

VITOR MANOEL GONÇALVES VIEIRA

**A EFETIVIDADE DO PLANEJAMENTO AVANÇADO DA QUALIDADE
DO PRODUTO COMO FERRAMENTA PARA PREVENÇÃO DE
DEFEITOS DE QUALIDADE INICIAL NO LANÇAMENTO DE NOVOS
PRODUTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para
obtenção do Título de Mestre junto
ao Mestrado Profissional em
Engenharia Automotiva.

São Paulo

2007

VITOR MANOEL GONÇALVES VIEIRA

PARA CÓPIAS, CONSULTAR A EDIÇÃO REVISADA :

FMP-137

Ed. rev.

**A EFETIVIDADE DO PLANEJAMENTO AVANÇADO DA QUALIDADE
DO PRODUTO COMO FERRAMENTA PARA PREVENÇÃO DE
DEFEITOS DE QUALIDADE INICIAL NO LANÇAMENTO DE NOVOS
PRODUTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para
obtenção do Título de Mestre junto
ao Mestrado Profissional em
Engenharia Automotiva.

Área de Concentração:
Engenharia Automotiva.

Orientador:
Prof. Dr. Roberto Gilioli Rotondaro.

São Paulo

2007

Biblioteca de Engenharia de São Carlos
Biblioteca de Engenharia de São Carlos

A Deus, por presentear-me com todas suas benesses, e por todas as benções que me há proporcionado, sendo que uma delas é a conclusão deste trabalho.

A meus pais Amadeu e Maria Emilia, pelo amor, dedicação e bons ensinamentos a mim oferecidos que me ajudaram a mais essa conquista.

À minha esposa Valéria, pelo amor incondicional, abdicação e compreensão, que foram tão importantes para conclusão dessa dissertação, e sem dúvida responsáveis por meu sucesso.

A meus filhos Vanessa e Rodrigo, que são uma das maiores benções de Deus na minha vida, e meu orgulho.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Roberto Gilioli Rotondaro pelo suporte e orientação que viabilizaram a realização desse trabalho. A todos os professores do Mestrado profissional em Engenharia Automotiva, pelos conhecimentos e ensinamentos transmitidos.

Ao meu amigo Dr. Gabriel Gueler, por seus conselhos tão valiosos para enriquecimento dessa pesquisa.

Aos Fornecedores e colegas da Engenharia de Qualidade de Fornecedores, pela ajuda na obtenção dos dados e informações.

Ao meu amigo e ex-Diretor Sidney Palmieri pelo incentivo na realização do curso e desenvolvimento do trabalho.

A Deus, pela benção de mais esta conquista.

RESUMO

O planejamento avançado da qualidade do produto é uma das ferramentas utilizadas para assegurar que todas as expectativas dos clientes sejam levadas em consideração no processo de desenvolvimento de novos produtos, coordenando as atividades de vários departamentos de modo a garantir o lançamento desses produtos no prazo pré-determinado, alcançando-se os objetivos de custo e qualidade, cada vez mais elevados, decorrentes da competição global. Esse trabalho foi um estudo de caso de um veículo lançado recentemente, onde foram identificadas as peças fornecidas por fornecedores externos que causaram problemas e, feita a análise de cada uma das causas-raiz, completadas por entrevistas com participantes-chave desse processo. Para suportar esse estudo, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o processo de planejamento de qualidade adotado pelas grandes montadoras norte-americanas (Daimler-Chrysler, Ford e General Motors), conhecida como planejamento avançado da qualidade do produto (*“advanced product quality planning”*- APQP), e também foram descritas as adições e modificações realizadas pela General Motors Corporation, nesse procedimento, chamado de planejamento avançado global da qualidade do produto (*“global advanced product quality planning”*- Global APQP) e sua inter-relação com o processo global da General Motors de desenvolvimento do produto (*“global vehicle development process”*- GVDP). Este trabalho concluiu que essa ferramenta é efetiva, pois o prazo de lançamento foi cumprido, atingindo os níveis de qualidade estabelecidos pela alta direção, apesar do aparecimento de alguns problemas, impedindo assim o lançamento de um veículo sem problemas de qualidade inicial. A falta de disciplina na execução de todas as atividades, falta de suporte da alta liderança, e FMEA's mal executados, são os principais fatores inibidores para o pleno êxito de um APQP. Finalmente o autor apresentou algumas recomendações sobre como garantir que a disciplina na execução das tarefas seja conseguida, e como diminuir as falhas causadas por modificações não validadas em processos produtivos.

Palavras Chave: Planejamento da qualidade. Desenvolvimento veicular.
Ferramentas de garantia da qualidade. Lançamento de produtos

ABSTRACT

The advanced product quality planning is one of the tools intended to assure that all customers requirements are taken in consideration during the process of development of new products, managing all tasks amongst involved activities in order to guarantee the launch of these products according to pre-scheduled timing, reaching both quality and cost targets, which are often increasing due to global competition. This paper was based on a study of case of a vehicle recently launched, where all parts supplied by outside suppliers which caused problems were identified, and it was performed the analysis of the root causes of these problems and interviews with key participants of the APQP process. To support this study, it was performed a selective review over the process of quality planning adopted by the big three US Original Equipments Manufactures (Daimler-Chrysler, Ford e General Motors), known as advanced product quality planning – APQP. It is also described the updates and improvements introduced by General Motors Corporation, on this process, called global advanced product quality planning (Global APQP), and the relationship of Global APQP and General Motors's global vehicle development process (GVDP). It was the conclusion that this tool is effective, because the timing was reached, achieving the quality performance level defined by top management, even with the occurrence of some problems, which jeopardized a flawless launch. The lack of discipline to execute without deviations all the APQP tasks, poor support of leadership and FMEA's poorly developed, are the main inhibitors of a successful APQP. Finally, the author presented some recommendations to assure a disciplined execution of all the tasks of the APQP, and to reduce the failures caused by process changes implemented without new validations.

Keywords: Quality planning. Development of vehicles. Quality assurance tools. Launches of products.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1	Formato dos 5 Por quês, 3 vezes – Drill deep.....	7
Figura 3.1	Diagrama com as 3 dimensões da qualidade.....	9
Figura 3.2	Representação do ciclo PEVA.....	11
Figura 3.3	Gráfico com a evolução dos problemas de garantia.....	12
Figura 3.4	Capa do manual do APQP global da General Motors.....	15
Figura 3.5	Cronograma do processo de desenvolvimento global da GM.....	18
Figura 3.6	Cronograma do APQP, conforme AIAG.....	20
Figura 3.7	Inter-relação entre APQP global e GVDP.....	32
Figura 3.8	Representação gráfica sobre as hierarquias dos APQPS.....	33
Figura 3.9	Diagrama esquemático para fluxograma de processo.....	41
Figura 3.10	Diagrama esquemático de um FMEA de projeto.....	42
Figura 3.11	Cronograma com as fases de um projeto segundo o APQP global....	43
Figura 3.12	Diagrama esquemático de um plano de controle.....	44
Figura 4.1	Gráfico com o percentual com as origens das peças.....	50
Figura 4.2	Gráfico com o percentual com as origens das peças.....	51
Figura 4.3	Gráfico com o percentual com a classificação Merli das peças.....	51
Figura 6.1	Questionário sobre as atividades do APQP.....	57
Figura 7.1	Gráfico com o percentual de risco das peças.....	60
Figura 7.2	Gráfico com os motivos de falhas no processo.....	61
Figura 7.3	Gráfico com os motivos de falhas no processo de planejamento.....	63
Figura 7.4	Gráfico com os motivos de falhas no processo de detecção.....	64
Figura 9.1	Cronograma com as propostas para revisão das atividades do APQP global.....	69
Figura 9.2	Formato para registro das melhorias das características críticas.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1	Relação de peças, fornecedores e classificações.....	48
Tabela 4.2	Peças com problemas de qualidade inicial.....	50
Tabela 5.1	Peças com problemas e causas-raiz identificadas.....	52

LISTA DE ABREVIACOES

- AIAG – Automotive Industry Action Group (grupo de ação da industria automotiva)
- APQP – Advanced Product Quality Planning (planejamento avançado da qualidade de produto)
- BRR – Build Readiness Review (revisão da prontidão para construção)
- CSO – Contract Sign-off (assinatura do contrato)
- DFA – Design for Assembly (projeto para montagem)
- DFM – Design for Manufacturing (projeto para manufatura)
- DFMEA – Design Failure Mode and Effects Analysis (análise do modo e efeito da falha no projeto)
- DFSS – Design for six Sigma (projeto para seis sigma)
- DRBFM – Design Review Based on Failures Mode (revisão de projeto baseado no modo das falhas)
- DRBDP – Design Review Based on Design Problems (revisão de projeto baseado falhas do projeto)
- DSI – Document of Strategic Intent (Documento estratégico de intenção)
- EQF – Engenharia de Qualidade de Fornecedores
- FMEA - Failure Mode and Effects Analysis (análise do modo e efeito da falha)
- GD&T – Geometric Dimensioning and Tolerance (dimensionamento geométrico e tolerância)
- GM – General Motors
- GMB - General Motors do Brasil
- GQTS – Global Quality Tracking System (sistema global de monitoração da qualidade)
- GVDP – Global Vehicle Development Process (processo global de desenvolvimento de veículo)
- IV – Integration Vehicle (veículo de integração)
- KCC – Key Control Characteristic (característica crítica de controle)
- KCDS – Key Characteristic Designation System (sistema de definição de característica crítica)
- KPC – Key Product Characteristic (característica crítica do produto)
- MVB – Manufacturing Vehicles Build (montagem de veículos de manufatura)
- PEVA – Planejar, Executar, Verificar, Atuar

- PFMEA – Process Failure Mode and Effects Analysis (análise do modo e efeito da falha no processo)
- PPAP – Production Parts Approval Process (processo de aprovação de peças de produção)
- PQRR – Product Quality & Reliability Review (revisão da qualidade e confiabilidade do produto)
- PRTS – Problem Resolution Tracking System (sistema de monitoramento da resolução de problema)
- PVV – Product Validation Vehicles (veículo para validação do produto)
- QRD – Quality, Reliability & Durability (qualidade, confiabilidade e durabilidade)
- QFD – Quality Function Deployment (desdobramento da função qualidade)
- RPN – Reduction Priority Number (número de prioridade para redução)
- SGR – Supplier Gate Review (revisão de porta do fornecedor)
- SORP – Start of Regular Production (início da produção regular)
- VDR – Verified Data Release (liberação de dados verificados)
- VPI – Vehicle Program Initiation (início do programa do veículo)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. CENÁRIO MUNDIAL.....	1
1.2. JUSTIFICATIVA.....	2
1.3. OBJETIVO DO ESTUDO.....	4
2. METODOLOGIA DE PESQUISA.....	5
2.1 METODOLOGIA CIENTÍFICA.....	5
2.2 MÉTODO ADOTADO.....	6
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
3.1. DEFINIÇÕES DE QUALIDADE E SISTEMAS DE QUALIDADE.....	9
3.2. O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA.....	13
3.3. O PROCESSO GLOBAL DE DESENVOLVIMENTO DE VEÍCULOS DA GENERAL MOTORS - GVDP.....	16
3.4. O PLANEJAMENTO AVANÇADO DA QUALIDADE DO PRODUTO ("ADVANCED PRODUCT QUALITY PLANNING - APQP).....	19
3.5. O PLANEJAMENTO AVANÇADO DA QUALIDADE DO PRODUTO SOB A ÓTICA DA GM.....	32
4. DESEMPENHO DAS PEÇAS.....	48
5. ESTUDO DAS PEÇAS FALHADAS.....	52
6. PESQUISA SOBRE AS ATIVIDADES RELACIONADAS AO APQP.....	57

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	60
8. CONCLUSÕES.....	66
9. RECOMENDAÇÕES.....	68
10. PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS.....	72
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
12. ANEXOS.....	77

INTRODUÇÃO

1.1 Cenário de competição mundial

Nas últimas décadas, devido ao aumento expressivo na competição entre as empresas que estão incluídas em um contexto global, o lançamento de produtos com qualidade superior, baixos custos e no menor tempo possível, é vital para a sobrevivência dessas empresas, sendo que conforme mencionado no boletim de imprensa da General Motors (2005), a indústria automobilística é um das mais afetadas por essa situação.

Para manter ou melhorar sua posição no mercado, todas as montadoras vem desenvolvendo e aplicando processos disciplinados para desenvolvimento de produtos, visando obter uma redução nesses tempos, conjuntamente com o atendimento das expectativas do cliente, sendo esses alguns dos fatores para melhoria da competitividade, como citado por CHILD; KRANZ (2005).

Uma dos principais requisitos buscados é o do zero defeito, pois nesse cenário extremamente competitivo, os clientes cada vez menos estão dispostos a aceitar qualquer defeito, fato esse ainda mais agravado na indústria automotiva devido ao alto valor pago pelo cliente em um novo veículo.

1.2 Justificativa

Devido à necessidade da realização de lançamentos de novos veículos que não apresentem defeitos sob a ótica do consumidor (zero defeito), as montadoras cada vez mais utilizam processos que suportam a prevenção ou eliminação de defeitos, antes que os mesmos sejam percebidos ou identificados pelos clientes, de modo que esses novos produtos possam apresentar a penetração, consumo e resultados financeiros estimados, quando da aprovação do programa de desenvolvimento de um novo veículo. Um dos métodos desenvolvidos com esse intuito é o planejamento avançado da qualidade do produto (APQP).

Uma análise de como o planejamento avançado da qualidade do produto (APQP) proporciona uma garantia de que peças desenvolvidas de acordo com as atividades prescritas nessa técnica não apresentem problemas, ou que problemas sejam identificados e corrigidos antes de impactar negativamente o lançamento de um novo produto, quer seja por um incremento nos investimentos, perda de faturamento devido a atrasos, ou perda da satisfação do cliente pelo lançamento de produtos com problemas, seguramente ajudará na identificação e entendimento de como é possível lançar novos produtos com zero defeitos.

O planejamento avançado da qualidade do produto, que foi desenvolvido em conjunto pela Daimler Chrysler, Ford e General Motors, define as atividades básicas que devem ser seguidas para a confecção de um plano de qualidade, que dará suporte ao desenvolvimento de um produto ou serviço que exceda as expectativas do cliente. Alguns dos principais benefícios da utilização desse planejamento são:

- Direcionar recursos para satisfazer os clientes;
- Comunicação eficiente com todos os envolvidos;
- Propiciar uma identificação precoce de modificações que sejam necessárias;
- Evitar modificações tardias;
- Riscos mínimos ou nenhum problema de qualidade no lançamento de produtos (Zero Defeito);
- Assegurar que um produto ou serviço de qualidade seja disponibilizado no tempo certo, com o menor custo.

A metodologia atual de desenvolvimento de um projeto em geral se processa na seguinte ordem: a fase do projeto do produto formado pelo estudo de viabilidade, projeto básico e projeto executivo ou completo, e a fase de planejamento para a fabricação do produto (KAMINSKI, 2000).

Um planejamento eficiente da qualidade do produto depende do comprometimento da alta administração da empresa, com os esforços para satisfazer o cliente. Portanto, um dos pontos mais importantes para o desenvolvimento de um novo produto e/ou processo é o planejamento (ABRAHAM, 1998).

Como cada fornecedor tem uma realidade única, sendo seus processos, ferramentas, instalações e estruturas totalmente distintos (ABRAHAM, 1998), esse estudo busca entender a inter-relação entre as atividades do planejamento avançado do produto com o desempenho dessas peças (isenção de defeitos e atendimento de datas-chaves); compreender quais os mecanismos de desenvolvimento / validação de um processo de manufatura devem ser seguidos para evitar o aparecimento de problemas, ou corrigi-los com antecedência.

1.3 Objetivo do estudo

Para determinar a questão de estudo, o autor identificou a necessidade de entender os fatores que afetam o sucesso de um lançamento (“Zero Defeitos” na fase de qualidade inicial), discutindo e identificando as relações entre clientes e fornecedores no desenvolvimento de um produto.

Sendo assim, surge a questão básica desse estudo, que é “Qual a efetividade do APQP na prevenção de defeitos na fase de qualidade inicial de lançamento de um produto?”.

Para responder essa pergunta, surgem outras questões específicas que estão listadas a seguir:

- Quais os inibidores para uma implantação adequada do APQP global?
- Quais os benefícios gerados pela implantação do APQP global?
- Quais as diferenças de aplicação em distintos perfis de fornecedores e/ou produtos?

É importante ressaltar que este trabalho estuda um tema associado à realidade atual vivida pela indústria automotiva brasileira e sua cadeia de fornecimento, sendo que o mesmo pode servir como orientação, para que empresas que atuem ou não neste mercado possam se posicionar de modo adequado, revendo suas estratégias atuais e futuras para lançamento de novos produtos.

METODOLOGIA DE PESQUISA

Como descrito por Hirayama (2005), uma das definições de pesquisa é o procedimento racional e sistemático, que tem por objetivo proporcionar respostas a questões que são levantadas. Esse método deve ser utilizado quando não existem informações suficientes para responder às questões propostas, ou quando essas informações não estão organizadas adequadamente.

Nesse capítulo, serão revistos alguns dos procedimentos e métodos científicos disponíveis para o desenvolvimento de uma pesquisa, e definido o método a ser utilizado nesse trabalho.

2.1 Metodologia científica

Relacionados aos objetivos gerais do trabalho, uma pesquisa pode ser dividida em três tipos: pesquisa exploratória, descritiva e explicativa. A pesquisa exploratória tem a pretensão de explicitar um problema, ou construir hipóteses para as causas desse problema, e a pesquisa descritiva tem a intenção de descrever as características de um fato específico. Por outro lado, objetivo da pesquisa explicativa é verificar os fatores que interferem na ocorrência dos fatos. A pesquisa explicativa será utilizada nesse trabalho, de modo a identificar quais os fatores que interferem na efetividade do APQP na prevenção de defeitos na fase de qualidade inicial de lançamento de um produto.

Segundo SANTIAGO (2002), os procedimentos técnicos utilizados podem classificar uma pesquisa em várias categorias. A pesquisa bibliográfica é baseada em materiais disponíveis em materiais impressos (p. ex.: livros ou artigos científicos). A pesquisa documental utiliza materiais impressos não sujeitos a análise ou organização (p. ex.: fotografias, memorandos, etc.). A pesquisa experimental utiliza experimentos para comprovação de uma hipótese. A pesquisa “*ex-post-facto*” é aquela onde o experimento ocorre sem o controle do pesquisador, tratando-se assim de um fato ocorrido antes da realização da pesquisa. Na pesquisa por levantamento, indivíduos

relacionados com o objeto em estudo são interrogados. A pesquisa por estudo de caso busca analisar profundamente alguns poucos objetos do estudo.

Neste trabalho são adotados: uma revisão bibliográfica, *estudo de caso* e pesquisa explicativa.

2.2 Método Adotado

Na revisão bibliográfica foi feita uma análise crítica da realidade atual e tendências da indústria automobilística. Referências aos artigos, manuais, livros e outras publicações estão relacionadas ao final do estudo, nas referências bibliográficas.

Na segunda fase desse estudo foi realizado um estudo de caso com todas as peças produzidas por fornecedores externos para o projeto SuperStar (nome real omitido por motivos de confidencialidade) da General Motors do Brasil, que tiveram o planejamento avançado da qualidade do produto (APQP), monitorado pelo Cliente.

O tamanho dessa amostra foi de 1284 peças (100 famílias), envolvendo 158 fornecedores. Buscando-se uma maior probabilidade da execução disciplinada das atividades do APQP global, somente as peças que foram monitoradas pelo cliente, foram estudadas, reduzindo-se assim a amostragem para de um total de 413 peças (43 famílias), e 36 fornecedores.

Para compreender as influências externas ao processo do APQP, uma estratificação de peças foi realizada, utilizando-se os critérios abaixo:

- Complexidade;
- Características dos fornecedores usando a classificação I, II, III, proposta em “Co-Makership” (MERLI, 1994);
- Principais processos de manufatura.

Após o levantamento inicial nessa população de peças, e respectiva estratificação, foi realizado um levantamento do desempenho de qualidade inicial dessas peças

(ausência ou não de defeitos, após a aprovação dessas peças, atividade essa oficializada pelo processo de aprovação de peças de produção – PPAP).

Em seguida, foi iniciada a terceira fase do trabalho onde foi realizado um estudo com os componentes que apresentaram falhas, com o intuito de descobrir como as atividades do planejamento avançado da qualidade do produto (APQP) foram executadas para cada uma das famílias de peças.

Adicionalmente nessa fase foram realizadas entrevistas com engenheiros de qualidade de fornecedores, os gerentes de lançamento dos fornecedores e outros membros do time de lançamento, e também feita uma análise dos registros em arquivos do desenvolvimento dessas peças, de modo a identificar quais os motivos dessas falhas, ou seja, o não atendimento ao requisito do zero defeito, utilizando-se o documento padrão da GM, três por quês, cinco vezes (*“Drill deep”*), com formato mostrado na figura abaixo:

GM **Drill Deep Worksheet**

Supplier contact: GM, ACE, ... Name: _____ Phone: _____ Person: Dale, ...

Supplier Dist: _____ Supplier Name and Location: _____

Issue Title: _____

ID Type: IHR PREL CEP Other ID Number: _____

Failure Mode: _____

Effects of Failure Mode: _____

Cause of Failure Mode: _____

	Why's	Corrective Action	Change	Due Date
Prevent Manufacturing process preparation & standardization Why did the manufacturing process not prevent this failure mode?	W1			
	W2			
	W3			
	W4			
	W5			
	W6			
Protect Quality requirements & communication Why did the quality process not protect from this failure mode?	Q1			
	Q2			
	Q3			
	Q4			
	Q5			
	Q6			
Predict Planning process return analysis content at CAPAS and CEPI Why did the planning process not predict this failure mode?	P1			
	P2			
	P3			
	P4			
	P5			
	P6			
Why are the key ratings listed on this failure mode?	R1			
	R2			
	R3			
	R4			
	R5			

Figura 2.1 Formato “Drill deep”, Fonte: Procedimento geral 5 (GP-5) da General Motors Corporation

A quarta fase foi composta pela aplicação e análise de um questionário enviado a participantes principais do processo de APQP, com a intenção de identificar as atividades que agregaram valor ao desenvolvimento / validação do processo de manufatura e as que não foram realizadas.

De posse dessas informações, o autor identifica quais os fatores que interferem na efetividade do planejamento avançado da qualidade do produto na prevenção de defeitos na fase de qualidade inicial de lançamento de um produto, e as outras questões específicas que estão listadas a seguir:

- Quais os inibidores para uma implantação adequada do APQP global?
- Quais os benefícios gerados pela implantação do APQP global?
- Quais as diferenças de aplicação em distintos perfis de fornecedores e/ou produtos?

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Definições de qualidade e sistemas de qualidade

O entendimento do significado da qualidade varia conforme o foco utilizado: do ponto de vista da produção, qualidade pode ser conformidade com as especificações; do ponto de vista do usuário, ela tem uma definição altamente subjetiva (BIDO, 1999). Uma forma de tornar o conceito da qualidade mais preciso é desagregá-lo em elementos básicos, conhecidos como as “Oito dimensões da Qualidade” (GARWIN, 1987). Estas dimensões são: Desempenho; Características; Confiabilidade; Conformidade; Durabilidade; Atendimento; Estética e Qualidade Percebida.

Dentro da General Motors, a qualidade é desagregada em três dimensões:

- **Qualidade Inicial:** É a qualidade do veículo nos seus primeiros 90 dias de uso, quando o cliente ainda se familiariza com o carro;
- **Qualidade a Longo Prazo (Durabilidade):** Demonstra quanto o veículo é confiável no decorrer dos anos e após muitos quilômetros rodados;
- **Qualidade Percebida:** É como o consumidor sente o produto como um todo. É a primeira impressão sobre aparência, toque, cheiro, ajustes, etc.

As mesmas estão resumidas na figura a seguir:



Figura 3.1: Diagrama esquemático com as 3 dimensões da qualidade adotadas pela General Motors

MALOSON; WINGROVE (2004) sugeriram que a aceleração na introdução de inovações tecnológicas nas indústrias em geral está crescendo de forma espantosa e para garantir que as mesmas não gerem problemas que afetem a qualidade do produto, a adoção de ferramentas associadas com o planejamento do desenvolvimento do produto, e seu processo de fabricação tornaram-se requisitos básicos para todos os sistemas de qualidade das empresas do setor automobilístico.

As normas série ISO 9000 e TS 16949 de qualidade tem sido um dos pilares de sustentação para atendimento desses requisitos. Independente do tamanho, empresas em todo o mundo estão desenvolvendo, ou já desenvolveram, sistemas de qualidade para adequarem-se a essas normas. Mesmo as empresas que utilizam estas normas somente para poderem participar de negócios globais, deveriam aproveitar essa base para melhoria de sua competitividade (STRUEBING, 1996).

É evidente que a padronização e os sistemas de qualidade têm papel fundamental no setor automotivo. Os requisitos para manufatura interna e bens fornecidos sempre foram e serão mais rigorosos, sendo que a indústria automobilística tem sido o líder histórico na evolução em gestão da produtividade e qualidade. Através dessas normas, essa padronização e busca pela melhoria contínua poderá ser alcançada com menor esforço pela cadeia de fornecimento (YOUNG, 1996).

Essa urgência na redução de prazos e custos, associados a requisitos de qualidade cada vez mais elevados, define a necessidade de se fazer certo da primeira vez, ou detectar e corrigir todos os problemas no tempo adequado (atendimento da data acertada para início de venda do produto), o que indubitavelmente conduz a indústria a adotar práticas do ciclo de planejamento, execução, verificação e atuação (PEVA), exemplificado na figura 3.2;

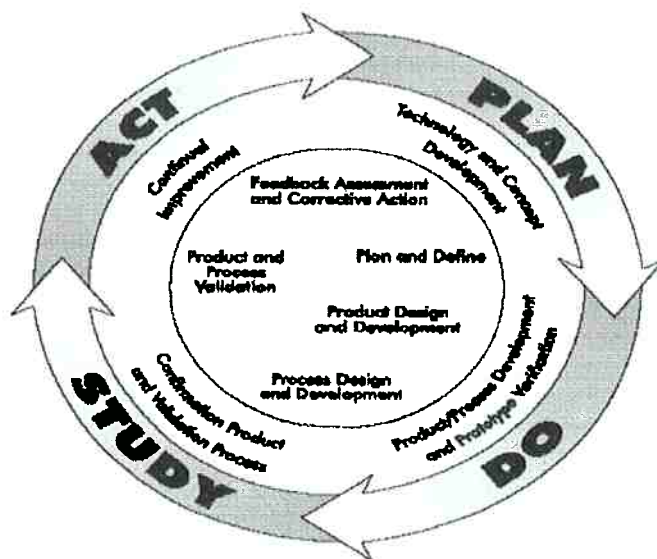


Figura 3.2: Diagrama esquemático com o ciclo PEVA, Fonte: Manual do APQP, AIAG, 1995

O ciclo PEVA é uma metodologia para obtenção de melhorias do aprendizado e no processo. O planejamento de uma modificação de modo a obter uma melhoria é a base de funcionamento desse ciclo. Executar as tarefas conforme planejado, é fundamental para aumentar a probabilidade de sucesso. Verificar se os resultados alcançados estão alinhados com as expectativas esperadas pela introdução da modificação. Atuar, através da efetivação dessa mudança, em caso positivo, ou reiniciar o processo, em caso negativo.

Um dos principais requisitos para a realização de um planejamento efetivo é o comprometimento da alta gerência para propiciar a satisfação do cliente, seja sob a ótica da qualidade, ou à do prazo.

Na indústria automobilística, essa técnica é aplicada, através de procedimentos escritos, ou através de uma cultura, sendo que as três grandes empresas norte-americanas, Daimler-Chrysler, Ford e General Motors (conhecidas como "Big Three"), adotaram em 1995 a técnica chamada de planejamento avançado da qualidade do produto (APQP), para minimizar o aparecimento de problemas de qualidade ou não atendimento de prazos.

A meta principal do planejamento de qualidade do produto é facilitar a comunicação entre todos os envolvidos, de modo a assegurar que todas as etapas necessárias para desenvolver e validar um produto sejam completadas no tempo correto, evitando ou corrigindo no tempo adequado, os problemas de qualidade. Observando-se a figura 3.3, pode-se concluir que o desempenho de qualidade dos produtos da General Motors do Brasil vem apresentando uma tendência de melhora, porém ainda com a ocorrência de alguns problemas, e seguramente essa melhora é devida em grande parte ao uso de ferramentas de planejamento, dentre elas o APQP.

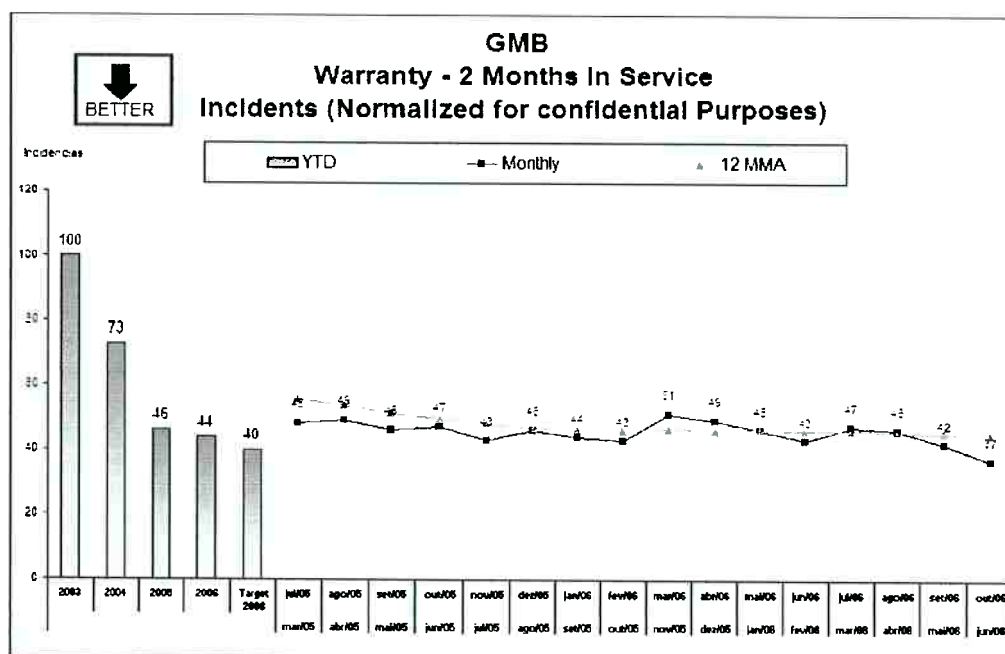


Figura 3.3: Gráfico da evolução de problemas de garantia dos veículos da GMB,

Fonte: Site na intranet GMB, modificado pelo autor

3.2 O processo de desenvolvimento de produtos na indústria automotiva

Os fornecedores da indústria automotiva vêm enfrentando uma concorrência cada vez mais acirrada para poder participar de novos negócios. Uma vez ganhadores de um negócio, têm encontrado dificuldades para desenvolver o produto e o processo necessários para atender os requisitos do cliente como citado por CHILD; KRANZ (2005). Normalmente o prazo para desenvolvimento e aprovação é exíguo e adicionalmente existe uma exigência por níveis cada vez mais elevados de qualidade e redução no preço de peças e serviços.

As montadoras recomendam e estimulam o uso de várias ferramentas para o desenvolvimento de projeto e melhoria contínua, sendo que as 3 grandes montadoras norte-americanas solicitam como requisitos específicos as seguintes ferramentas descritas em manuais desenvolvidos pelo grupo de ação da indústria automobilística (Automotive Industries Action Group – AIAG):

- SPC – Controle estatístico do processo (Statistical process control);
- MSA – Análise dos sistemas de medição (Measurement system analysis);
- FMEA – Análise dos modos de falhas e efeitos (Failure mode and effects analysis);
- APQP – Planejamento avançado da qualidade do produto (Advanced product quality planning).

Para entender melhor a relação entre essas ferramentas, deve-se considerar o processo de lançamento de um produto, dividido em duas partes principais, o planejamento antes do lançamento e a execução desse planejamento, culminando com a validação do produto e seu processo de manufatura (KAMINSKI, 2000).

A General Motors aplica um processo para o desenvolvimento de novos produtos denominado GVDP (Global Vehicle Development Process – Processo Global de Desenvolvimento de Veículos). Esse processo propõe processos globais competitivos que refletem as melhores práticas identificadas pela General Motors, internamente ou externamente, explorando ao máximo a interação entre diversas áreas (Estilo, Engenharia de Produtos, Engenharia de Validação, Engenharia de

Manufatura, Qualidade, Marketing, Compras, Vendas, Pós-Vendas, etc.), sendo que um detalhamento desse processo será realizado no decorrer desse trabalho.

Esse processo visa lançar um veículo para o mercado, desde o planejamento até a produção, atendendo todas as necessidades do cliente, mantendo o foco na velocidade (*"Speed to market"* – rapidez para o mercado). Resumidamente um programa é iniciado com o planejamento do veículo, onde são definidos as metas e objetivos a serem alcançados, desdobrando-se todas as atividades a serem realizadas por todas as áreas da empresa, as quais são refletidas em um cronograma de desenvolvimento específico e detalhado para o produto.

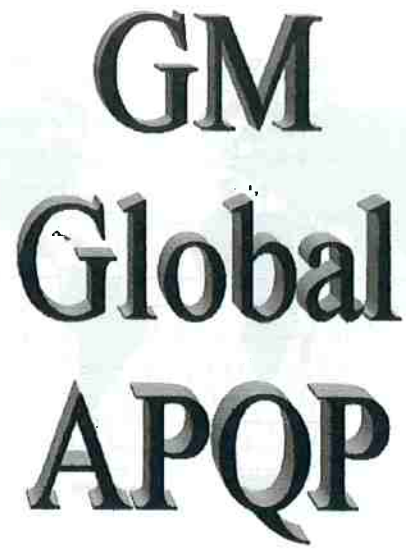
Uma das principais características é a divisão do projeto por fases, com portas de verificação (*"gates"*), cuja função é garantir que todos os requisitos compreendidos nessa etapa foram concluídos para autorizar a passagem para a fase seguinte do projeto, bastante alinhado com a proposta feita tanto por COOPER (2002) e CROW (1998).

O artigo de CASCELLA, publicado em 2002, faz uma revisão sobre os principais motivos que fazem com que o planejamento estratégico não se concretize em resultado de negócios, e indica uma maneira para tornar o planejamento de negócios e a sua execução mais efetiva.

Da lista de sintomas que estão mais presentes em empresas com um planejamento deficiente, temos:

- Falta de "cumplicidade" em todos os níveis;
- Mal uso de recursos;
- Meios de verificação inadequados (métricas não representativas).

Devido a esses fatores, a General Motors desenvolveu em janeiro de 2002, um manual complementar ao APQP da AIAG, chamado de APQP global, cuja capa desse manual é mostrada na figura 3.4, a seguir.



GM Global APQP

Figura 3.4: Capa do manual do APQP global da GM, Fonte: Manual do APQP,
Global GM 2002

3.3 O processo global de desenvolvimento de veículos da General Motors - GVDP

A General Motors Corporation desenvolveu e continuamente aprimora um processo para o desenvolvimento de produtos chamado de GVDP (*“Global vehicle development process”* - processo global de desenvolvimento de veículos), que está sendo utilizado em todos os grandes projetos. O GVDP formaliza a adoção e utilização de processos globais, que refletem as melhores práticas adotadas pela indústria, buscando uma interação entre as diversas áreas envolvidas no desenvolvimento de um produto (estilo, engenharia do produto, engenharia de manufatura, qualidade, marketing, vendas, compras, etc.), o que está bastante alinhado com os conceitos relatados por CLAUSING (2000) e CLARK (1992).

Além da intensiva utilização de recursos virtuais para desenvolvimento, conforme já comentado anteriormente, outra das características mais marcantes desse processo, é sua divisão por portas (*“gates”*), onde a alta direção realiza verificações para certificar de que todos os requisitos dessa fase tenham sido atingidos para autorizar a passagem para a fase seguinte do programa.

Todos os principais eventos são posicionados no tempo, a partir da data de início de produção (*SORP – start of regular production*), que determina o marco zero do projeto, sendo que todos esses eventos têm que ocorrer em um dado instante do tempo relacionado com esse marco zero.

O projeto se inicia com o planejamento da estratégia do veículo (*“document of strategic intent”* – DSI), etapa onde se estabelecem os objetivos e metas a serem alcançados. Todas as áreas devem aportar os seus requisitos, e um cronograma detalhado e específico para o programa é estabelecido de acordo com a especificação do GVDP.

O Programa se inicia com a aprovação da arquitetura do veículo (*“vehicle program initiation”*- VPI). São estabelecidos os primeiros requisitos funcionais do veículo (chamado de veículo conceito-virtual), associados à estrutura dessa arquitetura, que servirão de base para a próxima fase, que é a do veículo estrutural.

Nessa etapa do projeto, onde formalmente é aprovada a execução do programa (*“contract sign-off”*- CSO), procura-se incluir ao menos, os itens motor, transmissão e suspensão, para uma avaliação da funcionalidade do veículo. O envolvimento dos fornecedores e das áreas de manufatura é aprofundado, para desenvolvimento dos processos de manufatura, início da construção de ferramentais, equipamentos e dispositivos.

Se todos os requisitos dessa fase são satisfeitos, é autorizada a incorporação das características do interior e exterior do veículo, desenvolvendo-se assim os veículos da fase de integração virtual (*“integration vehicles”*- IV). Com a aprovação dessa fase, ocorre a liberação das informações matemáticas (*“verified data release”* – VDR), que gerarão os primeiros protótipos físicos (*“product validation vehicles”*- PVV), cuja intenção é validar e confirmar os resultados das validações virtuais anteriores, quer sejam elas de desempenho do produto ou seqüências de montagem.

A fase seguinte é a de construção dos veículos de validação da manufatura (*“manufacturing validation builds”* – MVB), anteriormente conhecida como corrida-piloto, onde em via de regra, são montadas componentes aprovados através do processo de aprovação de peças de produção (*“production part approval process”*- PPAP) na própria linha de montagem da fábrica. Nessa fase podem ser identificados e resolvidos problemas de montagem não descobertos nas fases anteriores, e também, os operadores realizam treinamentos nos processos de montagem do novo veículo. Assim como essa fase serve para treinamento e validação da fábrica, ela também é utilizada para validar os processos de manufatura dos fornecedores, e treinamento dos seus próprios operários.

Somente quando todos os requisitos do programa são atingidos, a fase MVB termina, iniciando-se assim, o início de produção regular SORP.

A figura 3.5 abaixo ilustra de forma simplificada, (por motivos de confidencialidade), o plano geral do GVDP. Na seqüência do trabalho será demonstrado como o APQP se encaixa nesse processo, ajudando na sua execução com sucesso.

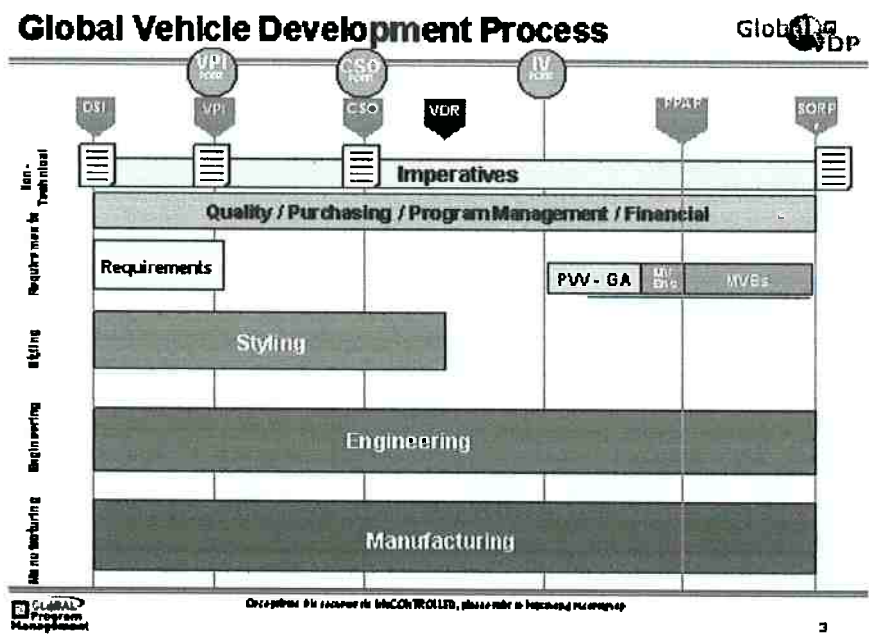


Figura 3.5: Cronograma de desenvolvimento global de veículos da GM, Fonte: Manual de treinamento da General Motors Corporation, modificado pelo autor

3.4 O Planejamento avançado da qualidade do produto (“advanced product quality planning”- APQP)

3.4.1 A importância do planejamento avançado da qualidade do produto

O propósito do planejamento avançado da qualidade do produto é o de garantir que todos os meios de produção e a capacidade de fazer produtos que atendam as expectativas dos clientes estejam disponíveis (JURAN, 1990). É obvio que quanto melhor o desenvolvimento do produto, menor serão os problemas relacionados com o lançamento. Como descrito por YOSHIMURA (2003), muito pior do que fazer adequações depois do lançamento, que são muito caras, os custos gerados por problemas que chegam ao campo geralmente são intangíveis como efeito da insatisfação do cliente.

Observa-se, portanto, a importância de um bom planejamento da qualidade, para minimizar as insatisfações dos clientes, e como consequência, prejuízos após o lançamento do produto. O planejamento da qualidade é um dos três processos gerenciais básicos da trilogia de JURAN (1994), juntamente com o controle da qualidade e a melhoria da qualidade.

O APQP é um método estruturado de trabalho em equipe para definir e estabelecer as etapas necessárias para assegurar que o produto atenda os requisitos de satisfação do cliente, facilitando também a comunicação entre os envolvidos, assegurando o cumprimento de todas as atividades dentro dos prazos estabelecidos, minimizando os custos associados, e mitigando os riscos de qualidade no lançamento do produto.

No manual do APQP da AIAG, é requerida a utilização de equipes multidisciplinares, buscando otimizar o trabalho da Engenharia Simultânea, para gerenciar as atividades definidas. E como já mencionado anteriormente, sucesso de um planejamento eficiente da qualidade do produto depende enormemente do comprometimento da alta administração, para suportar o atendimento da satisfação dos clientes.

3.4.2 Etapas do planejamento avançado da qualidade do produto

Todas as atividades descritas no manual do APQP do AIAG estão discriminadas em seqüência lógica, baseada em cinco etapas de planejamento, conforme abaixo:

1. Planejamento e definição do programa;
2. Projeto e desenvolvimento do produto;
3. Projeto e desenvolvimento do processo;
4. Validação do produto e do processo;
5. Retroalimentação, avaliação e ação corretiva.

A figura abaixo demonstra esquematicamente como essas etapas são executadas, no decorrer do tempo.

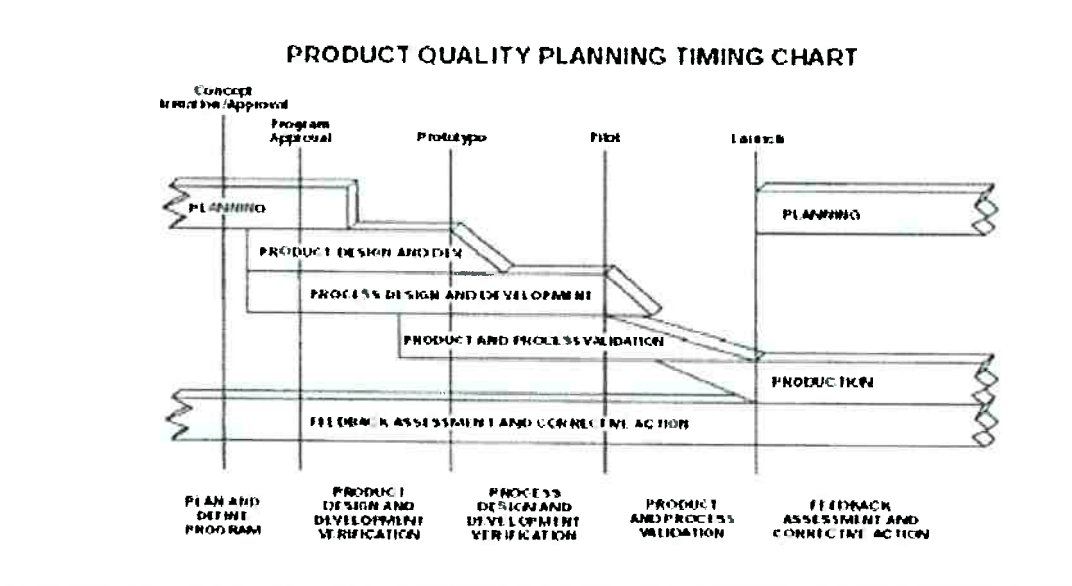


Figura 3.6: Diagrama esquemático com o cronograma do APQP, Fonte: Manual do APQP, AIAG, 1995

3.4.2.1 Fase 1 - planejamento avançado e definição do programa

O início do processo sempre ocorre com uma decisão do cliente em desenvolver um produto, em um determinado fornecedor. Para definição desse fornecedor, normalmente ocorre um processo de cotação, que leva em consideração o atendimento de requisitos de qualidade, tecnologia, serviço, e principalmente preço. O cliente envia os requisitos básicos do projeto, e o fornecedor realiza uma análise técnica e então apresenta uma cotação. Com a aprovação dessa cotação, inicia-se formalmente o processo de APQP.

Geralmente, o primeiro passo é a definição pela alta administração do fornecedor de um gerente do programa, que tem a obrigação de estabelecer um time multidisciplinar, envolvendo representantes das áreas de engenharia, produção, materiais, qualidades, vendas e outros, conforme necessidade e preferencialmente, esses membros devem ter o treinamento adequado para serem profissionais e não amadores no planejamento da qualidade (JURAN, 1996). As funções e responsabilidades de cada membro da equipe devem estar bem definidas. A equipe deve identificar os clientes externos e internos e suas necessidades, expectativas e exigências.

Essa equipe, sob a coordenação do gerente do programa, deve estabelecer as datas para cumprimento de cada atividade, realizar uma avaliação do risco e da viabilidade, demonstrando que todos os requisitos do planejamento estão sendo cumpridos.

O sucesso de qualquer programa depende do atendimento das necessidades e expectativas dos clientes, nos prazos estabelecidos e com o custo previsto na cotação inicial. Esta equipe também deve estar preparada para fazer as modificações necessárias, decorrentes de adequação e refinamentos no projeto, antes do lançamento do programa.

3.4.2.1.1 Dados de entrada da Fase 1

1) Voz do Cliente

Geralmente a voz do cliente é composta de:

- Históricos de garantia, retrabalho, refugos e resolução de problemas de produtos similares, ou produtos que estejam sendo submetidos a mudanças de especificações;
- Documentos, desenhos, especificações e requisitos técnicos fornecidos pelo cliente;
- Características de uso do produto.

2) Plano de negócios / estratégias de marketing

Devem ser levadas em consideração as restrições e políticas referentes a investimentos, posicionamento do produto e recursos para pesquisa e desenvolvimento.

3) Dados de referência (“*benchmark*”) do produto e do processo

É uma abordagem sistemática para identificar padrões de comparação, de modo a aperfeiçoar produtos e processos. Devem ser estabelecidos padrões de excelência, para orientar a melhoria de desempenho do produto e/ou processo de manufatura.

4) Premissas sobre o produto e processo

São informações referentes a inovações de tecnologia, materiais e confiabilidade, entre outros.

5) Estudos sobre a confiabilidade do produto

São os objetivos de reparos ou substituições de componentes dentro de períodos pré-determinados de tempo e os requisitos de confiabilidade/durabilidade de logo prazo.

6) Dados do cliente

Pesquisa adicional sobre necessidades e expectativas do cliente futuro, que porventura não tenham sido identificadas no requisito voz do cliente.

3.4.2.1.2 Dados de saída da Fase 1

1) Objetivos do projeto

É a tradução da voz do cliente em objetivos mensuráveis, de modo a desdobrá-la adequadamente no produto e/ou processo.

2) Metas de confiabilidade e de qualidade

As metas de confiabilidade deveriam ser expressas em termos de probabilidade e intervalos de confiança. As metas de qualidade são definidas para suportar a melhoria contínua.

3) Lista preliminar de materiais

Consiste em uma lista preliminar de matérias-primas e componentes e inclui uma identificação antecipada dos sub-contratados.

4) Fluxograma preliminar do processo

Registro da intenção inicial do fluxo do processo.

5) Lista preliminar das características especiais do produto e processo

Registro das características que merecem atenção e controle especiais durante a manufatura, pois afetam segurança do produto, regulamentações governamentais ou desempenho do veículo / produto.

6) Plano de garantia do produto

É a tradução dos objetivos do projeto em requisitos. Normalmente inclui os fatores que podem colocar o programa em risco.

7) Suporte da gerência

Aprovação formal pela alta administração do projeto, com o objetivo de informar e obter suporte da alta administração sobre as ações necessárias para atender os requisitos do cliente.

3.4.2.2 Fase 2 – projeto e desenvolvimento do produto

Nesta fase se procura desenvolver as características do projeto na sua forma final. É objetivo garantir que o projeto do produto seja factível e atenda todos os requisitos definidos pelo cliente na fase 1, nos volumes estabelecidos e nos prazos estipulados.

Deve-se ressaltar que os dados de entrada dessa fase são os dados de saída da fase anterior, sendo que essa sistemática será mantida para as demais fases.

3.4.2.2.1 Dados de saída da fase 2

1) Análise do modo e efeito da falha de projeto (DFMEA)

É uma técnica disciplinada para avaliar a probabilidade de falhas, os seus efeitos e causas. O FMEA é um documento vivo, que deve ser atualizado no decorrer de todo o programa, servindo tanto como referência para outros projetos futuros e quanto para a elaboração do FMEA de processo.

2) Projeto para manufaturabilidade e montagem (*“design for manufacturing - DFM & design for assembly –DFA”*).

São processos da Engenharia Simultânea, que buscam facilitar através de um projeto ideal, as maneiras de manufaturar e montar um produto.

3) Plano de verificação do projeto

É formalizado um plano de verificações e ensaios durante o desenvolvimento do projeto, de modo a avaliar e validar o mesmo em intervalos adequados. Esse plano e seus resultados são sumarizados em um relatório.

4) Revisões de projeto

São reuniões regularmente programadas e lideradas pela engenharia, com o intuito de avaliar, monitorar e gerenciar que todas as atividades estão sendo levadas a contento para prevenir problemas e atender os requisitos do cliente.

5) Plano de controle do protótipo

É um plano de controle desenvolvido para garantir que os protótipos estejam em conformidade com os requisitos de projeto e necessidades do cliente.

6) Desenhos de engenharia

É realizada uma análise crítica para determinar se existem informações suficientes para realização de uma medição dimensional das peças. Essa análise é necessária mesmo se os desenhos sejam de responsabilidade do cliente. Esses desenhos são referências para o plano de controle do protótipo.

7) Especificações de Engenharia

É realizada uma análise crítica de modo a confirmar a correta interpretação das especificações de desempenho do produto e sua correlação com os requisitos funcionais, de durabilidade e aparência do referido produto.

8) Especificação de materiais

Além dos desenhos e especificações de engenharia, as especificações de materiais devem ser analisadas criticamente, para confirmar se os materiais especificados no projeto estão bem definidos e são disponíveis no mercado.

9) Alterações de desenhos e especificações

Quando alterações forem necessárias, a equipe deve garantir que as mesmas sejam adequadamente documentadas e comunicadas a todos os envolvidos nesse projeto.

10) Requisitos de novos equipamentos, ferramentas e instalações

É a definição dos equipamentos, ferramentas, instalações e dispositivos, inclusive meios para medição, ensaios e testes, necessários para executar o processo de manufatura e testar o produto a ser lançado. Normalmente é desenvolvido um plano e cronograma para que o time multidisciplinar acompanhe a execução desses itens.

11) Características especiais de produto e processo

São definidas e identificadas segundo simbologia do cliente, quais a características especiais envolvidas nesse projeto.

12) Requisitos para os meios de medição e equipamentos de teste

Os requisitos para identificação desses recursos são acertados nessa etapa.

13) Comprometimento do time com a viabilidade do projeto e suporte gerencial

O time multidisciplinar deve oficializar que o produto é possível de ser fabricado, atendendo integralmente todos os requisitos do cliente, sendo que novamente a alta direção deve confirmar seu suporte para essas atividades.

3.4.2.3 Fase 3 – projeto e desenvolvimento do processo

Nesta fase se procura desenvolver um processo de manufatura e os respectivos planos de controle, de modo a garantir produtos de qualidade. O objetivo principal é criar um processo que possa cumprir todas as especificações e requisitos anteriormente definidos, garantindo os menores custos e atendimento dos prazos.

3.4.2.3.1 Dados de saída da fase 3

1) Padrões de embalagem

São registrados os padrões de embalagem que o cliente solicita, e possíveis modificações para manter a integridade do produto.

2) Análise crítica do sistema de qualidade do produto / processo

É realizada uma análise crítica dos impactos que o novo produto poderia causar no sistema de qualidade vigente, adicionando todas as melhorias necessárias.

3) Fluxograma do processo

É oficializado o fluxograma com todas as etapas do processo de manufatura e montagem do produto. Esse documento é a base para o trabalho de FMEA de processo, e determinação de oportunidades de melhoria.

4) “Layout” das instalações

É obtida a aprovação pelo time multifuncional da localização dos pontos de inspeção, áreas de produção, retrabalho e de produto não conforme.

5) Matriz de características

É confeccionada uma matriz que correlaciona os parâmetros do produto com os processos de manufatura. Em muitos casos, é utilizada a matriz do desdobramento da função qualidade (“*Quality Function Deployment*” – QFD).

6) Análise dos modos de falha e efeitos do processo (PFMEA)

É uma técnica disciplinada para avaliar a probabilidade de falhas, os seus efeitos e causas, geradas pelo processo de manufatura. O FMEA é um documento vivo, que deve ser atualizado no decorrer de todo o programa, e servirá de referência para novos desenvolvimentos.

7) Plano de controle de pré-lançamento

Nesse plano estão descritos as medições dimensionais, ensaios de materiais e testes funcionais que deverão ser realizados no produto, no período compreendido após a entrega de protótipos até o início da produção normal.

8) Instruções do processo

O time multidisciplinar deve desenvolver todas as instruções de processo para todas as operações, incluindo as atividades de inspeção e ensaios. Essas instruções serão usadas pelo pessoal de fabricação, devendo ser precisas e ilustrativas.

9) Plano de análise do sistema de medição

É definido o plano de validação de todo o sistema de medição. Como requisito mínimo, deve ser realizado estudos de tendência, linearidade, repetibilidade, reprodutibilidade e correlação de todos os instrumentos utilizados para controle do produto.

10) Plano de estudo preliminar da capacidade do processo

É desenvolvido o plano para realização dos estudos de capacidade do processo, de modo a verificar se os processos são capazes de garantir os requisitos de desempenho estabelecidos nas fases anteriores.

11) Especificações de embalagem

São desenvolvidas as embalagens que serão utilizadas pelo produto, garantindo sua qualidade e preservação.

3.4.2.4 Fase 4 – validação do produto e do processo

Nesta fase procura-se validar o processo de manufatura e os respectivos planos de controle, de modo a garantir produtos de qualidade. Normalmente são utilizadas peças do lote piloto (*"pilot trial run"* - PTR), sendo que o objetivo principal é confirmar que o processo pode cumprir todas as especificações e requisitos anteriormente definidos, sob condições normais de produção, garantindo os menores custos e atendimento dos prazos.

3.4.2.4.1 Dados de saída da fase 4

1) Corrida piloto

É realizada uma simulação da produção, chamado em muitos casos de pré-produção, utilizando os recursos da produção (p.ex. ferramental, equipamentos, operadores, tempo de ciclo). O objetivo é comprovar que o processo desenhado e desenvolvido nas fases anteriores atende todos os requisitos de cliente. Espera-se que as peças produzidas nessa etapa sejam utilizadas para realizar a aprovação das peças.

2) Avaliação do sistema de produção

É realizada a confirmação de que os meios de controle são confiáveis, ao se realizar o plano definido na fase anterior.

3) Aprovação de peças de produção

É o processo utilizado para aprovação e validação de um novo produto. Esse processo é feito segundo requisito específico do cliente. As três grandes montadoras norte-americanas utilizam o processo de aprovação de peças de produção (PPAP), definido no manual do PPAP do grupo de ação da indústria automotiva (*“Automotive Industry Action Group” – AIAG*).

4) Testes de validação da produção

Esses testes são realizados para comprovar que o processo de manufatura produz peças que atendam todos os requisitos de engenharia. Pelo menos, ensaios dimensionais e funcionais das características mostradas no desenho devem ser realizados.

5) Avaliação da embalagem

Testes de comprovação de que as embalagens protegem e preservam adequadamente os produtos.

6) Plano de controle da produção

Nesse plano estão descritos as medições dimensionais, ensaios de materiais e testes funcionais que deverão ser realizados para controlar produtos e processos. É um documento vivo, que deve refletir as melhorias incorporadas ao processo. Normalmente é uma extensão dos planos de controle de pré-produção.

7) Aprovação do planejamento da qualidade e suporte da gerência

O time multidisciplinar assegura que todas as atividades e controles definidos no plano de controle foram seguidos. Antes do primeiro embarque regular de produção é exigida uma análise crítica dos demais itens constantes nessa fase. A aprovação formal pela alta administração dessa análise é um requisito mandatório.

3.4.2.5 Fase 5 – retro alimentação, avaliação e ação corretiva

Nesta fase se controla a eficácia do planejamento do programa após o lançamento do produto. O processo não termina na fase anterior, pois somente quando todas as causas comuns e especiais de variação estiverem presentes, é possível confirmar que todos os objetivos e requisitos foram atendidos.

3.4.2.5.1 Dados de saída da fase 5

1) Variação reduzida

Um controle através de técnicas estatísticas deve ser realizado para identificar e reduzir a variação do processo, sendo que ações corretivas tem que ser implementadas tanto para causas comuns, quanto para especiais.

2) Satisfação do cliente

Caso algum dos requisitos do cliente porventura não tiver sido atingido, em parceria com o cliente, o fornecedor implementará modificações para correção dessas deficiências.

3) Entrega e assistência técnica

Deve-se manter a preocupação pela melhoria contínua durante as entregas regulares e assistência técnica, para buscar a satisfação do cliente.

3.5 O planejamento avançado da qualidade do produto sob a ótica da General Motors

Como mencionado anteriormente, a General Motors criou uma sistemática própria, usando o manual do APQP do AIAG como referência, mas estabelecendo 17 tarefas específicas, já existentes dentro dos procedimentos corporativos, compondo as 5 fases do APQP, além da adição de uma nova fase, que é a das atividades de pré-cotação.

A intenção principal dessas tarefas é garantir que o APQP esteja sincronizado com o GVDP, de modo a suportar que todas as fases do programa atinjam os requisitos do programa no tempo correto. Na figura abaixo, está representado o cronograma das 17 tarefas e sua inter-relação com o GVDP:

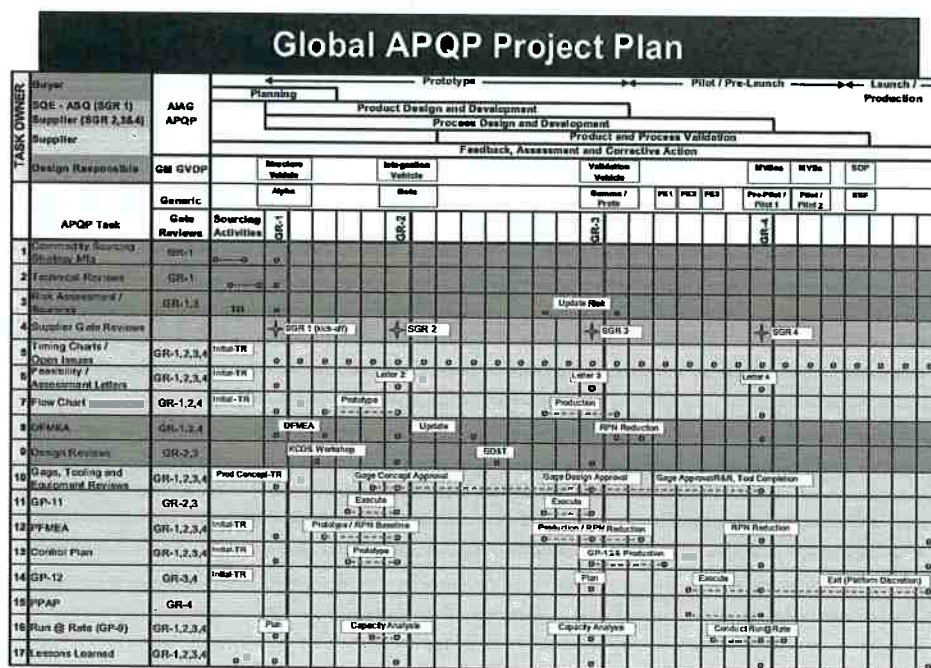


Figura 3.7: Diagrama esquemático com a interrelação entre o GVDP e o APQP global da GM, Adaptação do autor

Além dessa fase de pré-cotação, outras adições importantes são as atividades de revisões de portas, que estão baseadas nas atividades de portas de estágio (“*Gate-stage*”), metodologia explicada por COOPER (2002) e de revisão de projetos (CROW, 1998).

Para melhor entendimento dessas atividades, na seqüência (Figura 3.4), serão pormenorizados os detalhes e adições aos elementos do APQP conforme manual do AIAG, feitas pela General Motors.

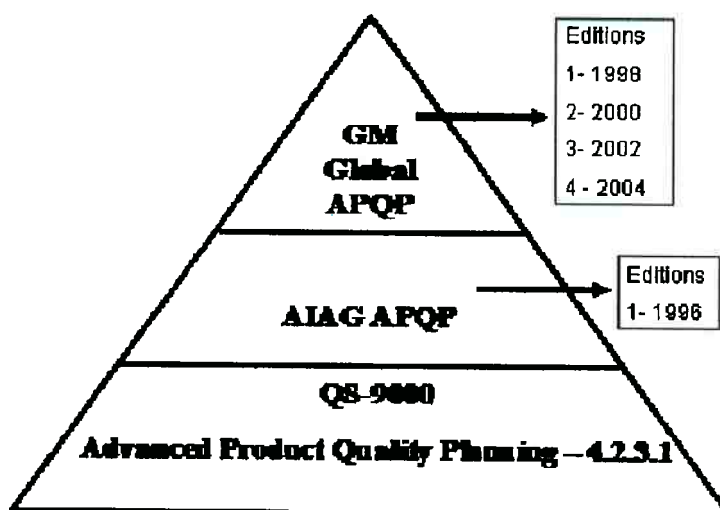


Figura 3.8: Diagrama esquemático mostrando a hierarquia entre os APQPs, fonte: manual do APQP global da GM, Adaptação do autor

3.5.1 - Os 17 elementos do APQP Global da GM

3.5.1.1 - Fase de pré-cotação

1) Reunião para definição das estratégias de cotação

O objetivo é obter a participação de todas as áreas envolvidas no desenvolvimento de um programa, para uma determinada família de peças, de modo a garantir que todas as informações necessárias para que uma cotação adequada e comparável

possa ser recebida dos fornecedores, de modo a suportar o cronograma de desenvolvimento do programa.

Como saídas são obtidas:

- Lista de requisitos funcionais;
- Lista de componentes, que precisarão ter um plano de validação específico;
- Lista com datas chave do programa;
- Lista com os fornecedores em potencial que participarão no processo de cotação;
- Definição do tipo de envolvimento do fornecedor no desenvolvimento;
- Pacote com todas as informações para cotação.

2) Revisão Técnica

É uma reunião com a participação do fornecedor, comprador, engenheiro do produto, engenheiro de qualidade do fornecedor, com a representação de outras áreas da organização que estejam envolvidas. O objetivo é fazer uma revisão crítica da cotação apresentada pelo fornecedor, para garantir que todos os requisitos do pacote de cotação foram compreendidos adequadamente pelo fornecedor, e que as propostas apresentadas têm o potencial de produzir peças que atendam os requisitos do programa de lançamento.

Como saídas são obtidas:

- Lista com os fornecedores que realmente estão capacitados para prosseguir no processo de cotação;
- Avaliação do risco envolvido com a proposta de cada fornecedor;
- Carta de viabilidade de cada fornecedor (requisito do APQP do AIAG), utilizando o formato GM 1927-19: carta #1;

- Informações preliminares do desenvolvimento, tais como, cronogramas, fluxogramas de processo, recursos humanos, etc., (requisitos do APQP do AIAG);
- Início do formulário com todos os itens em aberto (GM 1927-5 "*open issues list*").

3) Avaliação do risco

É uma análise crítica, utilizando o formulário (GM 1927-7), para avaliar em avançado o potencial para problemas que uma determinada peça sendo desenvolvida por um fornecedor, pode acarretar ao programa. Através dessa avaliação, se define qual o tipo de envolvimento do cliente no APQP: se o APQP será monitorado pelo cliente, ou se monitorado pelo fornecedor, e se obtém a classificação dos riscos de todos os fornecedores envolvidos no pacote de cotação.

Como saídas são obtidas:

- Nível de risco de cada fornecedor;
- Definição do envolvimento do cliente no APQP, peças de risco alto são lideradas pelo cliente, e peças de risco médio ou baixo são lideradas pelo fornecedor;
- Definição dos fornecedores que poderão prosseguir na cotação.

3.5.1.2 - Fase de planejamento e definição do programa

4) Revisões de portas

São revisões que visam monitorar o progresso dos itens constantes do plano de projeto do APQP (GM1927-1) e dos itens constantes no cronograma de desenvolvimento do APQP (GM 1927-2). Essas revisões também têm o objetivo de rever a lista de itens abertos, identificar e resolver todas as pendências encontradas durante do desenvolvimento, quer seja pelo fornecedor ou cliente.

Conforme o APQP global da GM deve ocorrer quatro dessas revisões durante o desenvolvimento, conforme descritas em detalhes na continuação.

4.1) Revisão de Porta #1 (“Kick-off meeting”)

Essa reunião ocorre dentro do prazo de 30 dias, após notificação formal de que o fornecedor foi o escolhido para o desenvolvimento. Nessa reunião são re-confirmadas as necessidades do cliente, e o fornecedor apresenta um plano mais detalhado sobre o planejamento desse produto.

Como saídas são obtidas:

- “*Check-list*” da revisão de porta #1 (GM 1927-14);
- Lista de contatos do projeto, tanto do lado da GM, quanto do fornecedor (GM 1927-17);
- Plano de gerenciamento do desenvolvimento dos sub-contratados, com devidas revisões de risco e cronograma detalhado do desenvolvimento;
- Fluxograma de processos, PFMEA, planos de controle e planejamento para a corrida de simulação de produção (“*Run at Rate*”, descrito na etapa #16).

4.2) Revisão de Porta #2

Essa reunião ocorre dentro do período de montagem dos veículos de integração (relacionado com o GVDP - processo global de desenvolvimento de veículos da GM ou “*Global Vehicle Development Process*”). Essa reunião deve ser agendada para ocorrer nas duas semanas anteriores à realização da revisão de qualidade e confiabilidade do produto (PQRR – “*Product Quality & Reliability Review*”) ou da revisão de prontidão do projeto (“*Build Readiness Review*”).

Como saídas são obtidas:

- Carta de viabilidade do projeto (requisito do APQP do AIAG), utilizando o formato GM 1927-19: carta #2;

- Dados sobre a intenção de projeto dos dispositivos de controle;
- Revisão do fornecedor sobre o FMEA de Projeto (“Check-list” A1 do APQP do AIAG);
- Plano de resolução para todos os problemas encontrados na fase de montagem dos veículos de integração;
- Revisão do fluxograma de processo Projeto (“Check-list” A6 do APQP do AIAG);
- Dados sobre a aprovação dos protótipos (GP-11);
- Dados preliminares de capacidade do processo (GM 1927-20);
- Revisão dos planos de controle (“Check-list” A8 do APQP do AIAG);
- Atualizações no plano de gerenciamento do desenvolvimento dos sub-contratados, com devidas revisões de risco e cronograma detalhado do desenvolvimento;
- Lista de itens abertos atualizada.

4.3) Revisão de Porta #3

Essa reunião ocorre dentro do período de montagem dos veículos de validação (relacionado com o GVDP - processo global de desenvolvimento de veículos da GM ou “*Global Vehicle Development Process*”). Essa reunião deve ser agendada para ocorrer nas duas semanas anteriores à realização da revisão de qualidade e confiabilidade do produto (PQRR – “*Product Quality & Reliability Review*”) ou da revisão de prontidão do projeto (“*Build Readiness Review*”).

Além de uma nova revisão sobre o nível de risco do projeto, as seguintes saídas são obtidas:

- Carta de viabilidade de manufatura baseado na construção dos protótipos (requisito do APQP do AIAG), utilizando o formato GM 1927-19: carta #3;

- Plano de resolução para todos os problemas encontrados na fase de montagem dos veículos de integração;
- Revisão do fornecedor sobre o FMEA de Processo (“Check-list” A7 do APQP do AIAG);
- Plano para redução do número de prioridade de risco do FMEA de processo, utilizando o formato GM 1927-21;
- Revisão dos planos de controle (“Check-list” A8 do APQP do AIAG);
- Atualizações no plano de gerenciamento do desenvolvimento dos sub-contratados, com devidas revisões de risco e cronograma detalhado do desenvolvimento;
- Atualização sobre a construção dos dispositivos de controle;
- Proposta para o plano de controle de peças de pré-produção (GP-12);
- Lista de itens abertos atualizada.

4.4) Revisão de Porta #4

Essa reunião deve ser agendada para ocorrer nas duas semanas anteriores à realização da revisão de qualidade e confiabilidade do produto (PQRR – “*Product Quality & Reliability Review*”) que liberará o início da fase de pré-produção de veículos.

Além de uma nova revisão sobre o nível de risco do projeto, as seguintes saídas são obtidas:

- Carta de viabilidade de manufatura baseada nos processos finais (requisito do APQP do AIAG), utilizando o formato GM 1927-19: carta #4;
- Atualização sobre a situação dos dispositivos de inspeção;
- Planos de redução de risco (“*RPN reduction*”);

- Estudos finais sobre a capacidade do processo, para as características críticas do produto (KPC's – “*Key Product Characteristics*”);
- Atualizações no plano de gerenciamento do desenvolvimento dos sub-contratados, com devidas revisões de risco e cronograma detalhado do desenvolvimento;
- Planos para garantia e redução dos indicadores de garantia do produto;
- Plano de controle de peças de pré-produção com aprovação do time do APQP;
- Situação do processo de aprovação de peças de produção (PPAP)
- Situação do plano para a corrida de simulação de produção (“*Run at Rate*”, descrito na etapa #16);
- Confirmação de que todos os itens da lista de itens em aberto foram resolvidos.

5) Cronograma e lista de itens abertos do APQP

São itens que tem que sofrer revisões periódicas, para garantir que todas as atividades relacionadas ao projeto são executadas de modo a suportar as necessidades do programa.

Os formatos deverão ser:

- Cronograma do APQP (GM 1927-2)
- Lista de itens aberto do APQP (GM 1927-5)

6) Cartas de Viabilidade

Conforme mencionado acima nas revisões de porta, as seguintes cartas deverão ser preparadas e apresentadas pelo fornecedor.

6.1) Compromisso de Viabilidade

Deve ser fornecida antes da escolha da fonte. Ela contém a avaliação inicial do fornecedor sobre a viabilidade de manufatura com as informações sobre os requisitos do cliente disponíveis nessa data, relacionando também os pontos de conflito.

6.2) Avaliação sobre o projeto (GM 1927-19 carta #2)

Nessa avaliação, o fornecedor deve confirmar que o seu processo de manufatura tem a capacidade de manufaturar o produto, nas condições propostas pelo desenho disponível nessa data, utilizando o conhecimento obtido em outros desenhos similares. Essa carta deve conter a assinatura do chefe de engenharia e do gerente de manufatura da planta do fornecedor.

6.3) Avaliação sobre a manufaturabilidade dos protótipos (GM 1927-19 carta #3)

Nessa avaliação, o fornecedor revisa as condições do desenho, levando em consideração os problemas identificados na construção dos protótipos, sua montagem e desempenho nos veículos de integração e testes de validação. Essa carta deve também conter a assinatura do chefe de engenharia e do gerente de manufatura da planta do fornecedor.

6.4) Avaliação sobre o processo de produção e capacidade de manufatura (GM 1927-19 carta #4)

Nessa revisão, o fornecedor confirma claramente, que o fluxo do processo, procedimentos de manufatura e ferramental estão 100% conforme intenção de produção, e que os resultados dos estudos de capacidade sobre as características críticas demonstram o desempenho adequado, em relação ao projeto. Se alguma das condições acima não estiver sendo atendida, um plano detalhado de resolução deve ser apresentado, de modo a corrigir todas as discrepâncias antes do início da produção regular. Essa carta deve também conter a assinatura do chefe de engenharia e do gerente de manufatura da planta do fornecedor.

3.5.1.3 - Fase de projeto e desenvolvimento do processo de do produto

7) Fluxograma do processo

O propósito desse fluxograma é propiciar uma representação gráfica sobre a lógica de fluxo do produto ao longo do processo de manufatura (incluindo além das operações de manufatura, operações de recebimento, movimentação, controle, retrabalho e expedição). Esses fluxogramas são utilizados como base para execução do FMEA de processo, planos de controle e “layouts” das estações de trabalho, e um exemplo está representado abaixo:

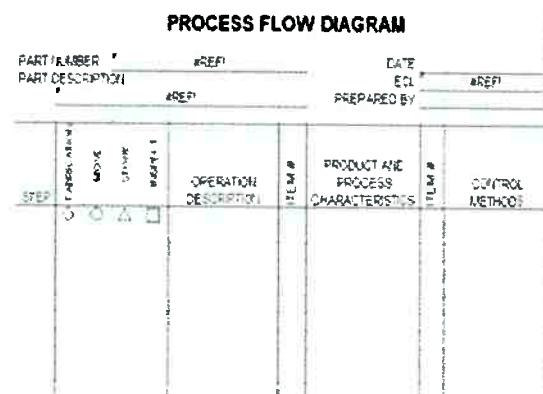


Figura 3.9: Diagrama esquemático com o fluxograma do processo, Fonte: Manual do APQP, AIAG, 1995

8) FMEA de projeto

O FMEA de projeto é um documento vivo, realizado por uma equipe multifuncional, que deve ser iniciado na fase de desenho do conceito do produto, sendo que é atualizado caso alterações sejam necessárias, ou em caso de que informações adicionais sejam descobertas durante o desenvolvimento ou implementação do projeto. Essa ferramenta suporta o processo de desenho do produto na redução da ocorrência de uma falha através de: a) identificação de elementos para avaliação/validação dos requisitos de projeto; b) aumento da probabilidade de que um modo de falha específico esteja considerado, c) estabelecimento de um sistema de prioridades para execução de melhorias no projeto.

Os principais dados de entrada para realização de um FMEA de projeto são:

- Requisitos de desempenho, do produto, processo de manufatura e montagem (formalizados na documentação de cotação);
- Intenção do projeto;
- Dados de garantia;
- Modificações de engenharia ocorridas em projetos anteriores;
- Lições aprendidas.

Para facilitar o entendimento, um esquema com o FMEA é mostrado abaixo:

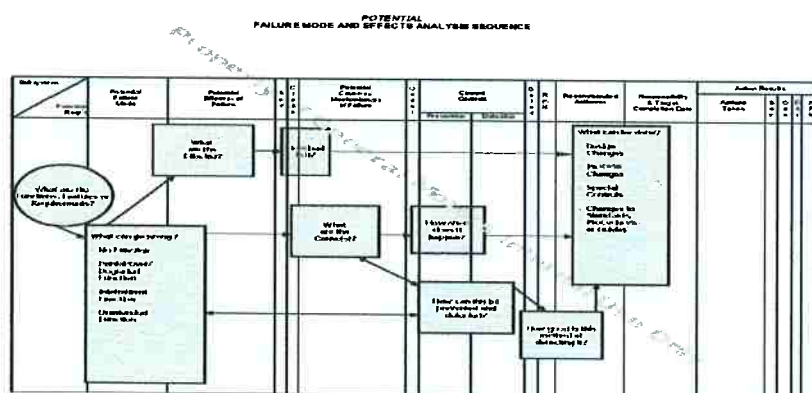


Figura 3.10: Diagrama esquemático com um FMEA de projeto, Fonte: Manual do APQP Global, GM, 2002

9) Revisões de projeto

Através dessa atividade, pretende-se garantir que o desenho do produto tenha sido adequadamente definido, de modo a dar início a construção das ferramentas e dispositivos de controle. Para tanto, o desenho deve incluir as características críticas de controle, requisitos de dimensionamento geométrico (GD&T), e requisitos para testes de desempenho do produto e especificação de material.

A maneira recomendada para definição desses itens é pela realização de “workshops” específicos, com a participação de representantes de todas as partes envolvidas no projeto.

10) Revisões do conceito dos dispositivos de controle, ferramental e equipamentos

A intenção dessa atividade é garantir que os meios de produção sejam projetados com as informações mais recentes do produto, e que sua construção atenda os requisitos de qualidade e quantidade especificados na cotação. Revisões periódicas devem ser executadas para garantir aderência ao cronograma do projeto e que modificações necessárias sejam incorporadas.

Como recomendação das atividades mínimas que necessitam ser realizadas e controladas, um esquema é mostrado abaixo:

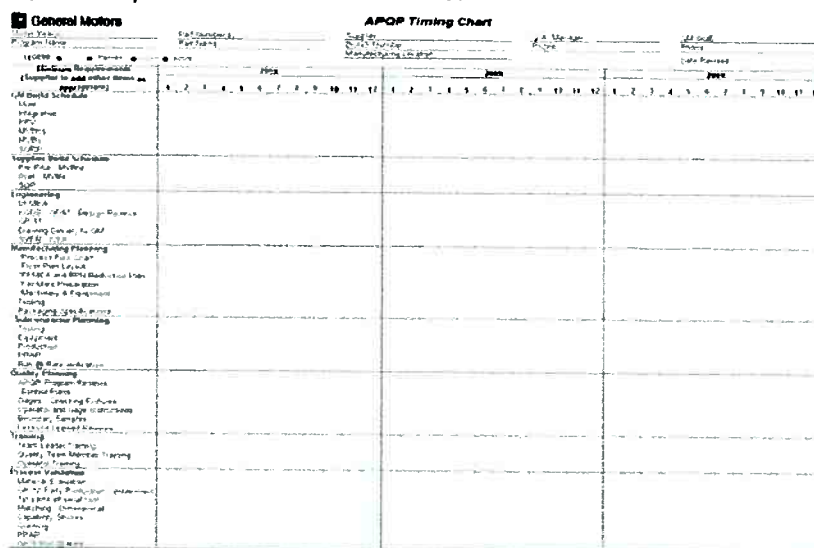


Figura 3.11: Diagrama esquemático com o cronograma do projeto, Fonte: Manual do APQP Global, GM, 2002

11) Aprovação de protótipos – Procedimento Geral 11 (GP-11)

A intenção dessa atividade é garantir que sejam montadas e testadas peças que representem a intenção do projeto. Através da aprovação de protótipos segundo esse procedimento, procura-se identificar problemas e corrigi-los à tempo para mitigar o impacto das variações decorrentes do processo de manufatura da peça e sua montagem no veículo. Todos os problemas encontrados nessa fase devem ser registrados na lista de problemas abertos do APQP.

12) FMEA de processo

De modo análogo ao FMEA de projeto, o FMEA de processo procura assegurar que todos os modos de falha que possam ocorrer no processo de fabricação sejam identificados, e que ações para reduzir a possibilidade do acontecimento dessa falha, ou sua detecção antes do envio ao cliente, sejam implantadas.

Os principais dados de entrada para realização de um FMEA de processo são:

- FMEA de projeto;
- Fluxograma do processo;
- Dados de garantia;
- Reclamações dos clientes em peças similares;
- Técnicas para dispositivos à prova de erro;
- Dados de capacidade de processo em peças similares;
- Lições aprendidas.

13) Plano de Controle

O plano de controle tem a intenção de auxiliar na manufatura de produtos de qualidade, que atendam as expectativas do cliente. Como requisito mínimo, esse plano deve definir os métodos utilizados para controlar todas as características crítica do produto e do processo (KPCs e KCCs).

Os principais dados de entrada para realização de um plano de controle são:

- FMEA de processo;
- Fluxograma do processo;
- Planos de controle de peças similares;
- Lista de características crítica;
- Lições aprendidas.

Como recomendação, o plano de controle deve utilizar o formato mostrado no manual do APQP da AIAG (figura abaixo)

CONTROL PLAN

Part Number		Rev	Revision	Key Contact Name	Date K/P	Date Rev						
22521214G 11-2-92				A. Dark/313-655-6555	1-26-92	1-2-92						
Part Name Description				Customer Engineering Approval #								
Plastic Injection Molding				Supplier Approval #								
Supplier Part #				Customer Approval #								
44 Grill (No. Plan 12)				0121								
Part Number	Process Name	Machine Description	Characteristics			Methods				Reaction Plan		
			Min	Feature	Process	Special Tool	Frequency	Inspection	Sample		Control Method	
3	Plastic Injection Molding	Machine No. 1-5	18	Appearance		*	Flow of Material	Visual inspection	100%	100% inspection	Notify supervisor	
				No Material			Flowline	1st piece buy-off		Check sheet	Adjust-recheck	
							Ask machine	1st piece buy-off		Check sheet	Adjust-recheck	
		Machine No. 1-5	19	Mounting hole loc.		*	Flow - "V" location	Fluoresc. dye	1st piece	Buy-off per run	Check sheet	Adjust-recheck
							25 x 1mm		5 pcs	1x	x-R chart	Quantitate and adjust
		Machine No. 1-5	20	Diameter		*	Flow 3rd Run	Fluoresc. dye	1st piece	Buy-off per run	Check sheet	Adjust and recheck
		Fixture # 10	21	Perforator ID		*	Flow 3rd Run	Check gap in Fixture 2 location	5 pcs	1x	x-R chart	Quantitate and adjust
		Machine No. 1-5	22	Set-up of mold machine			Set up checked out op card	Review of set-up card and machine settings		Each set-up	1st piece buy-off	Adjust and read machine
											Inspection on 1st piece settings	

EXAMPLES ARE FOR REFERENCE ONLY. REFER TO SPECIFIC CUSTOMER REQUIREMENTS

Figura 3.12: Diagrama esquemático com o formato do plano de controle, Fonte: Manual do APQP, AIAG, 1995

14) Contenção avançada da produção – procedimento geral 12 (GP-12)

Também conhecido como plano de controle de pré-lançamento, a intenção desse procedimento, é estabelecer uma contenção durante a fase de início de produção e aceleração da produção, aumentando a probabilidade da identificação de problemas e por consequência, validar o plano de controle de produção (tarefa #13).

3.5.1.4 - Fase de validação do processo do produto

15) Processo de aprovação de peças de produção (PPAP)

Essa tarefa é descrita em detalhes no manual do PPAP, que é um dos 7 manuais que compõem a QS-9000. O principal propósito desse processo é assegurar que todos os requisitos do cliente tenham sido adequadamente compreendidos pelo fornecedor, e que o processo apresenta o potencial para produzir peças que atendam esses requisitos, em um ritmo de produção normal.

Os principais dados de entrada para aprovação de uma peça são:

- Registros de projeto do produto;
- Documentação de mudanças de engenharia;
- Aprovação pela engenharia de produto do cliente;
- FMEA de projeto;
- Fluxograma do processo;
- FMEA de processo;
- Resultados dimensionais;
- Resultados de testes de desempenho;
- Estudos preliminares de capacidade do processo;
- Estudos dos meios de medição;
- Documentação de acreditação dos laboratórios
- Planos de controle (pré-lançamento e de produção);
- Certificado de submissão da peça;
- Relatório de aprovação de aparência;
- Relatório com características das matérias-primas;
- Amostras do produto;
- Amostras padrão;
- Lista dos instrumentos de medição;
- Registros de atendimento aos requisitos específicos do cliente.

16) "Run @ Rate" – procedimento geral 9 (GP-9)

Nesta atividade é verificado se o processo de manufatura do fornecedor é capaz de atender todos os requisitos do cliente, quando operando em ritmo de produção normal, ao máximo da capacidade contratada. Considera-se como uma comprovação da prontidão para a produção.

3.5.1.5 - Fase de avaliação das ações corretivas e retro alimentação

17) Lições aprendidas

A principal intenção dessa atividade é maximizar que todo o conhecimento ganho em um programa, seja utilizado em programas subsequentes, de modo evitar a reincidência de problemas de qualidade ou de projeto, que tenham a mesma causa ou efeito. Uma das maneiras recomendadas para registro dessas lições aprendidas é através da atualização dos FMEAs de projeto e processo.

DESEMPENHO DAS PEÇAS

Conforme já mencionado anteriormente, foi analisado o desempenho de todas as peças produzidas por fornecedores externos para o projeto SuperStar (nome real omitido por motivos de confidencialidade) da General Motors do Brasil, que tiveram o planejamento avançado da qualidade do produto (APQP), monitorado pelo Cliente.

O tamanho dessa amostra foi de 1284 peças (100 famílias), envolvendo 158 fornecedores; buscando-se uma maior probabilidade da execução disciplinada das atividades do APQP global, somente as peças que foram monitoradas pelo cliente foram estudadas, reduzindo-se assim, a amostragem para de um total de 413 peças (43 famílias), e 36 fornecedores, conforme exemplificado na tabela 4.1, abaixo:

Denominação	Supplier Name	Orig	Type	Classif Merit
				I II III
Peça I1	Fornecedor I	Multi	Asm	II
Peça I2	Fornecedor I	Multi	Asm	II
Peça I3	Fornecedor I	Multi	Asm	II
Peça I4	Fornecedor I	Multi	Asm	II
Peça II1	Fornecedor II	Multi	Asm	II
Peça II2	Fornecedor II	Multi	Asm	II
Peça III1	Fornecedor III	Local	Asm	III
Peça III2	Fornecedor III	Local	Asm	III
Peça IV1	Fornecedor IV	Multi	Part	III
Peça IV2	Fornecedor IV	Multi	Asm	III
Peça IV3	Fornecedor IV	Multi	Asm	III
Peça IV4	Fornecedor IV	Multi	Asm	III
Peça V1	Fornecedor V	Multi	Asm	III
Peça V2	Fornecedor V	Multi	Asm	III
Peça V3	Fornecedor V	Multi	Asm	III
Peça V4	Fornecedor V	Multi	Asm	III
Peça V5	Fornecedor V	Multi	Asm	III
Peça V6	Fornecedor V	Multi	Asm	III

Tabela 4.1 – Relação de peças, fornecedores e classificações para estudo.

Pode ser observado que além da denominação da peça e nome do fornecedor, foram adicionadas mais três colunas, que servirão de auxílio na análise das possíveis inter-relações. Os motivos para cada uma dessas características são:

- Origem do Fornecedor:
 - Multinacional ou local – para avaliação qualitativa sobre recursos disponíveis para suportar um desenvolvimento;
- Tipo da peça:
 - Conjunto (Asm) ou peça (part) – para avaliação qualitativa sobre a complexidade da peça;
- Modelo operacional cliente-fornecedor (MERLI, 1990):
 - Classe I – “Comaker”, ou seja, fornecedor integrado no processo de elaboração do projeto;
 - Classe II – Integrado, ou seja, fornecedor ajuda o cliente somente nas especificações técnicas do componente;
 - Classe III – Normal, ou seja, fornecedor produz contra um desenho de propriedade do cliente.

Após o levantamento inicial nessa população de peças, e respectiva estratificação, foi realizado um levantamento do desempenho de qualidade inicial dessas peças (ausência ou não de defeitos, após a aprovação dessas peças, atividade essa oficializada pelo processo de aprovação de peças de produção – PPAP).

Para essa determinação, o autor pesquisou nos bancos de dados da General Motors que registram as ocorrências de problemas de qualidade (GQTS, PRTS), se para alguma das peças selecionadas, existiu registro de problemas nos primeiros noventa dias após o início da produção regular (SORP), independentemente da quantidade de peças efetivamente com problemas.

Nesse universo, somente 4% (19 em 413), apresentaram algum tipo de problema de qualidade, sendo que essas peças são mostradas na tabela 4.2, abaixo:

Denominação	Supplier Name-GPS	Orig	Type	Classif Merli I, II, III	Problemas
Peça II1	Fornecedor II	Multi	Asm	II	S
Peça II2	Fornecedor II	Multi	Asm	II	S
Peça III1	Fornecedor III	Local	Asm	I	S
Peça III2	Fornecedor III	Local	Asm	I	S
Peça V10	Fornecedor V	Multi	Part	I	S
Peça X63	Fornecedor X	Multi	Part	I	S
Peça XVII3	Fornecedor XVII	Local	Part	III	S
Peça XIX6	Fornecedor XIX	Multi	Asm	I	S
Peça XIX12	Fornecedor XIX	Multi	Asm	I	S
Peça XIX14	Fornecedor XIX	Multi	Asm	I	S
Peça XIX15	Fornecedor XIX	Multi	Asm	I	S
Peça XX1	Fornecedor XX	Multi	Asm	II	S
Peça XXIII8	Fornecedor XXIII	Multi	Part	II	S
Peça XXIII9	Fornecedor XXIII	Multi	Part	II	S
Peça XXIII42	Fornecedor XXIII	Multi	Part	II	S
Peça XXVI9	Fornecedor XXVI	Multi	Part	II	S
Peça XXVI10	Fornecedor XXVI	Multi	Part	II	S
Peça XXVIII7	Fornecedor XXVIII	Local	Part	III	S
Peça XXXV1	Fornecedor XXXV	Local	Asm	III	S

Tabela 4.2 – Relação de peças que apresentaram problemas de qualidade

Com base nesses dados, as seguintes estratificações puderam ser feitas:

➤ Origem do Fornecedor:

- Das peças com problemas, 74% foram fornecidas por fornecedores multinacionais, sendo que do total da amostragem geral, 62% das peças também tem essa mesma origem, conforme mostrado na figura 4.1, abaixo.

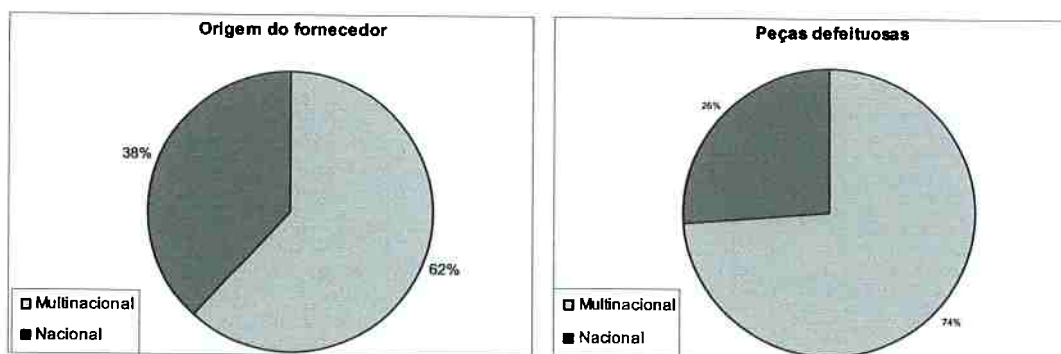


Figura 4.1 – Gráficos com as origens das peças (total e falhadas)

➤ Complexidade da peça:

- Das peças com problemas, 53% foram fornecidas por fornecedores de conjuntos, sendo que do total da amostragem, somente 26% das peças têm essa mesma origem, conforme mostrado na figura 4.2 abaixo:

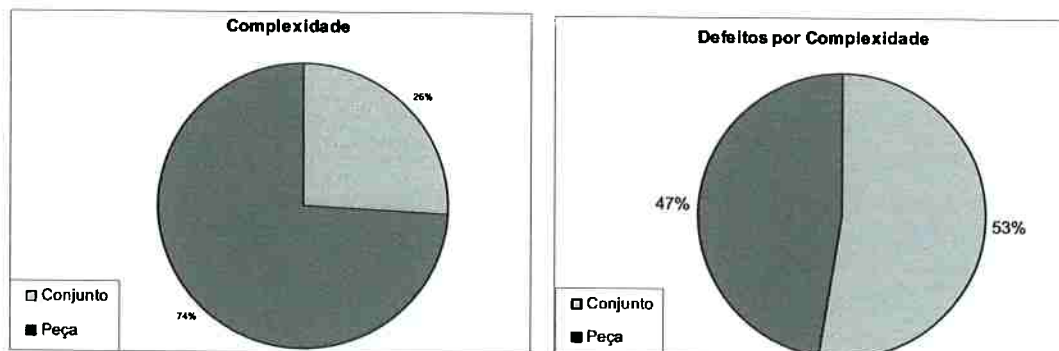


Figura 4.2 – Gráficos com os percentuais de complexidade das peças (total e falhadas)

➤ Tipo de Fornecedor:

- Das peças com problemas, 42% foram fornecidas por fornecedores do tipo I, sendo que do total da amostragem, 20% das peças têm essa mesma origem;
- Das peças com problemas, 42% foram fornecidas por fornecedores do tipo II, sendo que do total da amostragem, 33% das peças têm essa mesma origem;
- Das peças com problemas, 16% foram fornecidas por fornecedores do tipo III, sendo que do total da amostragem, 47% das peças têm essa mesma origem.

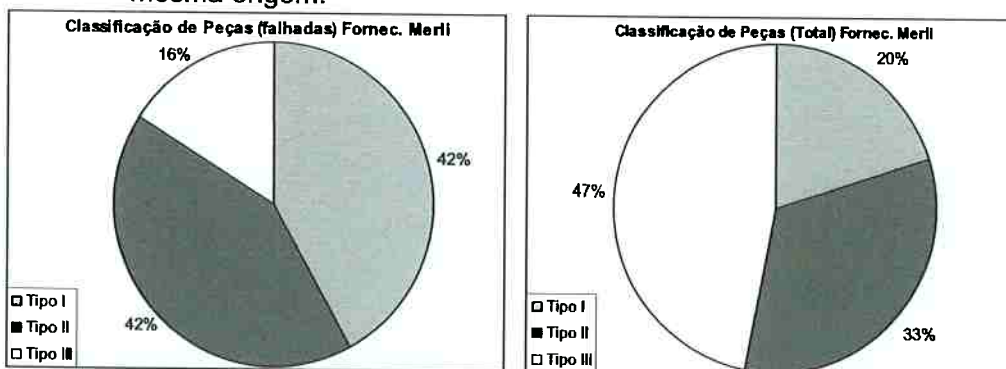


Figura 4.3 – Gráficos com os percentuais na classificação MERLI 1990, das peças (falhadas e total)

ESTUDO DAS PEÇAS FALHADAS

Para o estudo de casos foram realizadas análises das documentações constantes dos arquivos de ação corretiva da Engenharia de Qualidade de Fornecedores (EQF), sendo que dos 19 casos de problemas encontrados nos sistemas, somente 17 tinham a documentação arquivada, conforme mostrado na tabela abaixo:

Denominação	Supplier Name-GPS	Orig	Type	Classif Merli	Problemas	5 Whys
				I II III		
Peça II1	Fornecedor II	Multi	Asm	II	S	S
Peça II2	Fornecedor II	Multi	Asm	II	S	S
Peça III1	Fornecedor III	Local	Asm	I	S	S
Peça III2	Fornecedor III	Local	Asm	I	S	S
Peça V10	Fornecedor V	Multi	Part	I	S	S
Peça X63	Fornecedor X	Multi	Part	I	S	S
Peça XVII3	Fornecedor XVII	Local	Part	III	S	S
Peça XIX6	Fornecedor XIX	Multi	Asm	I	S	S
Peça XIX12	Fornecedor XIX	Multi	Asm	I	S	S
Peça XIX14	Fornecedor XIX	Multi	Asm	I	S	S
Peça XIX15	Fornecedor XIX	Multi	Asm	I	S	S
Peça XX1	Fornecedor XX	Multi	Asm	II	S	S
Peça XXIII8	Fornecedor XXIII	Multi	Part	II	S	S
Peça XXIII9	Fornecedor XXIII	Multi	Part	II	S	S
Peça XXIII42	Fornecedor XXIII	Multi	Part	II	S	S
Peça XXVI9	Fornecedor XXVI	Multi	Part	II	S	S
Peça XXVI10	Fornecedor XXVI	Multi	Part	II	S	S

Tabela 5.1 – Relação de peças que apresentaram problemas de qualidade e tiveram a causa raiz encontrada nos arquivos da EQF

Como mencionado anteriormente, essa análise levou em consideração as causas principais apontadas no formulário três por quês, 5 vezes (*“Drill Deep”*), para cada um dos por quês, os quais estão descritos com mais detalhes abaixo, e entrevistas com engenheiros de qualidade de fornecedores, os gerentes de lançamento dos fornecedores e outros membros do time de lançamento, respondendo a perguntas sobre a disciplina na realização das tarefas do APQP global:

- M – Por que o processo de manufatura não evitou esse modo de falha?
- Q - Por que os métodos de inspeção não detectaram esse defeito?
- P - Por que o processo de planejamento do processo não previu esse modo de falha?
- Disciplina no APQP – Como as 17 tarefas foram realizadas?

Peças II1 & II2

- M – A embalagem não evitava os danos causados pelo transporte.
- Q – Item não verificado no fornecedor, pois ocorria após o processo produtivo.
- P – FMEA não considerou danos causados durante o transporte devido a inadequação da embalagem.
- Disciplina no APQP: Tarefa #1 (reunião de definição de estratégia), não realizada, e a tarefa #9 (revisão de projeto), não utilizaram os “workshops” de GD&T e KCDS.

Peças III1 & III2

- M – Processo produtivo funcionando fora dos parâmetros estabelecidos para o processo, devido ao não seguimento das instruções de manutenção preventiva.
- Q – Meios de controle não adequados para detecção do efeito da falha, devido a uma falha na avaliação efetiva sobre o valor de risco do meio de detecção.
- P – Falta de procedimentos claros para análise de modos de falhas, quando os planos de manutenção preventiva não forem seguidos.
- Disciplina no APQP: Tarefa #1, não realizada, Tarefa #2 (revisão técnica) deixou vários itens em aberto para serem respondidos fora da reunião, e tarefa #9, não utilizou os “workshops” de GD&T e KCDS.

Peça V10

- M – Processo de manufatura de um componente (fornecido por sub-fornecedor) não capaz de atender uma característica de desenho.
- Q – Característica somente controlada por amostragem, devido a que a mesma não havia sido considerada como característica crítica no DFMEA.
- P – DFMEA não considerou efeitos das combinações extremas entre componentes, quando de sua montagem no conjunto.
- Disciplina no APQP: Tarefa #1, não realizada, e a tarefa #11 (GP-11), não utilizaram os protótipos aprovados integralmente.

Peça X63

- M – Processo de manufatura de um componente (fornecido por sub-fornecedor) não capaz de atender uma característica de desenho.
- Q – Característica somente controlada por amostragem, devido a que a mesma não havia sido considerada como característica crítica no DFMEA.
- P – DFMEA não considerou efeitos das combinações extremas entre componentes, quando de sua montagem no conjunto, portanto o PFMEA não levou em consideração esse modo de falha.
- Disciplina no APQP: Tarefa #1, não realizada, e a tarefa #8 (FMEA de projeto), não realizada com a participação da engenharia de produto da GMB.

Peça XVII3

- M – Processo de manufatura da peça permite posicionamento inadequado de um componente.
- Q – Característica somente controlada por amostragem, devido a que a mesma não havia sido considerada como característica crítica no PFMEA.
- P – PFMEA não classificou esse modo de falha com um valor alto no fator de risco (“*Risk priority number*”- *RPN*).
- Disciplina no APQP: Tarefa #1, não realizada, e a tarefa #8 (FMEA de projeto), não disponibilizada ao fornecedor.

Peças XIX6, XIX12, XIX14 & XIX15

- M – Processo de manufatura modificado sem revalidação do desempenho da peça.
- Q – Meios de controle não adequados para detecção do efeito da falha, devido a uma não avaliação efetiva sobre o valor da ocorrência da falha para os novos parâmetros de processo.
- P – PFMEA não foi atualizado adequadamente para os novos parâmetros de processo (RPN mal estimado).
- Disciplina no APQP: Tarefa #1, não realizada.

Peça XXI

- M – Processo de manufatura da peça permite posicionamento inadequado de um componente.
- Q – Característica não presente no plano de controle.
- P – Modo de falha não previsto no DFMEA ou no PMEFA.
- Disciplina no APQP: Tarefa #1, não realizada, e a tarefa #11 (GP-11), não utilizaram os protótipos aprovados integralmente.

Peças XXIII8, XXIII9 & XIII42

- M – Processo de manufatura não capaz de atender uma característica de desenho.
- Q – Meios de controle não adequados para detecção do efeito da falha, devido a uma não avaliação efetiva sobre o valor de risco dos meios de detecção.
- P – Falta de conhecimento do time de FMEA, e de suporte da alta gerência para melhorar o processo produtivo.
- Disciplina no APQP: Tarefa #1, não realizada, Tarefa #2 (revisão técnica) deixou vários itens em aberto para serem respondidos fora da reunião, e tarefa #9, não utilizou os “workshops” de GD&T e KCDS.

Peças XXVI9 & XXVI10

- M – Processo produtivo funcionando fora dos parâmetros estabelecidos para o processo, devido ao não seguimento das instruções de trabalho.
- Q – Meios de controle não adequados para detecção do efeito da falha, devido a uma não avaliação efetiva sobre o valor da ocorrência da falha para os novos parâmetros de processo.
- P – Falta de procedimentos claros para análise de modos de falhas, quando os parâmetros de processo não forem seguidos.
- Disciplina no APQP: Tarefa #1, não realizada, e tarefa #9, não utilizaram os “workshops” de GD&T e KCDS.

Infelizmente não foi possível encontrar nos registros da engenharia de qualidade de fornecedores, ou nos arquivos dos fornecedores, os documentos sobre as falhas nas peças XXVIII7, e XXXV1. Também não foi possível reconstruir essas falhas, pois tanto no fornecedor quanto na engenharia de qualidade de fornecedores, os membros participantes desse projeto já não mais faziam parte das respectivas organizações devido ao giro de funcionários (*“turn-over”*), evidenciando assim, uma falha na disciplina para registro de lições aprendidas, e oportunidade para melhorias.

PESQUISA SOBRE AS ATIVIDADES RELACIONADAS AO APQP

Para o estudo sobre as atividades do APQP, o questionário mostrado na figura 6.1, foi distribuído aos principais executivos de 150 fornecedores que participaram de um evento realizado pela General Motors do Brasil, no mês de agosto de 2006:

Pesquisa com Fornecedores
Nome da Empresa:
Quantos anos a empresa está instalada no Brasil:
Faturamento Médio anual:
Empresa nacional ou multinacional:
Qual a participação da General Motors no Faturamento:
Quais outros clientes e sua participação:
Número de Funcionários:
Número de Funcionários na área de Desenvolvimento do Produto:
Número de Funcionários na área de Qualidade:
Nome do Entrevistado:
Cargo do entrevistado:
Qual o tipo de produtos fabricados pela empresa:
Quantos desenvolvimentos de peças novas foram realizados em 2005:
Qual o percentual desses desenvolvimentos (Design Responsible ou not):
Qual o tempo médio de desenvolvimento de um novo produto (meses):
O projeto de ferramentas é próprio ou terceirizado:
Quantas peças do projeto SuperStar foram desenvolvidas:
Quantas e quais sofreram modificações de engenharia após quotação:
Quantas e quais sofreram modificações de engenharia que afetaram data de PPAP:
Quantas e quais sofreram modificações de engenharia que afetaram retrabalhos no ferramental:
A empresa utilizou o APQP do AIAG:
A empresa utilizou o Global APQP da GM:
Algum item da Open Issue List estava aberto na submissão de PPAP. Quais:
Classifique o processo de APQP (Adequado, Complexo, ou Simples):
Quais as principais dificuldades de relacionamento com o cliente durante o desenvolvimento:
A empresa utiliza o Cronograma de desenvolvimento do manual de APQP, ou outro (se outro, especificar):
Todas as cartas de feasibility foram preenchidas. Quem assinou:
Como é feito o desenvolvimento com os sub-contratados:
Qual a composição do time de FMEA. Quais treinamentos desse time:
Quais elementos do APQP do AIAG poderiam ser eliminados sob o seu ponto de vista:
Motivos objetivos para essa eliminação:
Quais elementos do GLOBAL APQP poderiam ser eliminados sob o seu ponto de vista:
Motivos objetivos para essa eliminação:

Figura 6.1 – Questionário sobre características do APQP, desenvolvido pelo autor

Como retorno dessa pesquisa, somente 10 foi obtido espontaneamente, sendo que as outras 8 foram obtidas durante o processo de entrevistas para entendimento das causas dos problemas de qualidade, com fornecedores que apresentaram problemas de qualidade.

Com base nesses dados, as seguintes estratificações podem ser identificadas:

- Tempo de funcionamento no Brasil:
 - Menos de 5 anos: 0%;
 - De 5 a 10 anos: 28%;
 - Mais de 10 anos: 72%.
- Tipo de empresa (classificação Merli):
 - Tipo I: 28%;
 - Tipo II: 33%;
 - Tipo III: 39%.
- Faturamento em (Milhões de US\$):
 - Menos de 25: 11%;
 - De 25 a 50: 28%;
 - De 51 a 100: 33%;
 - Mais de 100: 28%.
- Participação da General Motors no faturamento (%):
 - Menos de 10: 22%;
 - De 10 a 20: 50%;
 - De 21 a 40: 11%;
 - Mais de 40: 17%.
- Número de funcionários:
 - Menos de 100: 11%;
 - De 101 a 200: 11%;
 - De 201 a 400: 11%;
 - Mais de 400: 67%.
- Número de funcionários trabalhando em desenvolvimento de produtos:
 - Menos de 10: 39%;
 - De 10 a 15: 22%;
 - De 16 a 20: 17%;
 - Mais de 20: 22%.
- Número de funcionários trabalhando na área de qualidade:
 - Menos de 10: 17%;
 - De 10 a 20: 39%;
 - Mais de 20: 44%.

- Quantidade de novos desenvolvimentos realizados em 2005:
 - Menos de 5: 17%;
 - De 5 a 10: 6%;
 - De 11 a 15: 6%;
 - Mais de 15: 71%.
- Responsabilidade sobre o projeto de ferramentas:
 - Próprio: 45%;
 - Terceirizado: 55%.
- Peças que sofreram alterações de Engenharia após congelamento de projeto:
 - Menos de 20 %: 28%;
 - De 20 a 40 %: 22%;
 - Mais de 40 %: 50%.
- Peças do item anterior que afetaram data de PPAP:
 - Menos de 5 %: 67%;
 - De 5 a 20 %: 33%.
- Existiam itens abertos na lista de itens abertos:
 - Sim: 50%;
 - Não: 50%.
- Principais dificuldades com o cliente durante o desenvolvimento:
 - Obtenção de informações: 33%;
 - Gerenciamento de modificações: 11%;
 - Responsabilidades não definidas claramente: 11%;
 - Comerciais: 6%;
 - Nenhuma: 39%.
- Desenvolvimento de sub-fornecedores:
 - Conforme APQP: 33%;
 - Conforme ISO/TS: 11%;
 - Conforme procedimento próprio: 28%;
 - Não claramente formalizado: 28%.
- Treinamento dos participantes do FMEA:
 - Curso reconhecido pelo AIAG: 17%;
 - Curso de Formação interna: 22%;
 - Formação não especificada: 61%

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Baseado-se nos dados coletados e reportados anteriormente, observa-se que a avaliação de riscos conforme realizada na tarefa # 3 do APQP global aparenta ser efetiva, pois dos 27 problemas identificados na fase de qualidade inicial do projeto estudado, 19 (70%), ocorreram nas peças de alto risco, sendo que as mesmas compreendiam somente 32% do total de peças do programa.

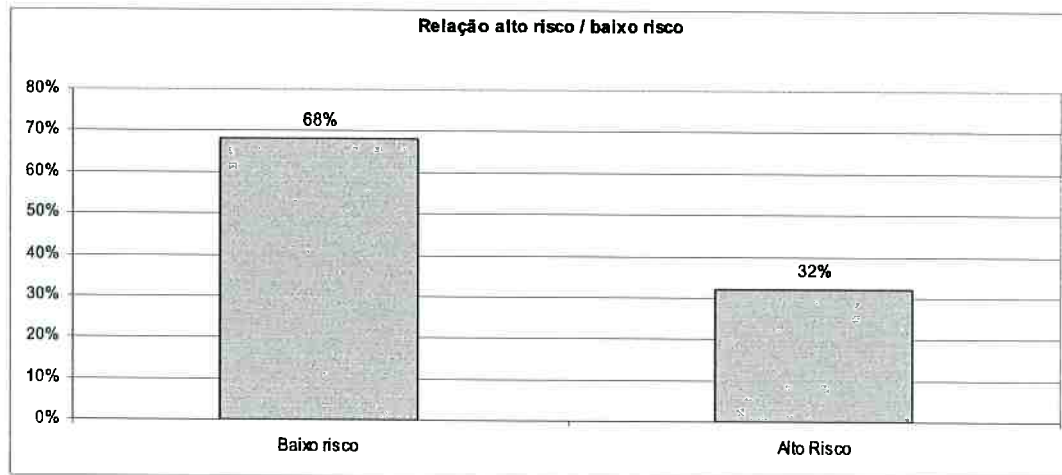


Figura 7.1 – Gráfico com a relação entre peças de alto e baixo risco no projeto SuperStar

Não foi encontrada uma forte correlação entre a origem do fornecedor (local vs. multinacional), e a ocorrência de problemas, uma vez que 74% dos problemas foram causadas por peças fornecidas por fornecedores multinacionais, cuja participação no volume de peças foi de 62%.

Como era esperado, o fator complexidade do componente tem uma correlação forte com o aparecimento de problemas, pois 53% dos problemas foram causados pelos 26% das peças que tinham essa classificação.

Foi encontrada também, uma forte correlação entre o aparecimento de problemas nas peças fornecidas por fornecedores do tipo I (classificação Merli), pois 42% dos problemas ocorreram nos 20% dessas peças. Algumas das possíveis causas para esse fato, são:

- Dificuldade para obtenção de informações do cliente. Por exemplo somente 85% dos DFMEA foram completados (SOETL – 2006), não foram realizados a maioria do “workshops” para definição de características críticas (KPCs), nem os de GD&T;
- Gerenciamento deficiente das modificações, uma vez que em pelo menos 3 dos casos estudados, não haviam dados matemáticos para a realização de modificações;
- Pendências comerciais, que atrasaram o início das modificações em ferramentas.

Por outro lado, peças fornecidas por fornecedores do tipo III, apresentaram uma incidência de problemas muito baixo (16% em um universo de 47%), sendo que uma explicação plausível para isso, é a de que essas peças são mais simples, e o desenho de total responsabilidade da General Motors.

Uma representação gráfica das causas-raiz de cada uma das peças falhadas, do ponto de vista processo de manufatura é mostrada na figura 7.2, abaixo:



Figura 7.2 – Gráfico com a relação entre os motivos das falhas no processo no projeto SuperStar

Analisando-se esses dados, pode ser concluído que:

Em 43% das falhas, os processos produtivos foram alterados sem uma devida revalidação. Em alguns deles, devido à falta de seguimento às instruções de manutenção preventiva, em outros, por modificações realizadas por iniciativa dos

operários, com o intuito de otimizar o processo, Nos dois casos, fica caracterizado uma falta de disciplina, frequentemente observada no operariado brasileiro, independentemente da origem do fornecedor. Fato este que é já relatado por OHNO (1998), quando é descrito que uma das vantagens do operariado da Toyota, é sua cultura arraigada pela qualidade e padronização, sendo que um processo somente era alterado, quando exaustivamente comprovado que essas modificações não prejudicavam o desempenho do produto, trazendo ganhos em sua produtividade.

Outro fator relacionado com a falta de disciplina, observado nesse programa, foi a Não realização de algumas das tarefas do APQP global, tais como:

- Não execução de nenhuma das reuniões de definição da estratégia de cotação (tarefa #1);
- 26% das revisões técnicas (tarefa #2), não contaram com a participação de todos os envolvidos por parte da General Motors, e / ou os fornecedores não trouxeram todas as informações solicitadas, para que os representantes da General Motors pudessem esclarecer possíveis dúvidas sobre a cotação;
- Não aplicação dos “workshops” de GD&T e de características críticas, nas revisões de projeto.

Foi observado que muitos processos produtivos não apresentavam uma estabilidade e capacidade adequadas para garantir que as peças atendessem os requisitos de projeto, sendo que em 45% das falhas, essa foi a causa raiz apontada para as deficiências do processo de manufatura.

Muito possivelmente devido à isso, na maioria dos casos, os testes de validação do produto não foram capazes de identificar a falha, pois as peças testadas apresentavam-se dentro das tolerâncias de desenho.

Para o quesito processo de planejamento, 100% das causas-raiz, são oriundas de falhas nas atividades de FMEA, tanto de processo quanto de projeto e, com sua estratificação mostrada na figura 7.3, mostrada a seguir.



Figura 7.3 – Gráfico com a relação entre os motivos das falhas no processo de planejamento, no projeto SuperStar

Estes dados estão coerentes com a afirmação de JURAN (1994), de que uma das principais deficiências dos FMEAs, é que normalmente eles são realizados por “amadores”, que no caso de FMEAs de processo (PFMEA), não possuem um conhecimento abrangente sobre os processos de manufatura, quer seja para os possíveis modos de falha, quanto para os efeitos dessa falha, e nos casos de FMEAs de projeto (DFMEA), não tem conhecimento, ou tempo para analisar todas as inter-relações entre as características dos componentes, e seu desempenho quando parte de um conjunto (16% dos casos).

Um outro fator que corrobora essa afirmação, é a de que dentre os fornecedores entrevistados, mais de 60% não souberam especificar o método de treinamento em FMEA, realizado pelos participantes do time de FMEA.

Outra conclusão percebida nessa análise é a de que os FMEAs, geralmente estão sendo aplicados como uma boa maneira para registrar as lições aprendidas, entretanto, os times de execução desses FMEAs, não se dedicam a explorar mais detalhadamente toda a gama de possíveis falhas, ou seja como dito por YOSHIMURA (2002), para realização de um bom processo de prevenção de problemas, é necessário uma boa discussão, ou seja, antever uma falha, não vivenciada no passado, através do relacionamento de suas causas com outros precedentes já experimentados, ou através do exercício da imaginação.

Analisando-se o quesito procedimentos de qualidade, observa-se que 79% dos problemas não foram identificados pelos fornecedores, devido à métodos de inspeção não adequados, decorrentes pela subestimação do fator de risco (“*risk priority number*”- *RPN*), causados uma vez mais por um PFMEA deficiente, que não classificou essa característica do produto ou do processo como crítica, sendo essa deficiência já descrita por GRIFFIN (1997). Esses motivos estão sumarizados no gráfico 7.4, mostrado na sequência:

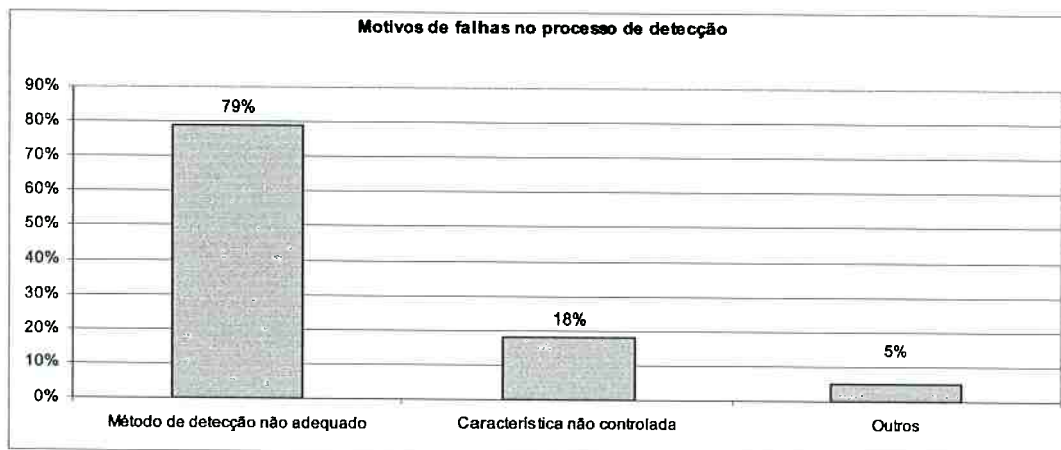


Figura 7.4 – Gráfico com a relação entre os motivos das falhas na detecção no projeto SuperStar

Como resultado das entrevistas, foi observado que o desenvolvimento de peças em sub-fornecedores carece de uma maior disciplina / procedimentação, pois em 33% das empresas, não foi claramente evidenciado qual era esse processo.

Através dos dados e interações, não foi possível comprovar o efeito do tamanho da organização no desempenho das peças, quer seja sob o ponto de vista de acompanhamento dos desenvolvimentos, quanto no controle da qualidade. Entretanto, durante as entrevistas com os participantes dos desenvolvimentos, ficou implícito que essas organizações não tem os recursos adequados para atender na sua plenitude as atividades relacionadas à um desenvolvimento de novo programa.

Do mesmo modo que ficou evidenciado falta de disciplina no seguimento de instruções de processo, ou na alteração dos mesmos sem uma revalidação, essa deficiência de disciplina também existiu no cumprimento das tarefas do APQP global, como exemplo, podemos citar que não foram realizadas as tarefas #1 para nenhuma das peças, e em uma grande proporção, outras tarefas também não foram realizadas, sem que isso gerasse um plano de reação / recuperação formalizado e comunicado para todos os participantes do APQP.

CONCLUSÕES

Apesar do fato de que esse programa tenha sido lançado no tempo previsto, e que o seu desempenho de qualidade tenha sido considerado no mesmo nível dos programas anteriores, ficou evidente que o planejamento avançado da qualidade do produto não garantiu a inexistência de problemas de qualidade inicial, por parte das peças fornecidas por fornecedores externos da General Motors.

Levando-se em consideração a baixa representatividade estatística desse estudo, devido ao fato de que somente foi estudado um projeto, o conhecimento adquirido pode e deve ser extrapolado, pois os modos de falhas, comportamentos e tendências, seguramente estarão presentes e serão encontrados, quando da análise de uma amostragem mais representativa.

Na sequência, o autor identifica quais os fatores que interferiram na efetividade do planejamento avançado da qualidade do produto na prevenção de defeitos na fase de qualidade inicial de lançamento de um produto, respondendo também as outras questões específicas que foram levantadas no objetivo desse trabalho:

- Quais os benefícios gerados pela implantação do APQP global?
- Quais as diferenças de aplicação em distintos perfis de fornecedores e/ou produtos?
- Quais os inibidores para uma implantação adequada do APQP global?

Os principais fatores que interferiram na efetividade do planejamento avançado da qualidade do produto foram:

- Baixa disciplina no seguimento das 17 tarefas do APQP global;
- Modificações nos processo produtivos sem revalidação;
- Falta de um processo para melhoria contínua nas características críticas;
- DFMEA's e PFMEA's mal executados;
- Métodos de detecção subestimados.

Como principais benefícios gerados, podem ser relacionados:

- Atendimento das datas do programa, através de um melhor controle das atividades de desenvolvimento das peças do programa, atendendo os requisitos estabelecidos, ou com um plano de contenção adequado;
- Melhoria na comunicação entre as diversas áreas, pois mesmo sem um seguimento mais disciplinado dos itens em aberto, poucos desses itens ficaram sem resolução após o início da produção regular.

No estudo não foi possível a identificação de tendências marcantes decorrentes dos diferentes perfis de fornecedores, como previsto. O que se notou é que quanto maior a complexidade da peça, maior a probabilidade da ocorrência de problemas, portanto um processo de planejamento mais abrangente e disciplinado deve ser aplicado.

Apesar da alta subjetividade, decorrente da representatividade estatística, o autor considera que o principal inibidor para a implantação adequada do planejamento avançado da qualidade do produto é a falta de suporte da alta liderança, que pode ser evidenciado pela baixa disciplina na execução das tarefas do APQP global, e pelo relativo grau de amadorismo identificado nos times de FMEA.

RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo, baseando-se nas conclusões apresentadas anteriormente, são sugeridas propostas para mitigar os fatores que podem interferir na efetividade do planejamento avançado da qualidade do produto, como ferramenta para prevenção de defeitos na fase de qualidade inicial de lançamento de um produto.

Mesmo sem ter apresentado um resultado 100% efetivo, a utilização com disciplina do processo de APQP global deve ser realizada em mais alguns projetos, para uma correta avaliação do valor de cada tarefa, e somente após essa estabilização, analisar quais as modificações devem ser incorporadas. Entretanto pequenos refinamentos ou cuidados especiais devem ser introduzidos, sem alterar significativamente a essência do processo, que são as recomendações propostas pelo autor.

A disciplina na execução de todas as atividades do APQP global deve ser exigida pela alta gerência responsável pela execução do projeto e pela liderança da empresa, e enquanto uma cultura de qualidade não estiver entranhada em toda a organização, métodos para controle e cobrança devem ser desenvolvidos.

Uma proposta para tanto é reportar em cada uma das revisões de porta (*“gate-reviews”*), previstas para controle do programa, qual é a situação das atividades mais críticas do APQP global, que do ponto de vista do autor são:

- Percentual de índice de risco (alto e baixo) realizado na tarefa #3;
- Previsão de atrasos nas datas de aprovação de GP-11, PPAP e GP-9;
- Quantidade e severidade dos itens em aberto, sendo que para os de severidade 3 (alto risco), um plano de ação também deve ser apresentado;
- Quantidade de DFMEAs e de PFMEAs realizados, comparando-se com os previstos;
- Itens que podem afetar o início ou realização de qualquer fase do programa, com respectivo plano de ação, ou reagendamento dessas fases.

Na figura abaixo, é mostrado um cronograma definindo, quando esses informes devem ser realizados:

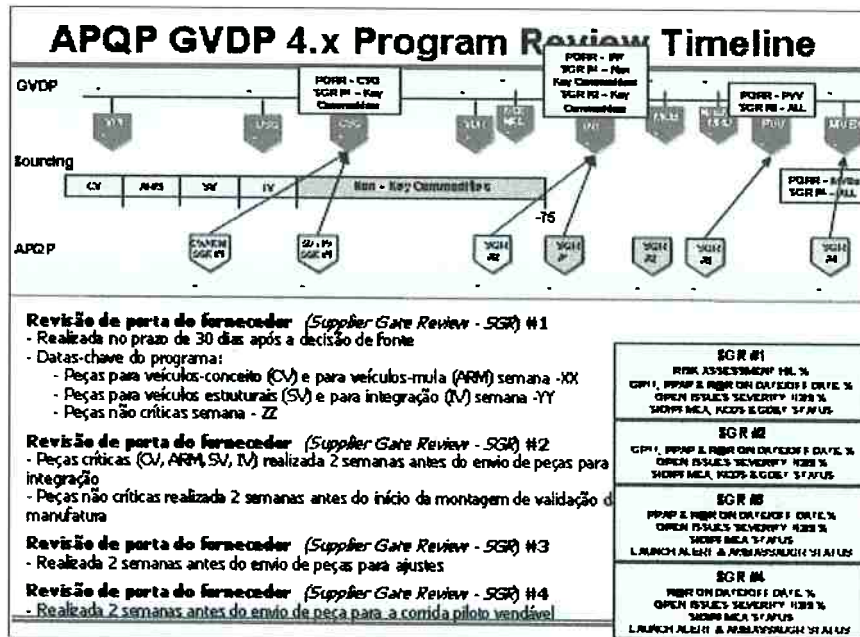


Figura 9.1 – Cronograma com as datas para informe sobre as atividades mais críticas do APQP, adaptado pelo autor

Outra recomendação para minimizar a falta de disciplina no processo produtivo, é adotar como um requisito específico a melhoria contínua do processo, que está descrita no procedimento geral 8 (GP-8), com aplicabilidade para todas as características críticas de produto (KPC) e de controle (KCC). Um formato para registro e auditoria está mostrada na figura 9.2.

Worldwide Purchasing
Supplier Quality
Process Capability Over Time

Supplier Name: _____ Date Revised: _____
 Supplier DUNS No.: _____ Program: _____
 Country: _____ Model Year: _____
 Part Number: _____
 Drawing Date: _____ Engineering Change Level: _____ EWO: _____

KPC PQC	Product Characteristics	Selection Rationale	DIM SPEC.#	TOLERANCE	Supplier Program Review-3a			PPAP APPROVAL			Supplier Program Review-4a			CONTINUOUS IMPROVEMENT GP-8a		
					Avg	Std	Ppk	Avg	Std	Ppk	Avg	Std	Ppk	Avg	Std	Ppk
1a																
2a																
3a																

October 2002 _____ GM 1927-201

Figura 9.2 – Formato para registro das características críticas que devem ser submetidas ao GP-8, fonte: Manual da EQF

A implementação do processo de melhoria contínua (GP-8), sem uma melhoria na qualidade dos FMEAs, não proporcionará um resultado efetivo. Portanto, também é recomendado que se realize uma profissionalização das pessoas responsáveis e participantes do processo de FMEA, quer seja através da obrigatoriedade do treinamento dessas pessoas na ferramenta por organismo qualificado, quer seja pela disponibilização de especialistas nos processos de manufatura, para os FMEAs de processo, e de especialistas no produto para os FMEAs de projeto, de modo a fazer uma evolução do FMEA para uma ferramenta eficiente na prevenção de modos de falhas pois, atualmente, na maioria dos casos eles somente são utilizados como forma de registrar lições aprendidas.

Como sugerido por YOSHIMURA (2002), uma boa discussão deve ser realizada pelo time do FMEA, para antever uma falha, não vivenciada no passado, através do relacionamento de suas causas com outros precedentes já experimentados, ou através do exercício da imaginação e uma das maneiras para estimular essa discussão, é a utilização das ferramentas de projeto para 6 sigmas (*“Design for 6 Sigma” - DFSS*), das revisões de projetos baseadas nos modos de falha (: *“Design review based on failure mode” – DRBFM*). e das revisões de projetos baseadas nos problemas de projeto (*“Design review based on design problems” – DRBDP*).

Devem ser estimulados também a realização dos “*workshops*” de GD&T e KCDS, de modo a melhorar a comunicação e definição das características críticas.

Uma outra atividade que deve ser realizada com maiores cuidados, e que está intimamente relacionada com o projeto para 6 sigmas (DFSS), é a de testes de validação do produto, onde devem ser testados peças que representem as condições mais críticas de projeto, dentro dos limites de processo, para tanto essas peças devem ser resultado da produção em processos estáveis e capazes. Atualmente na General Motors, já existe um departamento que tem a função de especificar os testes de validação de cada produto, e que também tem o controle sobre o processo de aprovação de peças protótipos (GP-11), sendo que esses limites deveriam ser pelo menos mantidos, para a aprovação do PPAP.

Finalmente, os fornecedores devem estender o processo de planejamento avançado da qualidade do produto, para os seus sub-fornecedores, tornando esse processo, um requisito específico para certificação da ISO / TS 16946, incentivando o uso disciplinado do mesmo, sendo que a conformidade a esse requisito, seria item de auditoria para obtenção do certificado ISO / TS.

PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

Devido à grande quantidade de recomendações apresentadas nesse trabalho, como proposta para estudos futuros, pesquisas experimentais poderão ser conduzidas, de modo a comprovar que realmente o desempenho de programas desenvolvidos com essas modificações, apresentarão resultados melhores que os do programa Superstar, que foi referência desse estudo.

Outra proposta de estudo é o desenvolvimento de um sistema efetivo para retenção de informações, também conhecido como lições aprendidas, de modo a diminuir o efeito da perda de conhecimento, gerado pelo giro de funcionários (*turn-over*), fato esse identificado, pela ausência de registros para as causas de problemas em 2 peças, e de que devido ao giro de pessoal, as pessoas que tinham conhecimento sobre o tema, já não faziam parte das organizações.

Finalmente, uma última proposta para trabalho futuro, é o da realização de um estudo para propor um modelo para estimativa de recursos mínimos que uma organização deve disponibilizar para suportar a realização disciplinada e efetiva do planejamento global da qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAM, M. **O futuro do desenvolvimento de produtos e da cadeia de fornecimento da indústria automotiva**. 1998. 175 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

BIDO, D. S. **Implementação de sistemas de qualidade para a busca de certificação em pequenas e médias empresas do ramo automotivo**. 1999. 205 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

CASCELLA, V. **Effective strategic planning**. Quality progress, 2002. p. 62-67.

CHILD, C.; KRANZ, R. **GM creates global product board**. Automotive News. publicado em <http://www.autonews.com/printstory.cms?articleId=52084>. Acesso em: 18 out 2005.

CHRYSLER Corporation; Ford Motors Company; General Motors Corporation, **Advanced product quality planning reference manual (APQP)**. 1995.

CLAUSING, D. **Total quality development: a step by step guide to concurrent engineering**. New York : ASME press , 1994. 506 p.

CLARK, K. B.; WHEELWRIGHT, S. C. **Revolutionizing product development: quantum leaps in speed, efficiency and quality**. Maxwell Macmillan, Toronto Canada, 1992. 364 p.

COOPER, R. G.; EDGETT, S.; KLEINSCHMIDT, E. J. Optimizing the stage-gate process. **Industrial Research Institute**, v. 45, n. 5, 2002. 13 p.

CROW, K. **Control your process with phase gates and design reviews**. 1998.

GARWIN, M. Competing on the eight dimensions of quality. **Harvard Business Review**, v. 65 , n.6, 1987. p. 101-119.

GENERAL MOTORS CORPORATION . **Press release de 01 mar. 1995**.

GRIFFIN, A. The effect of project and process characteristics on product development cycle time. **Journal of Marketing Research**, v.34, n.1, p. 24-35, 1997.

HIRAYAMA R. E. **Otimização do planejamento de processos de montagem final da indústria automotiva**, 2005. 129p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

JURAN, J. **Planejando para a qualidade**. São Paulo: Pioneira, 1990. 394 p.

_____. **A qualidade desde o projeto**. São Paulo: Pioneira, 1994. 551 p.

KAMINSKI, P. C. **Desenvolvendo produtos com planejamento, criatividade e qualidade**. São Paulo: Livros técnicos e científicos, 2000. 132 p.

MALOSON, W. **Introdução de inovações tecnológicas nas indústrias**. 2004.

MERLI, G. **Co-Makership**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1990. 249 p.

OHNO, T. **Toyota production system: beyond large scale production**. Productivity press, Portland USA, 1998. 143 p.

SANTIAGO, G. L. A., **Ações de melhoria contínua da qualidade na orquestra experimental da UFSCAR**. Dissertação (Mestrado)- Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

SOETL, M. M. **Análise da maturidade em gerenciamento de projetos e seu impacto nos projetos de desenvolvimento de novos produtos: um estudo de caso do setor automotivo**. 2006. 128p. Dissertação (Mestrado)- Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

STRUEBING, L., **Measuring for excellence**. USA : Quality Progress, v.29 p 25-28, 1996.

WOOD Jr, T.; URDAN, F. T. **Gerenciamento da qualidade total: uma revisão crítica**. 1994.

YIN, R. K. **Case study research : design and methods**. USA: Sage Publications, Newbury Park CA , 1989. 165 p.

YOSHIMURA, T. **Mizenboushi method: how to prevent a problem before it occurs**. Juse Press Ltd., 2002. 170 p.

YOUNG, L. H. Detroit rolls out new quality mandates. Business Today, v. 22, p. 87-88, 1996.

ANEXO II

Formulário para revisão de risco ("risk assessment") – GM1927-7

WWP APQP ASSESSMENT				
Supplier:		Part Number & Name:		DATE:
Platform/Model Number & Name:		Procuring Division:		
Model Year:				
Supplier Quality Engineer:				
Buyer (Supplier Manager):				
Design Release Engineer:				
Readiness Coordinator:				
ASSESSMENT CATEGORY	EXAMPLES	RATING	Assessment#	
1. New Process, Technology and/or Capacity	<ul style="list-style-type: none"> New technology Process new to industry or supplier New tools 	0 to 15		
2. Supplying Location	<ul style="list-style-type: none"> New supplier to GM Source change Same supplier/different facility 	0 to 15		
3. GM SQ Support	<ul style="list-style-type: none"> International SQ support availability 	0 to 10		
4. Facilities	<ul style="list-style-type: none"> New facility undergoing startup 	0 to 10		
5. New Design Responsibility	<ul style="list-style-type: none"> New or mature design 	0 to 15		
6. Design Timing/ Stability	<ul style="list-style-type: none"> Adherence to timing needs 	0 to 15		
7. Quality History	<ul style="list-style-type: none"> Quality issues with part or supplier 	0 to 15		
8. Timing Concerns	<ul style="list-style-type: none"> Inadequate lead time 	0 to 5		
9. High Customer Impact	<ul style="list-style-type: none"> Safety related components or systems High visibility 	0 to 15		
10. Management Structure	<ul style="list-style-type: none"> New joint ventures Rapid Expansion 	0 to 10		
11. Program Management	<ul style="list-style-type: none"> Experiences 	0 to 15		
12. Complex Assemblies	<ul style="list-style-type: none"> Complexity 	0 to 5		
13. Directed Buy Components	<ul style="list-style-type: none"> Experience managing directed buy suppliers 	0 to 10		
14. Other (specify)	<ul style="list-style-type: none"> 	1 to 10		
		INITIAL SOURCING ASSESSMENT TOTAL		
FOLLOW-UP ASSESSMENT				
UPDATE TO ASSESSMENT		@ Qtr Review 3	Additional Assessment Options/ Date:	
A. People Stability	<ul style="list-style-type: none"> Stable vs. unstable team 			
B. Design Validation Status	<ul style="list-style-type: none"> Achieved with respect to plan 			
C. Tooling Timing	<ul style="list-style-type: none"> On or behind schedule 			
D. Facility Timing	<ul style="list-style-type: none"> On or behind schedule 			
E. Backup Plan	<ul style="list-style-type: none"> Available or not 			
		UPDATE TOTAL:		
		INITIAL SOURCING ASSESSMENT NUMBER:		
		CURRENT ASSESSMENT:		
SUGGESTED RATING GUIDELINE: 24 or Below Supplier Monitored APQP 25 or GREATER Management Review for Customer Monitored APQP				
Initial ASSESSMENT Rating Number:	APQP Support: Customer Monitored / Supplier Monitored	Non-SQ Data Requirement 1st Assessment: Customer / Supplier / Exempt		Non-SQ Data Requirement 2nd Assessment: Customer / Supplier / Exempt
ASSESSMENT PARTICIPANTS:				
Initial Sourcing:				
	DATE	BUYER	SQE	DRE
@ Prototype:				
	DATE	BUYER	SQE	DRE

ANEXO III

Carta de viabilidade #2 ("feasibility letter") – GM1927-19

ABC Company
 123 First Lane
 Anytown, Anywhere, Any State
 Phone Number

July 12, 20XX

GM Supplier Quality Engineer
 GM Release Engineer
 General Motors Corporation

SUPPLIER MANUFACTURING ASSESSMENT OF DESIGN

As required by General Motors, ABC Company held a manufacturing review of the Model New-Part-Name design on date. During the design review, the following data was reviewed prior to our evaluation of the design:

(Select items reviewed)

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Warranty / I. D. Power Information same similar part | <input type="checkbox"/> Past 18 months of P.R.'s |
| <input type="checkbox"/> Past 18 months of quality trade issues | <input type="checkbox"/> Past 18 months of internal scrap reports |
| <input type="checkbox"/> Past 6 months of parts per million (PPM) data | <input type="checkbox"/> Current process capabilities on existing equipment |

The review has led us to the following position:

(Select one)

- Manufacturing is confident the design is manufacturable to GM required quality levels, within design specifications, and PPAP capability requirements. Manufacturing is making a commitment to achieve zero defects as specified in the GM Supplier Quality Statement of Requirements. There are no concerns to report.
- Manufacturing has concern with the design that prohibit our confidence to be able to produce this part to GM required quality levels based on: (1) Design record specifications, or (2) Ability to meet PPAP capability requirements

Listed below are the top 3 (at a minimum) manufacturing concerns:

Priority	Date Initiated	Concern	Responsible Person	Required Completion Date
1				
2				
3				

Items considered in manufacturing's capabilities that are listed above should include, but not be limited to the following:

- Design not finalized
- Material specifications not finalized
- CD&T not finalized
- Validation Plan not finalized

We confirm the following:

- Issues documented on the APQP Open Issues List GM 1927-3 or equivalent.
- APQP Timing Chart GM 1927-2 or equivalent is updated and attached.

Formatted: bulleted and numbered

Supplier Chief Engineer _____ Supplier Plant Manager _____

cc: GM Supplier Quality Manager

Letter 2

ANEXO IV

Carta de viabilidade #3 ("feasibility letter") – GM1927-19

ABC Company
 123 First Lane
 Anytown, Worldwide Zip or Postal
 Phone Number

October 15, 200X

GM Supplier Quality Engineer
 GM Release Engineer
 General Motors Corporation

SUPPLIER MANUFACTURING ASSESSMENT OF PROTOTYPE

As required by General Motors, ABC Company held a manufacturing review of the Model Year Part Name prototype on date. During the design review, the following data was reviewed prior to our evaluation of the design:

(Select items reviewed)

- Recent external stress reports
- List of the customer manufacturer's difficulties in producing Prototype parts
- Concentrated P.R.R. Areas from the Prototype build

Formatted: Bullets and Numbers

The review has led us to the following position:

(Select one)

- Manufacturing is confident the design is manufacturable to GM required quality levels, within design specifications, and PPAP capability requirements. Manufacturing commits to achieve zero defects as specified in the GM Supplier Quality Standard requirements. There are **no concerns** to report.
- Manufacturing has **concerns** with the design that prohibit our confidence to be able to produce this part to GM required quality levels based on: (1) Design exceed specifications, or (2) Ability to meet PPAP capability requirements.

Listed below are the top 5 (a minimum) manufacturing concerns:

Priority	Date Issued	Concern	Responsible Person	Required Completion Date
1				
2				
3				

Not a complete manufacturing capability (that you listed above should include, but do not be limited to the following:

- EWD change does not allow sufficient timing
- No color marking
- Validation concerns the kind to include
- Contract Issues

Formatted: Bullets and Numbers

Provide the following information:

List the highest RPN		List the number of PPAP that are monitored	
List the number of PPAP 0-40		List the number of PPAP that are monitored	
List the number of PPAP 41-100		List the number of PPAP with a CPK < 1.67	
List the number of PPAP > 100			

We confirm the following:

- Issues documented on the APQP Open Issues List GM 1927-3 or equivalent
- APQP Timing Chart GM 1927-3 or equivalent updated and timing is on track to meet GM Program Deliverables
- Current GP-11 Plan is attached
- GM 1927-11 PFMEA RPN Reducing Summary is attached.

Resolutions to identified issues will allow the manufacturing process to achieve zero defects

Supplier Chief Engineer _____ Supplier Plant Manager _____

cc: GM Supplier Quality Manager

Letter 3

Deleted: During the design review, the following data was reviewed prior to our evaluation of the design:
 (Select items reviewed)
 Recent external stress reports
 List of the customer manufacturer's difficulties in producing Prototype parts
 Concentrated P.R.R. Areas from the Prototype build
 If the data indicated that the manufacturing organization did not do the manufacturing capability assessment, then the data

ANEXO V

Carta de viabilidade #4 ("feasibility letter") – GM1927-19

ABC Company
 123 First Lane
 Anytown, Worldwide Zip or Postal
 Phone Number

December 15, 20XX

GM Supplier Quality Engineer
 GM Release Engineer
 General Motors Corporation

SUPPLIER MANUFACTURING ASSESSMENT OF MANUFACTURING PROCESS CAPABILITY AND PRODUCTION READINESS

As required by General Motors, ABC Company held a manufacturing review of the Model Year-Part Name manufacturing process on date. The review has led us to the following position:
 (Select one)

- Manufacturing is confident the design is manufacturable to GM required quality levels, within design specifications, and PPAP capability requirements. Manufacturing commits to achieve zero defects as specified in the GM Supplier Quality Statement of Requirements. There are no concerns to report.
- Manufacturing has concern with the design and we are not confident that we can produce this part to GM required quality levels based on (1) Designated specifications or (2) Ability to meet PPAP capability requirements.

Listed below are the top 3 (or a minimum) manufacturing concerns:

Priority	Date Initiated	Concern	Responsible Person	Required Completion Date
1				
2				
3				

As a result of this analysis, the formal transfer of primary responsibility from engineering to manufacturing is as follows:
 (Select one)

- Manufacturing accepts responsibility to meet required quality levels. The APQP Cycle Losses List and Timing Chart have been updated.
- Engineering commits the below listed engineering resources to the plant manager until the issues are resolved. Manufacturing acceptance of responsibility to produce parts to specification using capable manufacturing assembly processes occurred on date. Manufacturing will accept responsibility for a containment plan in the interim and only send parts to specification to the assembly plant. All issues have been documented on the APQP Cycle Losses List and the APQP Timing Chart has been updated.

Date Initiated	Concern	Responsible Person	Targeted Completion Date

Provide the following information:

List the number of PPAP 0-40		List the number of PPAP 0-40 issues monitored	
List the number of PPAP 41-100		List the number of PPAP 41-100 issues monitored	
List the number of PPAP 101-200		List the number of PPAP 101-200 issues monitored	
List the number of PPAP 201-1000		GM 1927-21 PFMEA RPN Reduction Summary is attached.	

The next manufacturing review meeting to transfer responsibility from engineering to manufacturing, is scheduled for date

Supplier Chief Engineer _____ Receiving Plant Manager _____

cc: GM Supplier Quality Manager

Letter 4

ANEXO VII

Formulário para redução do RPN ("RPN reduction format") – GM1927-21

PFMEA RPN REDUCTION SUMMARY - Part Number: Supplier Name

OPERATION SUMMARY				MONTHLY COMPARISONS OF OPERATION TOTALS				
OPERATION NUMBER	COMBINED RPN	TOTAL NUMBER OF CAUSES	# OF CAUSES > 40	HIGHEST INDIVIDUAL RPN	OPERATION NUMBER	BASELINE RPN	Month Year RPN	Month Year RPN
1					1			
2					2			
3					3			
4					4			
5					5			
6					6			
7					7			
8					8			
9					9			
0					0			
TOTAL	0	0	0	0	TOTAL	0	0	0

RPN Reduction Plan - Top Ten

Oper. / STA. #	RPN Value	Function & Failure Mode	Recommended Action(s)	Compl. Date	Responsibility
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

