COLEÇÃO PTC
DEVOLVER AO BALCÃO DE EMPRÉSTIMO

IPEN / CNEN - SP
BIBLIOTECA
Produção Científica

METODOLOGIA PARA A OBTENÇÃO DE PRODUTOS ELETRÔNICOS NO CTMSP

W. L. R. de Mello
Av.Prof. Lineu Prestes, 2242.Cid. Universitária
São Paulo - Cep. 05598-900 - Fax. 814 4695

Resumo: Este trabalho apresenta a metodologia adotada pelo Centro tecnológico da Marinha em São Paulo, mais especificamente pelo seu Departamento de Tecnologia do Combustível - **TC** - durante o processo de obtenção de produtos eletrônicos.A metodologia se aplica sobretudo nas fases de desenvolvimento, dando suporte às atividades de projeto para a obtenção do modelo de engenharia e na fase de obtenção dos modelos de qualificação.
palavras chave: engenharia do produto,engenharia simultânea.

Abstract:This paper presents a methodology that has been using at CTMSP - Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo, in particular by the Nuclear Fuel Technology Department, during the electronic equipment development to obtain the engineering model and the qualification one.
key words: product engineering, concurrent engineering

1. INTRODUÇÃO

O CTMSP é uma Organização Militar do Ministério da Marinha criada com o objetivo de desenvolver um submarino com propulsão nuclear.Desde sua criação em 1979(então COPESP-Coordenadoria para Projetos Especiais), esta organização vem lutando para cumprir suas metas a despeito das dificuldades na aquisição de materiais e equipamentos , na contratação de mão-de-obra e serviços, e das restrições internacionais a um projeto dessa dimensão.Durante os primeiros anos o Departamento de Tecnologia do Combustível concentrou seus esforços no domínio das tecnologias associadas ao enriquecimento do urânio, nas áreas de mecânica de precisão, química, materiais e eletro-eletrônica.Por volta de 1985 deu início a um processo de industrialização, o qual deveria transformar em produto, os protótipos produzidos artesanalmente a fim de atender as necessidades das usinas de enriquecimento.Esta nova fase impôs mudanças no modo pelo qual conduzíamos nossas atividades até então.

A experiência adquirida através com o desenvolvimento de inúmeros equipamentos eletro-eletrônicos, hoje em operação no Centro Experimental de Aramar, nos motivou a estabelecer procedimentos que procurassem assegurar que os novos produtos incorporassem os bons resultados alcançados pelos produtos anteriores ,como por exemplo quanto a seleção de componentes, a documentação associada, as facilidades de monitoração e manutenção e a robustez ao ambiente de operação.

A fim de complementar a visão do ambiente no qual desenvolvemos nossas atividades, é preciso mencionar que a nossa estrutura organizacional é do tipo matricial, na qual, de maneira bem simplificada, cabe às gerências de desenvolvimento e de empreendimento, a alocação de recursos e o planejamento e às áreas técnicas de desenvolvimento, produção e operação a alocação de mão-de-obra e a execução das atividades.

2..DEFINIÇÕES E ABREVIATURAS

2.1) ME - Modelo de Engenharia.Trata-se do protótipo que se destina principalmente a verificar se o projeto proposto atende às especficações funcionais.Sua implementação requer a adoção de componentes preferenciais, a imposição de limites máximos de "stress"aos componentes, a seleção de componentes cuja tecnologia e disponibilidade de mercado tenham sido avaliados e a consideração durante o projeto dos aspectos relacionados à interferência eletromagnética, testes e manutenção.

2.2) MQ - Modelo de Qualificação.Estes modelos destinam-se a avaliação geral do empacotamento elétrico e mecânico proposto, de tal forma a assegurar que os requisitos funcionais e de performance no ambiente de operação tenham sido alcançados e que a documentação gerada permite sua fiel reprodução.Tais modelos devem incorporar o processo de qualificação de componentes e de qualificação ambiental .

2.3) MU - Modelo de Utilização.Constituem-se nos modelos que serão efetivamente entregues à operação nas usinas de enriquecimento.Estes modelos devem incorporar as atividades relacionadas com a engenharia industrial e com os processos de rastreabilidade de ítens, controle de estoque, armazenagem e transporte.

2.4) LCP - Lista de Componentes Preferenciais.É uma lista utilizada como referência para a seleção de componentes na fase de projeto, na qual os itens

4790

que a compõe foram devidamente investigados quanto a performance, procedência e disponibilidade de mercado.

2.5) BD - Banco de Dados de Componentes Eletro-Eletrônicos.Esta estrutura permite a padronização da especificação dos componentes bem como a geração automática das listas de materiais.

2.6) FEQ - Folha de Especificação de Qualidade.Neste documento são estabelecidos, para fins de inspeção de recebimento, o plano de amostragem, os testes e os critérios de aceitação e rejeição para os componentes que integram o produto.Este documento é elaborado para os componentes considerados críticos ao produto,ou por análise de confiabilidade (MIL 217), ou através de FMEA ou ainda devido ao histórico de fornecimento.

2.7) SMD - "Surface Mounted Device".

2.8) PCI - Placa de Circuito Impresso.

2.9) Produtação[1] - Conjunto de atividades que conduzem à definição do tipo de estrutura a ser utilizada como invólucro do produto,suas dimensões, seu acabamento, seu arranjo interno, sua interface com o usuário e sua documentação.

2.10) PTH - "Plated Through Hole".

2.11) "Derating" - Técnica que consiste em limitar o grau de solicitação do componente a uma parcela da máxima capacidade especificada pelo fabricante, de tal forma a aumentar sua confiabilidade durante o uso.

2.12) FMEA " Failure Mode and Effect Analysis"- Técnica que consiste em um procedimento completo de investigação da falha: suas causas potenciais, seus efeitos, mecanismos de ocorrência e de detecção e as ações corretivas correspondentes.

2.13) "Screening" - Técnica que consiste na aplicação de estímulos ("stress") elétricos, mecânicos e climáticos com o objetivo de precipitar a ocorrência das falhas prematuras, próprias de componentes "fracos", eliminando assim o período conhecido como "Mortalidade Infantil".

3. O MÉTODO

Embora a metodologia a ser apresentada esteja diretamente relacionada com a obtenção dos MQs, é importante situá-la dentro do Ciclo de Vida do Produto.A figura-1 procura mostrar as várias fases pelas quais um produto passa desde sua definição até a utilização no campo. Neste ciclo vale destacar dois pontos que consideramos fundamentais, uma vez que promovem a participação, fortalecendo o espírito de equipe e obtendo o comprometimento dos envolvidos com o projeto:

- A fase de **Definição** durante a qual procura se especificar o produto, traduzindo a experiência particular de cada uma das áreas participantes, em requisitos de projeto.É ainda durante esta fase que se estabelece o nível de formalização requerido para a documentação e se elabora o planejamento.
- A existência de um canal, chamado de **Engenharia Paralela**, o qual permite a antecipação responsável e comprometida de ações por parte das equipes que, em uma abordagem tradicional, só se manifestariam após o término do projeto.Adotando a Engenharia Paralela (muitas vezes implementada por uma reunião), o ME é concebido a partir de esforços simultâneos das equipes de engenharia do produto e de projeto, acelerando sua produtação .O MQ, por sua vez, é concebido a partir do trabalho conjunto das equipes de engenharia do produto e de produção de forma a assegurar que o produto reúna condições de ser reproduzido em uma escala maior de produção, além de antecipar o treinamento e adaptações na infraestrutura que se fizerem necessárias.

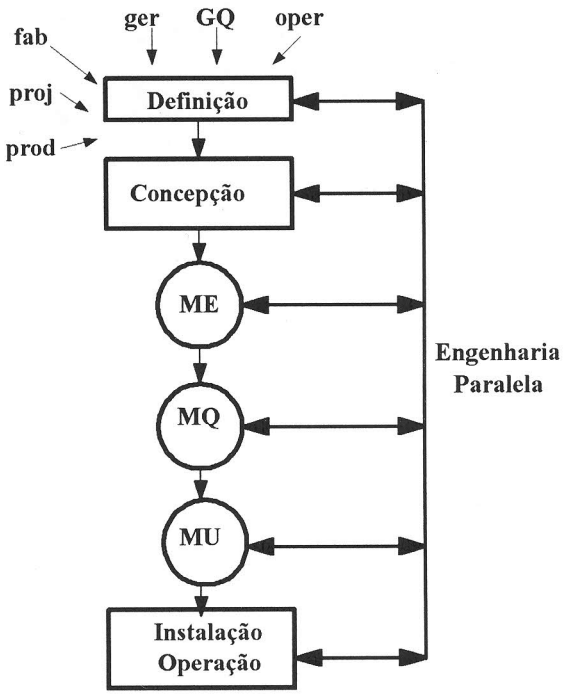

figura-1 Ciclo de Vida do Produto

Para a concepção e implementação do ME, a equipe de projeto além de adotar uma metodologia própria para o desenvolvimento do

[1] Muito embora este têrmo não conste em nossos dicionários, tomaremos a liberdade de utilizá-lo sem aspas, uma vez que, em nosso entender, ele exprime bem o conjunto de ações necessárias para transformar um protótipo em um produto final

hardware e do software, conta com o apoio de informações adicionais, tais como as provenientes do estudo de Partição de Sistema, que procura selecionar, para cada parte do sistema, a tecnologia de implementação que ofereça a melhor relação custo x benefício como mostra a figura-2, ou ainda as contidas nos guias de projeto para obtenção de compatibilidade eletromagnética como instruções para aterramento, blindagem, filtragem e roteamento de cabos.

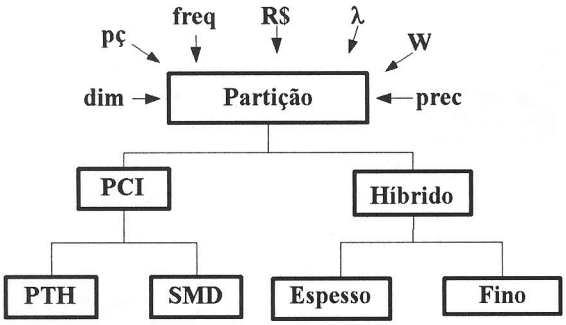

figura-2 Partição de Sistema

Além disto, o ME é submetido a uma pré-qualificação, como mostra a figura-3, de tal forma a verificar se o caminho escolhido conduzirá o projeto a um bom têrmo.

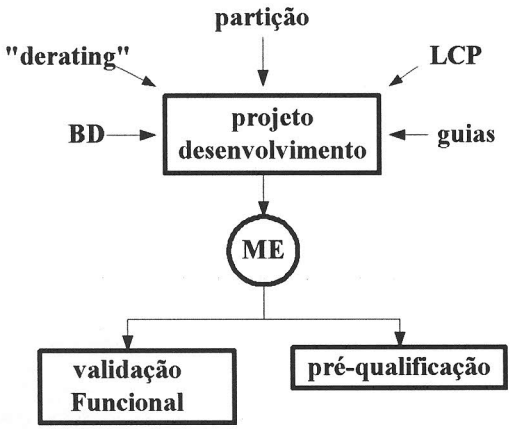

figura-3 Obtenção do Modelo de Engenharia.

A figura-4 apresenta um fluxograma correspondente ao processo de obtenção dos MQs,cujas principais fases passaremos a descrever:

3.1) Introdução : Durante esta fase o projeto é apresentado a uma equipe de produtação, constituída por representantes das áreas de Engenharia do Produto, Qualificação do Produto, Apoio ao Desenvolvimento e de Compatibilidade Eletromagnética.Trata-se de uma oportunidade para se discutir aspectos relacionados com materiais e tecnologias aplicáveis, qualidade de componentes, robustez ao ambiente de operação, facilidades de monitoração e manutenção e qualificação do produto, dentre outros.

3.2) Concepção: Com base na experiência adquirida com o ME e nas informações disponíveis após a validação funcional e pré-qualificação, a Engenharia do Produto prepara uma concepção para o produto.O ideal aqui é que sejam elaborados alguns projetos candidatos, acompanhados de seus respectivos custos, para se proceder uma análise da viabilidade técnica e econômica.

3.3) Seleção : Nesta fase são realizadas reuniões que contam com a participação de representantes das áreas de projeto, gerenciamento e produção, além da equipe de produtação, onde os projetos de concepção são analisados de tal forma a selecionar uma opção para o produto.

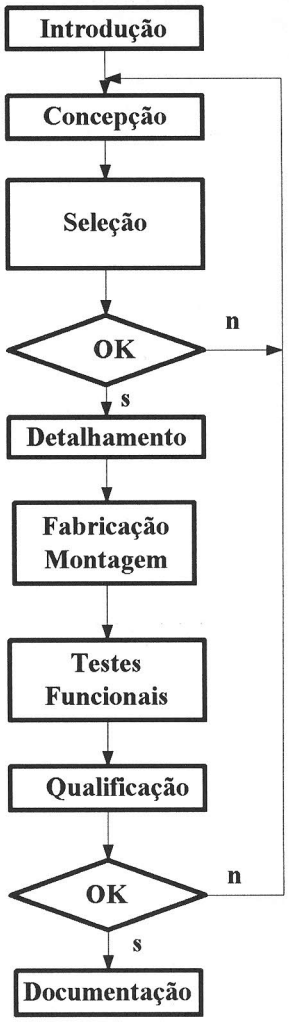

figura-4 Obtenção do Modelo de Qualificação.

3.4) Qualificação : Como mostra a figura-5, a qualificação tem início com a classificação do produto tendo como base a aplicação a que se

destina e as especificações técnicas e funcionais, podendo ser comercial, militar ou nuclear.Após esta etapa, é elaborado o **Plano de Qualificação**, que contém os testes, os procedimentos correspondentes e os critérios de aceitação/rejeição para cada tipo de modelo.Os objetivos básicos desta atividade são:

- comprovar que os modelos apresentam uma robustez compatível com o ambiente especificado para a operação;
- confirmar, através de auditoria, que nos itens normais de produção as características originais do produto estão sendo mantidas.

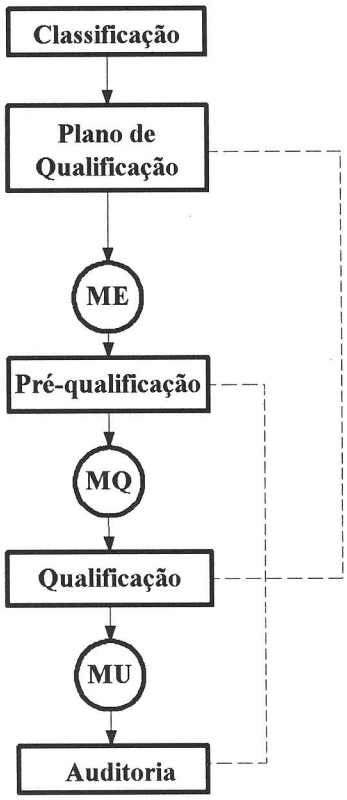

figura-5 Processo de Qualificação do Produto

A execução desta etapa, no entanto, não pode garantir que o produto entregue ao usuário esteja plenamente de acordo com as especificações que nortearam o projeto.Para isto é necessário que os processos produtivos subsequentes passem por um processo de qualificação que assegure que os MUs sejam cópias fiéis do produto qualificado.A esta atividade damos o nome de Auditoria do Produto.

3.5) Documentação : A documentação é vista como uma importante atividade ao longo de todo o ciclo de obtenção do produto, por assegurar uma eficaz continuidade nas atividades executada pelas diversas equipes desde a definição até a obsolescência no campo.

Em se tratando especificamente das fases de desenvolvimento e de produtação, classificamos a documentação em duas categorias: a de **desenvolvimento**, controlada pelas equipes de projeto e de produtação e a de **engenharia**, controlada pela gerência de empreendimento ao qual se destina o produto.A documentação de desenvolvimento acompanha o produto até a fase de qualificação, onde então o produto qualificado é "congelado" e a documentação transformada em documentos de engenharia.Este procedimento é adotado de forma a dar liberdade e agilidade durante o desenvolvimento e, em contrapartida, impor um controle mais rígido à implementação de alterações quando o produto já está disponível ao empreendimento.

Cabe aqui destacar que a política adotada para os componentes eletrônicos desempenha importante papel ao longo do ciclo de vida do produto:

- para os MEs :
  -gerenciamento da LCP e do BD;
  -emissão de boletim técnico informativo referente ao mercado de componentes e aplicações;
  -caracterização paramétrica e busca de alternativas.
- para os MQs :
  -gerenciamento da LCP e do BD;
  -emissão de boletim técnico informativo;
  -elaboração das FEQs para os componentes críticos;
- para os MUs :
  -planejamento e execução do programa de "screening".

4. CONCLUSÕES

Podemos considerar que a presente metodologia está baseada na condução de três atividades principais:

- maior discussão (participação) nas fases inicias do projeto, incorporando à definição e à concepção aspectos que, se apontados posteriormente, seriam de difícil implementação ou poderiam até mesmo implicar em uma revisão geral do projeto;
- a introdução do conceito de modelos, constituindo-se em "check-points" nos quais se verifica a tempo o cumprimento de uma etapa e a formalização das informações a serem passadas para a etapa seguinte;

- a simultaneidade de ações ao longo do ciclo de obtenção, exigindo mudanças no modo com o qual cada um de nós desempenha suas atividades, já que, desde cedo, não fomos acostumados a resolver problemas em equipe e a perceber a complementariedade entre as áreas envolvidas , reconhecendo o sucesso como fruto do esforço da equipe.

A presente Metodologia foi aplicada mais intensamente aos seguintes produtos eletrônicos:
a)Sistema Digital de Controle Distribuido ER512 e ER060;
b)Sistemas de Controle para Ultracentrífugas;
c)Equipamento de criptografia ETY/1UV;

Para finalizar, devemos acrescentar que o resgate e o tratamento das informações relativas a falhas observadas no campo, constituem-se em importantes instrumentos de melhoria da qualidade, fornecendo subsídios para a revisão de projeto e levantamento da confiabilidade.

5. AGRADECIMENTOS

Ao CTMSP pela autorização para a divulgação do trabalho e aos colegas das divisões de projeto, de produto e de produção que direta ou indiretamente contribuiram para a construção desta metodologia.

6. BIBLIOGRAFIA

- "JURAN's Quality Control Handbook",McGraw Hill International Editions,Industrial Engineering Series.

- Metodologia para o Desenvolvimento de Sistemas Digitais,Relatório CTMSP RP42 1201 0015 484.

-Procedimento de Qualificação de Instrumentos,Relatório CTMSP R53 PM7 217SC 400 002.

-MIL-HDBK-217 "Reliability Stress and Failure Data for Electronic Equipment", U.S. Departament of Defense.

-MIL-1629 "Procedures for Performing a Failure Mode and Criticality Analysis",U.S. Departament of Defense.