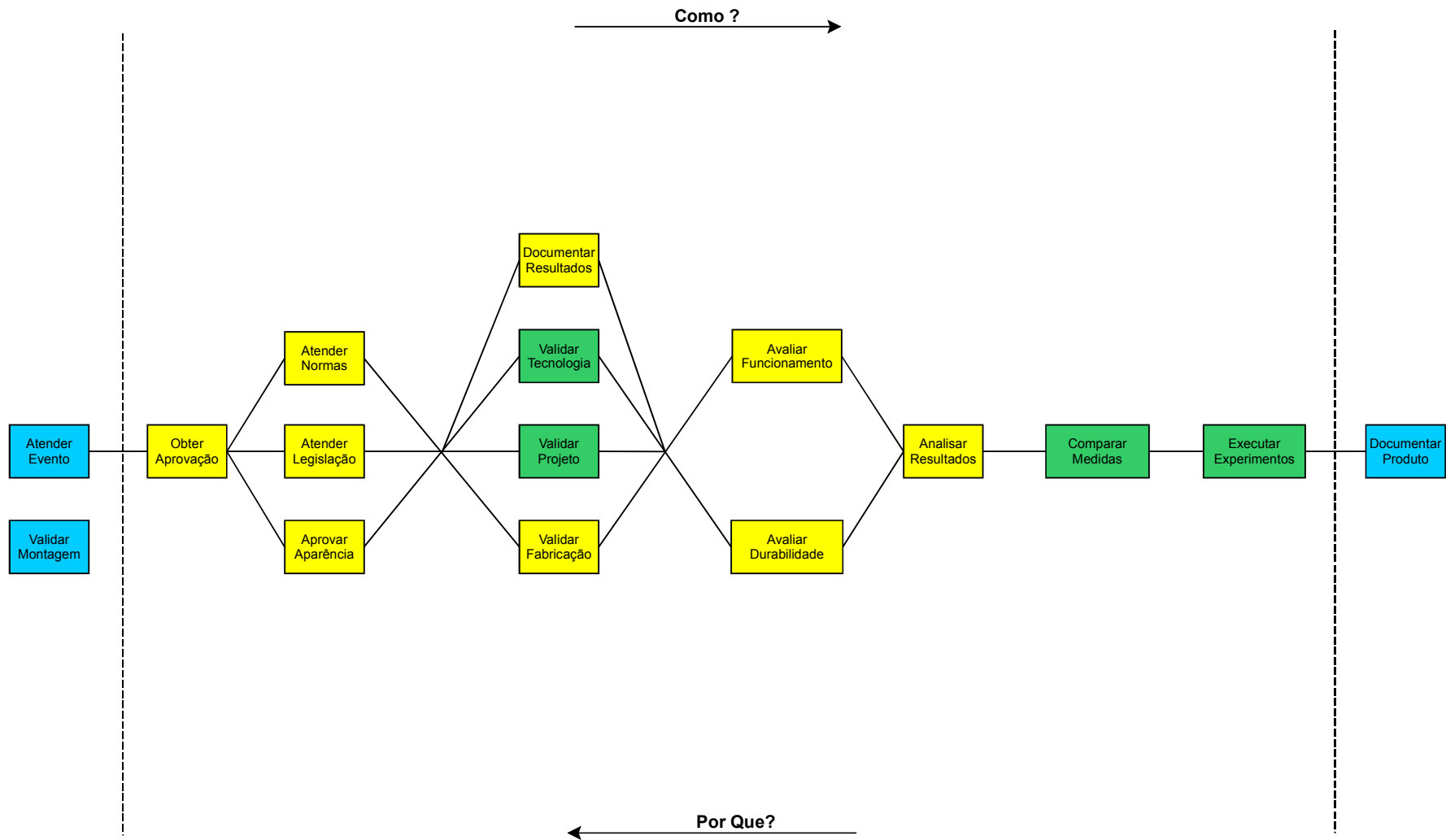


Figura 8 - Diagrama FAST revisado, após análise crítica das funções.

4. PROPOSTA DE HOMOLOGAÇÃO DE PRODUTOS

4.1. Introdução

Com base nas conclusões do parágrafo 3.3.6, bem como nas lições aprendidas durante a análise dos sistemas de qualidade automotivos (capítulo 2), tem-se, neste capítulo, a elaboração da proposta alternativa para homologação de produtos. A título de análise final, é apresentada uma comparação desta com o PPAP.

4.2. Elementos do processo proposto de homologação de produtos

Os elementos considerados essenciais ao processo de homologação de produtos, são:

1. **DFMEA e PFMEA**, a serem aplicados de acordo com os elementos I.2.2.4 e I.2.2.6 do PPAP, conforme análise do parágrafo 3.3.6, função *Documentar Produto*;
2. **Plano de Controle**, a ser aplicado de acordo com elemento 7.5.1.1 da ISO/TS 16949 e I.2.2.12 do PPAP (Figura 6), conforme análise do parágrafo 3.3.6, função *Documentar Produto*;
3. **Plano de Validação Total (PVT)**, conforme proposto no parágrafo 3.3.6, função *Documentar Resultados* (Figura 5);
4. **Relatório de Aprovação de Aparência (AAR)**, caso o processo requeira, de acordo com elemento I.2.2.14 do PPAP (Figura 7), conforme recomendações do parágrafo 3.3.6, função *Aprovar Aparência*;
5. **Sumário de Homologação de Peças**. O propósito deste sumário seria o de documentar o status de aprovação de cada uma das peças que fazem parte do produto. Desta forma, tem-se um registro de que:
 - todos os sub-fornecedores, internos e externos ao local de fabricação do produto final, executaram o processo de homologação requerido;
 - a homologação do produto final tenha sido executada com peças qualificadas.

6. Certificado de Aprovação de Peça (CAP), conforme proposto no parágrafo 3.3.6, função *Obter Aprovação* (Figura 9);

4.3. Mudanças propostas na ISO/TS 16949

- Incluir no elemento 6.2.2.1 – “Product design skills”, requerimento relativo à formação em Seis Sigma e Projeto para Seis Sigma (DFSS) por parte dos membros da equipe de projeto.
- Incluir no capítulo 7 – “Product realization”, o requerimento de homologação de ferramentas e modelos computacionais conforme a norma ISO/IEC 14598 – “Information technology – Software product evaluation”.
- Adicionar ao elemento 7.3.6.3 – “Product approval process”, os requerimentos desta proposta de homologação de produtos.

4.4. Comparação com o PPAP e a LPP

A tabela a seguir é uma extensão da Tabela 4, apresentada anteriormente, e compara os elementos da proposta de homologação de produtos com dois dos processos estudados, o PPAP e a LPP. Verifica-se que diversos elementos destes processos não são encontrados na proposta. Por outro lado, o elemento 5, Sumário de Homologação de Peças, foi acrescentado em relação aos demais processos.

Elemento PPAP	Equivalente LPP N/A = Não Aplicável	Equivalente Proposta N/A = Não Aplicável	Descrição dos elementos da Proposta
I.2.2.1	4	N/A	
I.2.2.2	4	N/A	
I.2.2.3	5	N/A	
I.2.2.4	6	1	DFMEA e PFMEA
I.2.2.5	7	N/A	
I.2.2.6	6	1	DFMEA e PFMEA
I.2.2.7	2	3	PVT
I.2.2.8	2	3	PVT
I.2.2.9	10	N/A	
I.2.2.10	N/A	N/A	
I.2.2.11	N/A	N/A	
I.2.2.12	7 e 8	2	Plano de Controle
I.2.2.13	1	6	CAP
I.2.2.14	N/A	4	AAR
I.2.2.15	2	3	PVT
I.2.2.16	N/A	N/A	
I.2.2.17	N/A	N/A	
I.2.2.18	9	N/A	
I.2.2.19	11	3	PVT
N/A	N/A	5	Sumário de Homologação de Peças

Tabela 9 - Comparação entre o PPAP, a LPP e a Proposta de Homologação de Produtos.

4.5. Análise crítica da proposta

São analisados, a seguir, cada elemento do PPAP em relação à proposta apresentada, principalmente sob a ótica qualitativa (vantagens e desvantagens).

Os registros de projeto abordados pelos elementos I.2.2.1 a I.2.2.3 foram abolidos dos requerimentos de homologação. Para o fornecedor, a vantagem mais imediata refere-se à confidencialidade de seu projeto e tecnologias, obtendo-se um melhor controle sobre a propriedade intelectual e tecnológica. Para o cliente, a vantagem reside na redução das informações compartilhadas, sem prejuízo para o processo.

Os elementos I.2.2.4 e I.2.2.6 (FMEA's) são preservados na íntegra, nesta proposta.

O elemento I.2.2.5 foi eliminado da proposta. A partir das informações obtidas de diagramas de fluxo de processos, observa-se o seguinte:

- nenhuma destas é efetivamente utilizada diretamente na elaboração de um plano de validação;
- de forma indireta para o processo, estas informações são utilizadas na elaboração dos FMEA's. Estes, conforme vistos anteriormente, são considerados como essenciais ao processo.

Os elementos I.2.2.7, I.2.2.8, I.2.2.15 e I.2.2.19 foram condensados em um único elemento da proposta. Embora de natureza distinta, estes elementos tratam de testes físicos.

Embora formalmente eliminado da proposta de homologação, o elemento I.2.2.9 pode ser considerado como parte do elemento 3 da mesma, uma vez que os critérios de aceitação do PVT têm origem estatística no DFSS.

O elemento I.2.2.10 também foi eliminado da proposta. Considera-se que este elemento é avaliado de forma sistêmica pela ISO/TS 16949 em seu parágrafo 7.6.1, dada a sua importância para todas as etapas de projeto, processo e qualificação, e não apenas para a homologação do produto em si.

O elemento I.2.2.11 também foi eliminado da proposta. Pelas mesmas razões apontadas para o elemento anterior, o mesmo é abordado no parágrafo 7.6.3 da ISO/TS 16949.

O elemento I.2.2.12 foi preservado na íntegra nesta proposta, pois considera-se o Plano de Controle como sendo o principal complemento ao PVT.

O elemento I.2.2.13 foi preservado, embora de forma mais simplificada. Como oportunidade de melhoria, sugere-se que um estudo jurídico seja feito para o CAP, de modo que o mesmo tenha um cunho mais preciso em termos de tornar-se um documento legal.

O elemento I.2.2.14 e o AAR são preservados em sua íntegra nesta proposta.

Os elementos I.2.2.16 e I.2.2.17 foram eliminados da proposta, conforme análise do parágrafo 3.3.6, função *Gerar Padrões*.

O elemento I.2.2.18 foi eliminado desta proposta. Considera-se que este é, em sua essência, requerimento idêntico àquele referido pela análise do sistema de medição.

4.6. Comentários finais

A proposta de um processo de homologação de produtos para o setor automotivo foi apresentada, significando uma redução de treze elementos em relação ao PPAP, e de 5 elementos em relação à LPP.

Esta proposta contempla uma redução significativa de “burocracia”, notadamente a documentação de produto, a qual é contemplada em um processo mais abrangente, o Gerenciamento de Projeto. A essência do processo, no entanto, permanece intacta, graças à aplicação da metodologia AV/EV.

A confidencialidade de documentos e a tecnologia empregada no projeto e manufatura do produto também são respeitadas. Para a montadora, tem-se a certeza de que a peça é qualificada conforme seus requisitos. Para o fornecedor, retira-se a obrigação de fornecimento de cópias de detalhes de projeto, os quais, por outro lado, devem ficar à disposição de seus clientes para consultas. Deixa-se a cargo do Gerenciamento do Projeto a responsabilidade de se estabelecer as condições para fornecimento de detalhes de projeto, sem que isso interfira na qualidade final do produto ou no processo de homologação em si.

A recomendação pela permanência de técnicas e ferramentas da qualidade já consagradas, como o FMEA e o Plano de Controle, é um fator que, acredita-se, contribua para a aceitação desta proposta por parte da comunidade automotiva.

Como oportunidades a serem exploradas, por exemplo, em outros estudos, temos o conceito de homologação de ferramentas e modelos de computador (CAE/CAD/CAM), como forma de minimização do processo de execução de testes reais. A norma ISO/IEC 14598, que trata do assunto de forma genérica, pode ser revista de modo que processos específicos de validação destas ferramentas sejam

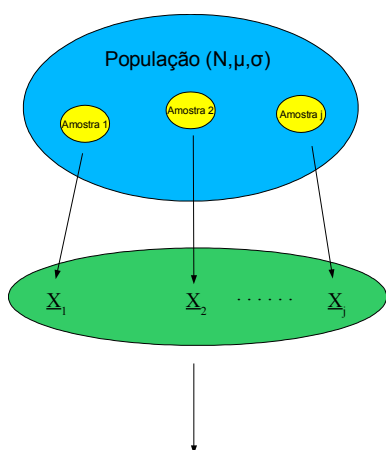
empregados. Pode-se considerar este conceito como inédito em termos de abordagem por um sistema da qualidade específico para o setor automotivo.

ANEXOS

1. TEOREMA DO LIMITE CENTRAL

1.1. Enunciado

Seja uma população de tamanho N , onde a média e desvio-padrão são respectivamente μ e σ , e cuja distribuição pode ou não ser normal. Sejam diversas amostras de tamanho n sendo retiradas (com reposição), aleatoriamente, da população N . Seja a média de cada amostra dada por $\underline{X}_1, \underline{X}_2, \dots, \underline{X}_j$. Sejam a média e o desvio-padrão destas médias dados por, respectivamente, $\mu_{\underline{X}}$ e $\sigma_{\underline{X}}$. A figura abaixo resume as condições descritas.



O Teorema do Limite Central (18) diz que:

- a distribuição das médias amostrais $\underline{X}_1, \underline{X}_2, \dots, \underline{X}_j$ é normal;
- $\mu_{\underline{X}} = \mu$;
- $\sigma_{\underline{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{\frac{(N-n)}{(N-1)}} \rightarrow N \gg n \rightarrow \sigma_{\underline{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

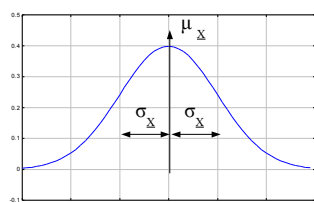


Figura 11 - Ilustração do enunciado do Teorema do Limite Central

1.2. Aplicação

Boa parte das inferências estatísticas envolvendo grandezas físicas assume uma distribuição de valores conforme a curva normal. Na prática, dificilmente encontramos uma distribuição que possua uma aderência de 100% a esta curva, e, quanto menor esta aderência, maior o erro do modelo. Portanto, é necessário minimizar este erro, para que conclusões razoavelmente precisas sejam obtidas.

Como a matemática associada à curva normal é relativamente mais simples e mais conhecida do que as demais (por exemplo, binomial, Poisson, Weibul, entre outras), o valor do teorema do limite central reside no fato de que, independente do formato da distribuição de uma população, a distribuição das médias de diversas amostras será sempre normal.

Uma aplicação específica para este teorema é a estimação do tamanho da amostra para um determinado estudo, e o erro (ou intervalo de confiança) associado a esta amostra.

1.3. Exemplo

Seja a variável normalizada Z pela transformação da variável aleatória X conforme segue:

$$Z = \frac{(X - \mu)}{\sigma}$$

Sabe-se que entre $Z = -1,96$ e $Z = +1,96$, tem-se 95% da área da distribuição normal padrão. Analisando-se a curva normal de distribuição das médias, tem-se que:

$$Z = \frac{(X - \mu)}{\sigma} = \frac{(\bar{X} - \mu_{\bar{X}})}{\sigma_{\bar{X}}} = \frac{(\bar{X} - \mu)}{(\sigma/\sqrt{n})}$$

Ou seja,

$$P(-1,96 \leq Z \leq +1,96) = 0,95$$

$$P(-1,96 \leq \frac{(\bar{X} - \mu)}{(\sigma/\sqrt{n})} \leq +1,96) = 0,95$$

Resolvendo-se a inequação entre parêntesis em relação a μ , tem-se o intervalo de confiança a 95% da média populacional μ :

$$P\left(\bar{X} - 1,96 \cdot \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right) \leq \mu \leq \bar{X} + 1,96 \cdot \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)\right) = 0,95$$

A interpretação da expressão matemática acima é a seguinte: para um número finito de amostras retiradas aleatoriamente de uma determinada população, até 95% delas resultarão em um intervalo que contém a média μ .

Tem-se, portanto, uma forma de calcular o tamanho da amostra n para se verificar, com 95% de confiança, se a média de uma população é igual a μ , a partir do conhecimento das médias amostrais e do desvio-padrão da população. Como dificilmente se conhece este último parâmetro, utiliza-se a distribuição de t-student como estimador de σ .

2. SEIS SIGMA

2.1. Conceitos estatísticos

Sigma (letra grega σ) significa em estatística “Desvio-Padrão”. Trata-se de uma medida da dispersão de um conjunto de valores (observações ou medidas) em relação à média desta população. Matematicamente, temos,

$$\sigma^2 = \sum \left(\frac{(X_j - \bar{X})^2}{(n-1)} \right)$$

onde $j=1,2, \dots, n$; \bar{X} é a média das observações; n é o número total de observações; e os X_j são cada uma das observações em si.

Uma representação estatística, comum à maioria das grandezas físicas observadas na natureza, pode ser mostrada pela Função de Distribuição Normal de Probabilidade. Sua representação gráfica é dada na figura a seguir. A integral de sua área representa a quantidade de observações feitas da grandeza em questão.

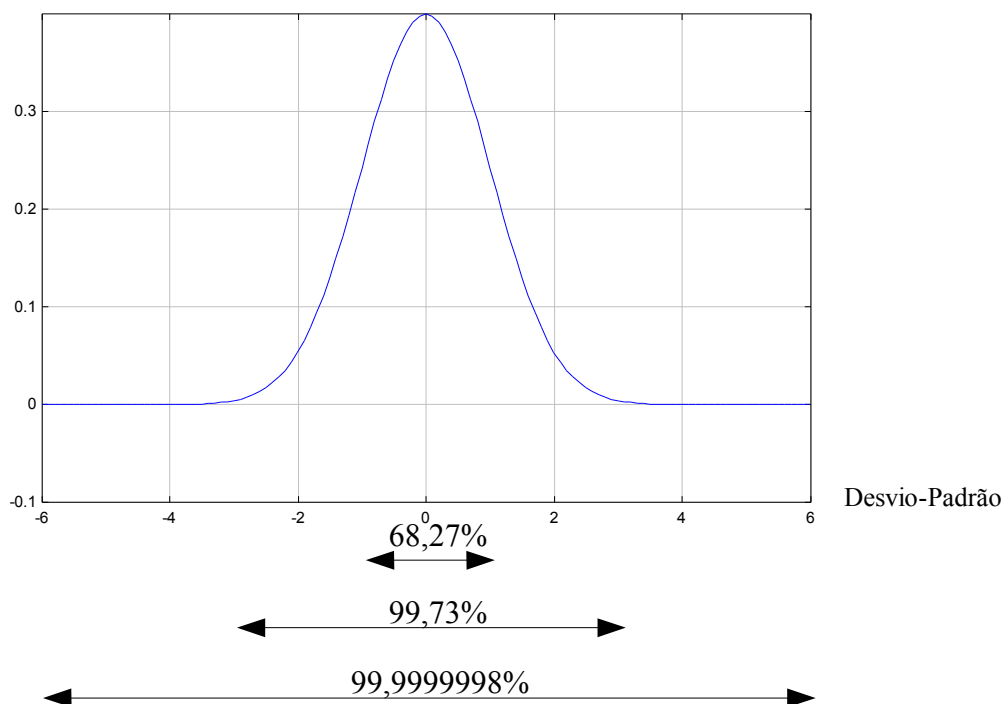


Figura 12 - Gráfico da função de distribuição de probabilidade normal. As setas horizontais indicam a área sob a curva entre os limites de +/- 1, +/- 3 e +/- 6 sigma, em relação à área total.

A partir do equacionamento desta função, sabe-se, por exemplo, que 68,27% das observações feitas de uma dada grandeza física estão dentro do intervalo de $\pm 1\sigma$. Da mesma forma, 99,9999998% das observações encontram-se dentro do intervalo de $\pm 6\sigma$. Isto significa que 0,0000002% (ou 0,002 PPM) da população estão fora deste intervalo. Supondo-se que os limites aceitáveis para esta grandeza física (LIE e LSE, Limite Inferior/Superior de Engenharia) coincidam respectivamente com os pontos (-6σ) e $(+6\sigma)$, consideramos como defeitos os 0,002 PPM fora destes limites.

Levando-se em conta o fato de que médias estatísticas podem ser móveis, e tipicamente mudam o seu valor em até $\pm 1,5\sigma$, temos a proporção de defeitos, ou observações fora dos limites, em um processo 6σ do ponto de vista estatístico, como sendo de 3,4 PPM.

2.2.A metodologia Seis Sigma

Seis Sigma (19) é uma metodologia de negócios que habilita empresas a melhorar drasticamente as suas atividades competentes e a monitorar as tarefas diárias de modo a minimizar perdas e utilização de recursos, ao mesmo tempo em que se aumenta a satisfação dos clientes. Diferente de vários programas de qualidade tradicionais, onde o foco reside em detectar e corrigir problemas, o Seis Sigma fornece uma metodologia específica para recriar processos, de modo que defeitos e erros nunca ocorram.

A metodologia Seis Sigma redefine o conceito da palavra *Qualidade*. Ainda de acordo com os autores, programas e sistemas da qualidade em geral induzem ao entendimento de que Qualidade significa conformidade a padrões.

Levando-se em conta que um produto é composto de vários elementos, cada um com uma variabilidade intrínseca, o fato de juntarmos estes elementos não levará necessariamente à obtenção de um produto que funcione adequadamente. Devemos entender o conceito de *variabilidade intrínseca de um processo* como sendo as variações de um processo que não podem ser totalmente eliminadas. Pode-se exemplificar este conceito através de um processo muito comum na montagem de circuitos eletrônicos: a soldagem de componentes, como um resistor, em uma placa de circuito impresso, feita manualmente por um operador com um ferro de solda.

Especificações típicas de componentes indicam que o ferro de solda deve estar a 235°C, e o tempo de soldagem deve ser de 6 a 7 segundos, e não devendo ultrapassar os 12 segundos. Intuitivamente, sabe-se que é bastante difícil para um operador humano controlar exatamente este tempo de soldagem, mesmo que a operação preconize, por exemplo, o uso de um sistema de temporização com alarme sonoro para avisar ao operador o momento de encostar e retirar o ferro de solda. Esta variação no tempo de soldagem deve ser entendida como uma variabilidade intrínseca ao processo.

Esta nova definição de qualidade preconiza a obtenção de “Value Entitlement” tanto para as empresas quanto para os seus clientes, de forma concomitante. Para as empresas, “Value Entitlement” significa que elas têm o objetivo de produzir os melhores produtos ao maior nível de lucratividade possível. Para os clientes, significa que estes têm o direito de comprar os melhores produtos ao menor custo possível.

Diferente do que muitos podem pensar, a metodologia Seis Sigma não tem como objetivo a obtenção de produtos 6σ no sentido estatístico. O seu objetivo é o de maximizar a lucratividade das empresas e minimizar os custos para os clientes através da eliminação e prevenção de perdas. No entanto, com a popularização da expressão Seis Sigma, a obtenção de produtos com níveis de qualidade 6σ estatísticos tem se tornado um novo padrão para a indústria, em contraste com os 3 ou 4 σ estatísticos que o PPAP preconiza.

2.3. Conclusões

A metodologia Seis Sigma preconiza a minimização das variações de um produto ou processo que são críticas para a qualidade (CTQ). Desta forma, perdas em geral podem ser eliminadas. Um efeito colateral positivo desta metodologia é que produtos projetados e manufaturados conforme este método devem, em teoria, ser aprovados sem restrições durante a sua homologação, e no caso de as suas características CTQ serem 6σ , a execução de testes e medições poderia ser resumida ao mínimo necessário para a comprovação desta variabilidade.

BIBLIOGRAFIA

- 1: MUNRO,R.A. **Future of APQP and PPAP in doubt**. 2002. Disponível em: <<http://www.qualitymag.com/execute.asp?SideBar=Active&Cat=4&Section=Articles&Sub=Detail&rID=11EB9CD731DE41F39E6A2AC8A5CEB090>>. Data de acesso: 29/10/2002.
- 2: CARNEY,T. Beyond APQP,a simplified integrated project management system for automotive suppliers. **International congress and exposition**, Warrendale, n.1999-01-0252, p. 1-6, 1999.
- 3: COLE,M. ET AL. Integrating product and process planning. **Proceedings of the 1998 IAM conference**, Warrendale, n.981330, p. 1-11, 1998.
- 4: AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP. **Production part approval process: PPAP**. 3.ed. Southfield: AIAG, 1999.
- 5: AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP. **Quality system requirement: QS-9000**. 3.ed. Southfield: AIAG, 1998.
- 6: AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP. **Advanced product quality planning and control plan: APQP**. 1.ed. Southfield: AIAG, 1994.
- 7: SHIBA,S.;GRAHAN,A;WALDEN;D. **TQM:Quatro revoluções na gestão da qualidade**. 1.ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- 8: VERBAND DER AUTOMOBILINDUSTRIE. **Asseguramento da qualidade de fornecimentos**. 3.ed. Frankfurt am Main: VDA, 1998. (Gerenciamento do sistema da qualidade na indústria automobilística)
- 9: INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/TS 16949. Quality systems - Automotive suppliers - Particular requirements for the application of ISO 9001:1994**. 1.ed. Genève: ISO/IEC, 2002.
- 10: INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/TS**

16949. Quality management systems - Particular requirements for the application of ISO 9001:2000 for automotive production and relevant service part organizations. 2.ed. Genève: ISO/IEC, 2002.

11: SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERING. **Aerospace Standard:AS9000.** 1.ed. Warrendale: SAE, 1998.

12: MASSARANI,M.;MATTOS,F.C. **Engenharia do Valor.** São Paulo: Universidade de São Paulo, 2002.

13: ROSA,C. ET. AL. Redução no tempo e custo na homologação de veículos. **Engenharia automotiva e aeroespacial,** São Paulo, n.12, p. 42-43, 2003.

14: INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/IEC 14598-1. Information technology - Software product evaluation - Part 1: General overview.** 1.ed. Genève: ISO/IEC, 1999.

15: INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/IEC 14598-4. Software engineering - Product Evaluation - Part 4: Process for acquirers.** 1.ed. Genève: ISO/IEC, 1999.

16: INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/IEC 14598-5. Information technology - Software product evaluation - Part 5: Process for evaluators.** 1.ed. Genève: ISO/IEC, 1998.

17: KAMINSKI,P.C. **Desenvolvendo produtos com planejamento, criatividade e qualidade.** 1.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2000.

18: SPIEGEL,M.R. **Estatística.** 2.ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1985. (Schaum)

19: HARRY,M.;SCHROEDER,R. **Six Sigma:The breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations.** 1.ed. New York: Doubleday, 2000.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)