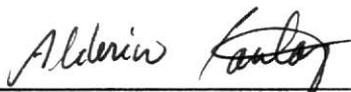
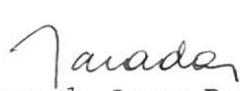


I

1. Publicação nº <i>INPE-3430-NTI/233</i>	2. Versão	3. Data <i>Fev., 1985</i>	5. Distribuição <input checked="" type="checkbox"/> Interna <input type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DIR</i>	Programa <i>Controle da Qualidade</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>Garantia do Produto Controle da Qualidade</i> <i>Garantia da Qualidade Confiabilidade</i>			
7. C.D.U.: <i>629.783-192</i>			
8. Título  <i>REQUISITOS BÁSICOS DE GARANTIA DO PRODUTO PARA SISTEMAS ESPACIAIS</i>		10. Páginas: <i>41</i>	
		11. Última página: <i>34</i>	
9. Autoria <i>Alderico R. de Paula Jr.</i> <i>Eduardo Antonio P. Tude</i> <i>Janio Kono</i> <i>Naoto Shitara</i> <i>Paulo Renato de Moraes</i> <i>Valter Bento da Silveira</i>		12. Revisada por   <i>Clovis S. Pereira</i>	
Assinatura responsável 		13. Autorizada por   <i>Nelson de Jesus Parada</i> Diretor Geral	
14. Resumo/Notas  <i>Este relatório apresenta os requisitos básicos para a implementação de um sistema de Garantia do Produto visando o desenvolvimento e a fabricação de equipamentos para aplicações espaciais. Os requisitos básicos são detalhados para os planos de confiabilidade; de garantia da qualidade; de componentes, materiais e processos; e de configuração, documentação e revisão. Estes planos definirão as análises, os controles e os documentos a serem implantados com a finalidade de garantir que o produto atinja a qualidade requerida. O relatório apresenta também as principais atribuições da Garantia do Produto nas suas diversas áreas de atuação.</i>			
15. Observações			

### ABSTRACT

*This report presents the basic requirements for the implementation of a Product Assurance plan to be applied during the development and manufacturing of equipments for space applications. The basic requirements are specified for a reliability plan, a quality assurance plan, a component, material and process plan and a configuration, documentation review plan. These plans will define the analysis, controls and documents to be implemented in order to guarantee that the product reaches the specified quality. The organization and the attribution of the Product Assurance are also presented in this report.*

REQUISITOS BÁSICOS DE GARANTIA DO  
PRODUTO PARA SISTEMAS ESPACIAIS

Grupo de Controle de Qualidade/Confiabilidade  
Outubro de 1984

AUTORIA:

- . Alderico Rodrigues de Paula Junior - DCA
- . Eduardo Antonio Parada Tude - DTL
- . Janio Kono - DTL
- . Naoto Shitara - DEN
- . Paulo Renato de Moraes - DIN
- . Valter Bento da Silveira - DIT

## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
<u>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</u> .....	1
<u>CAPÍTULO 2 - ORGANIZAÇÃO</u> .....	3
<u>CAPÍTULO 3 - PLANO DE CONFIABILIDADE</u> .....	7
3.1 - Introdução .....	7
3.2 - Diagramas de Bloco e Modelos Matemáticos .....	7
3.3 - Alocação de Confiabilidade .....	8
3.4 - Previsão de Confiabilidade .....	8
3.5 - Margem de Segurança e Análise de Solicitação para Componentes .....	8
3.6 - Análise dos Efeitos dos Modos de Falha e seus aspectos críticos (FMECA) .....	9
3.7 - Análise de Pior Caso .....	10
3.8 - Análise de Radiação .....	11
3.9 - Elementos com Confiabilidade Crítica .....	11
3.10 - Relatório de Falhas, Análise de Tendências e Ações Corretivas .....	12
<u>CAPÍTULO 4 - PLANO DE GARANTIA DA QUALIDADE</u> .....	13
4.1 - Introdução .....	13
4.2 - Garantia da Qualidade na Concepção .....	13
4.2.1 - Análise da Qualidade .....	14
4.3 - Garantia da Qualidade na Especificação .....	14
4.3.1 - Verificação das Especificações .....	15
4.4 - Garantia da Qualidade no Projeto .....	15
4.4.1 - Verificação da Proposta de Projeto .....	16
4.5 - Garantia da Qualidade no Suprimento .....	16
4.5.1 - Contrato de Fornecimento .....	17
4.5.2 - Recebimento, Inspeção e Identificação de Materiais Adquiridos .....	17
4.5.3 - Procedimentos em Caso de Não-Conformidade .....	18
4.6 - Garantia da Qualidade na Fabricação .....	18
4.6.1 - Procedimentos para a Fabricação .....	19
4.6.2 - Controle da Qualidade na Fabricação .....	19

	<u>Pág.</u>
4.6.3 - Procedimentos em Caso de Não-Conformidade .....	20
4.7 - Garantia da Qualidade nos Testes e Integração .....	20
4.7.1 - Programa de Testes e Integração .....	21
4.7.2 - Procedimentos de Testes e Integração .....	21
4.7.3 - Controle da Qualidade nos Testes e Integração .....	22
4.7.4 - Procedimentos em Caso de Não-Conformidade .....	22
4.8 - Garantia da Qualidade na Estocagem, Embalagem e Transporte	23
4.8.1 - Estocagem .....	23
4.8.2 - Embalagem .....	23
4.8.3 - Transporte .....	24
4.9 - Exigências de Garantia da Qualidade nas Ferramentas e Equipamentos de Fabricação, Controle, Medidas e Testes .....	24
4.10 - Garantia da Qualidade na Programação de Bordo .....	25
4.11 - Tratamento de Não-Conformidades .....	26
4.11.1 - Lógica de Tratamento de Não-Conformidade .....	27
<u>CAPÍTULO 5 - PLANO DE COMPONENTES, MATERIAIS E PROCESSOS</u> .....	29
5.1 - Introdução .....	29
5.2 - Lista de Componentes, Materiais e Processos .....	29
5.3 - Utilização dos Componentes, Materiais e Processos .....	30
5.4 - Controle de Fornecedores ou Subcontratados .....	30
<u>CAPÍTULO 6 - PLANO DE CONFIGURAÇÃO, DOCUMENTAÇÃO E REVISÃO</u> .....	33
6.1 - Plano de Configuração e Documentação .....	33
6.2 - Plano de Revisão .....	34

## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO

Este documento estabelece os requisitos básicos de Garantia do Produto para sistemas espaciais de missões do INPE. Ele fornece as diretrizes para a organização da Garantia do Produto e os requisitos para os planos de confiabilidade, de Garantia da Qualidade, de componentes, materiais e processos e de configuração, documentação e revisão de projetos. Define também as áreas de atuação e a documentação específica da Garantia do Produto.

Os requisitos estabelecidos neste documento deverão ser aplicados a todos os sistemas espaciais desenvolvidos no INPE ou subcontratados.

Para cada missão espacial deverá ser elaborado um Manual de Garantia do Produto de acordo com os requisitos estabelecidos neste documento. O gerente da Garantia do Produto de cada missão deverá assegurar que o manual está sendo seguido corretamente.

Este manual deverá ser constantemente atualizado e distribuído aos setores envolvidos do INPE e dos subcontratados.

No Capítulo 2 é apresentada a organização da Garantia do Produto. Os Planos de Confiabilidade e Garantia da Qualidade são descritos nos Capítulos 3 e 4, respectivamente. No Capítulo 5 é descrito o Plano de Componentes, Materiais e Processos, e no Capítulo 6 são apresentados os requisitos de Garantia da Qualidade para os Planos de Configuração, Documentação e Revisão.

## CAPÍTULO 2

### ORGANIZAÇÃO

A Garantia do Produto deverá ser um órgão independente e estar situada no mesmo nível de autoridade que os setores de projeto, fabricação e teste, visando assegurar a autonomia de suas decisões.

Dentro da estrutura matricial do INPE a Garantia do Produto deverá ser organizada em nível de departamento.

Em cada missão deverá ser criado um segmento de Garantia do Produto, cujo gerente será responsável por planejar e coordenar as atividades da Garantia do Produto nos projetos dessa missão.

O gerente do segmento de Garantia do Produto será responsável também pela elaboração do Manual de Garantia do Produto específico para a missão e por assegurar o seu cumprimento.

A Figura 2.1 apresenta o organograma geral do INPE com a inclusão da Garantia do Produto.

As principais atribuições da Garantia do Produto em suas áreas de atuação são assegurar que:

*na área de confiabilidade:*

- a alocação e a previsão da confiabilidade de sistemas e subsistemas estejam sendo realizadas;
- as análises de solicitação, margem de segurança, modos de falhas e seus aspectos críticos, pior caso, radiação, tendências e elementos de confiabilidade crítica estejam sendo realizadas;
- as falhas e ações corretivas estejam sendo documentadas.

*na área de qualidade:*

- as concepções, as especificações e os projetos utilizados para o sistema e subsistemas satisfaçam a qualidade requerida;
- a qualidade do produto satisfaça os requisitos estabelecidos, controlando o suprimento, a fabricação, a integração, os testes, a estocagem e o transporte;
- as não-conformidades sejam analisadas e devidamente documentadas.

*na área de componentes, materiais e processos:*

- a lista preferencial seja periodicamente revista e atualizada;
- os testes para qualificação dos componentes, materiais e processos estejam sendo realizados em conformidade com as normas estabelecidas;
- os fornecedores ou subcontratados estejam cumprindo as exigências requeridas.

*na área de configuração, documentação e revisão:*

- a identificação da configuração esteja sendo realizada corretamente;
- o controle e as modificações sejam atualizadas e disponíveis;
- as revisões estejam sendo realizadas dentro das fases estabelecidas.

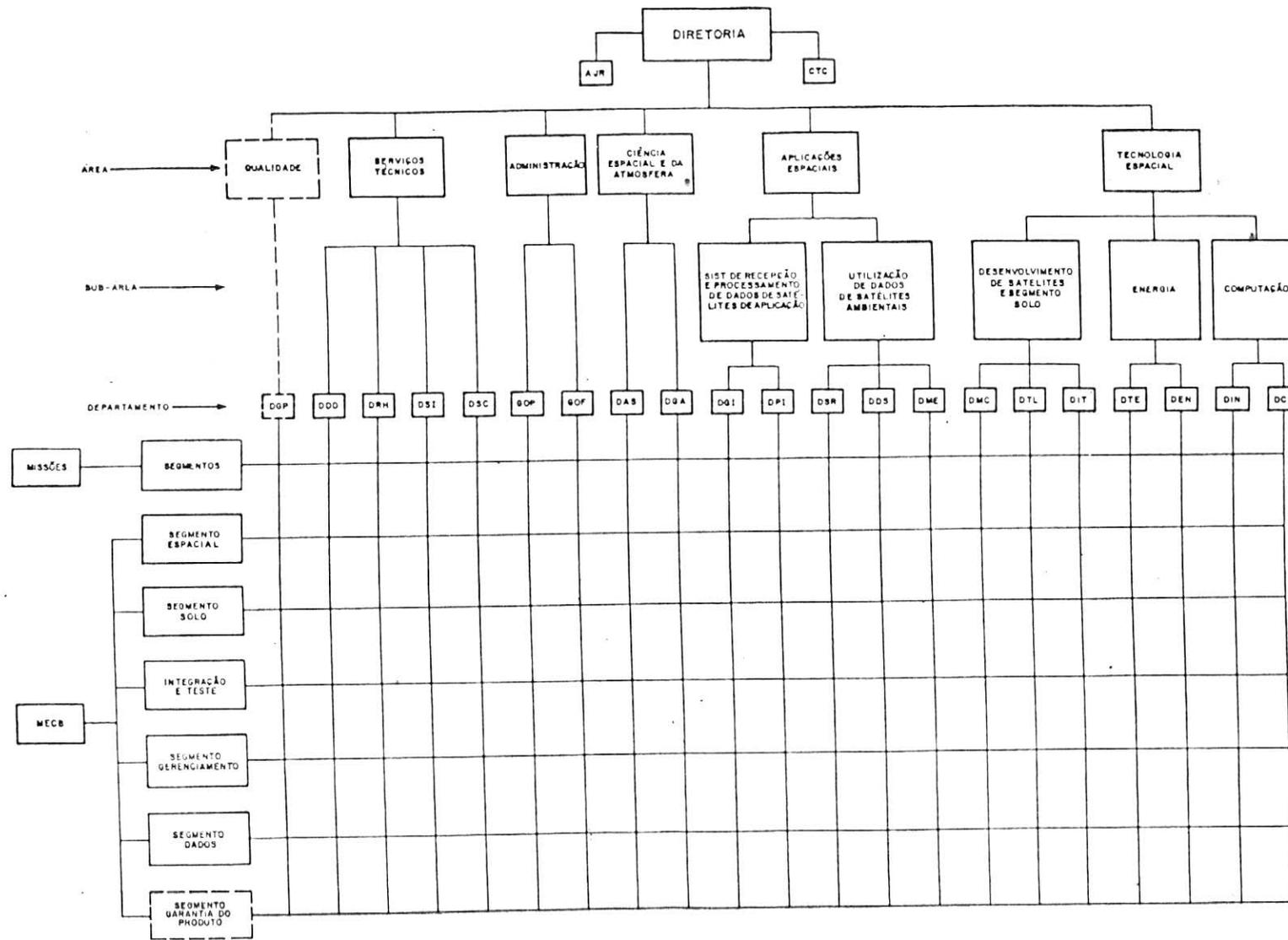


Fig. 2.1 - Organograma Geral do INPE.com a inclusão da Garantia do Produto.

## CAPÍTULO 3

### PLANO DE CONFIABILIDADE

#### 3.1 - INTRODUÇÃO

O Plano de Confiabilidade contém os requisitos relativos à confiabilidade dos sistemas, subsistemas e equipamentos de uma missão espacial. O objetivo principal do plano é fazer com que as especificações de confiabilidade sejam alcançadas e controladas durante todas as fases da missão.

Na concepção e projeto do sistema, o plano estabelece o uso de modelos matemáticos e de diagrama de blocos de confiabilidade; a locação e a previsão da confiabilidade; as análises de solicitação, seus aspectos críticos, pior caso e radiação; e o controle dos elementos de confiabilidade crítica. Durante a fabricação, integração e testes dos modelos de qualificação e vôo, o plano estabelece o uso de um sistema de relato de falhas e ações corretivas e um sistema de acompanhamento de tendências.

#### 3.2 - DIAGRAMAS DE BLOCO E MODELOS MATEMÁTICOS

Os diagramas de bloco e modelos matemáticos são estabelecidos para obter a confiabilidade do sistema em função das confiabilidades e taxas de falhas dos subsistemas e unidades.

Os diagramas de bloco indicam quais elementos devem funcionar para que o sistema cumpra sua missão, constituindo-se assim numa importante ferramenta para o estabelecimento dos modelos matemáticos. Os diagramas de bloco devem ser preparados para todo o sistema, descendo até o nível de unidades.

Os modelos matemáticos expressam analiticamente as relações funcionais entre os elementos do sistema e permitem, assim, a análise da necessidade de redundâncias para aumentar a confiabilidade do sistema e para eliminar pontos de falhas simples que possam afetar a missão.

Os diagramas de bloco e modelos matemáticos devem ser atualizados, quando necessário, para refletir o estado presente do projeto.

### 3.3 - ALOCAÇÃO DE CONFIABILIDADE

Com base na especificação geral de confiabilidade do sistema deverá ser feita uma alocação de confiabilidade para os subsistemas. Esta alocação deverá levar em conta a complexidade, o estado da arte, a importância e os aspectos críticos dos subsistemas. A confiabilidade alocada deverá fazer parte das especificações dos subsistemas.

### 3.4 - PREVISÃO DE CONFIABILIDADE

O objetivo principal da previsão de confiabilidade é verificar a conformidade do projeto com as especificações de confiabilidade do sistema. Os resultados da previsão são utilizados também para estabelecer a necessidade de uso de redundância ou critérios para seleção de componentes.

Deverá ser feita uma previsão preliminar de confiabilidade utilizando o método de contagem de componentes. Antes da fabricação deverá ser realizada uma previsão para o modelo de qualificação utilizando taxas de falhas que levem em conta a solicitação elétrica e a temperatura de operação dos componentes.

Deverá ser estabelecido um procedimento para o cálculo das taxas de falhas.

### 3.5 - MARGEM DE SEGURANÇA E ANÁLISE DE SOLICITAÇÃO PARA COMPONENTES

Todos os componentes elétricos e eletromecânicos empregados no satélite deverão utilizar uma margem de segurança com respeito a valores nominais, de acordo com um documento a ser definido.

Uma análise de aplicação de componentes deve ser preparada para indicar a solicitação e margem de segurança de cada componente. Esta tarefa deve englobar uma análise para determinar se os níveis de tensão, corrente, temperatura e potência dissipada não excedem a margem de segurança em regime permanente. Os transitórios devem ser considerados para assegurar que nenhum componente seja sobrecarregado além do valor nominal de solicitação.

Exceções às regras quanto às margens de segurança devem ser aprovadas pela Garantia do Produto.

### 3.6 - ANÁLISE DOS EFEITOS DOS MODOS DE FALHA E SEUS ASPECTOS CRÍTICOS (FMECA)

A análise dos efeitos dos modos de falha e seus aspectos críticos deverá ser feita, ao nível de unidade, subsistema e sistema. O objetivo principal da FMECA é identificar os pontos de falhas críticos para possibilitar ações corretivas visando minimizar o risco envolvido nestes pontos.

A FMECA deve incluir:

- identificação do elemento e/ou função em análise;
- listagem de todos os modos de falha significativos de cada elemento considerado;
- listagem das causas de cada modo de falha (nos níveis de subsistema e sistema);
- determinação do efeito da falha no desempenho da unidade, do subsistema e sistema;
- identificação dos métodos disponíveis para detecção de cada modo de falha;
- determinação do nível dos aspectos críticos de cada modo de falha;

- determinação da probabilidade de ocorrência de cada modo de falha;
- identificação dos métodos disponíveis ou recomendados para prevenir, reduzir ou compensar o efeito do modo de falha no desempenho do sistema.

Os resultados da FMECA devem ser utilizados para:

- determinar a necessidade de redundância;
- determinar a necessidade de seleção de materiais e de componentes mais confiáveis;
- identificar pontos de falhas simples e elementos críticos.

Os níveis dos aspectos críticos para cada modo de falha de sistemas deverão ser classificados da seguinte forma:

- catastrófico: perda da missão,
- maior: perda de parte essencial da missão,
- menor: perda de redundância,
- desprezível: falha com efeito desprezível para a missão.

### 3.7 - ANÁLISE DE PIOR CASO

Devem ser realizadas análises em circuitos sensíveis para identificar o efeito das variações de parâmetros, no desempenho dos circuitos, tomando por base o pior caso.

As seguintes características devem ser consideradas:

- tolerância inicial dos componentes;
- degradação dos parâmetros com o tempo;

- degradação dos semicondutores com a radiação;
- temperatura;
- tensão de alimentação;
- sinais de entrada;
- cargas de saída.

Se a análise de pior caso indicar um problema em potencial ou um desempenho marginal, deve-se considerar a substituição de componentes sensíveis ou a modificação do circuito.

### 3.8 - ANÁLISE DE RADIAÇÃO

O objetivo da análise de radiação é verificar se a dose de radiação recebida pelos componentes não excede o nível máximo especificado.

A análise deverá conter:

- levantamento dos níveis de radiação a serem encontrados durante a missão;
- determinação da blindagem necessária;
- estimativa do nível máximo de radiação que incide sobre os componentes, de forma a determinar seu efeito no desempenho do sistema.

### 3.9 - ELEMENTOS COM CONFIABILIDADE CRÍTICA

Os elementos com confiabilidade considerada "crítica" são aqueles que constituem pontos de falhas simples, ou que apresentam:

- características susceptíveis a mudanças;
- variabilidade de componentes devido ao processo de fabricação;
- alta taxa de falhas;

- alto grau de complexidade;
- aplicação de novas tecnologias, projeto novo ou componentes no estado da arte.

Deverã ser elaborada uma lista com os elementos de confiabilidade crítica, os quais receberã então um tratamento especial. Para cada um destes elementos deverã ser preparada uma documentação que defina seus requisitos de projeto, fabricação e testes, bem como os controles a serem implantados.

### 3.10 - RELATÓRIO DE FALHAS, ANÁLISE DE TENDÊNCIAS E AÇÕES CORRETIVAS

Deverã ser implementado um sistema que documente as falhas, as análises de tendências e as ações corretivas com o objetivo de assegurar que:

- as falhas sejam revistas considerando os atuais processos de projeto, fabricação e testes;
- as ações corretivas adequadas sejam tomadas com precisão e em tempo hábil;
- as informações de falhas sejam disseminadas para as áreas envollvidas.

A Garantia do Produto deverã estabelecer os requisitos para o controle e para a prevenção das falhas através da análise de tendências de parâmetros, incluindo:

- componentes e partes rejeitadas;
- ações da comissão de revisão de materiais;
- ações de relatos de falhas;
- defeitos de fabricação significativos;
- parâmetros de desempenho crítico.

## CAPÍTULO 4

### PLANO DE GARANTIA DA QUALIDADE

#### 4.1 - INTRODUÇÃO

Este plano contém os requisitos relativos à qualidade dos sistemas, subsistemas e equipamentos de uma missão espacial, bem como o controle a ser efetuado sobre estes requisitos. O objetivo do plano é assegurar que a qualidade desejada para o produto final seja alcançada e controlada durante todas as fases da missão.

Durante a concepção, especificação e projeto do sistema, o plano estabelece as verificações, análises e documentação necessárias para a Garantia da Qualidade. No suprimento, fabricação, integração e testes, embalagem, transporte e estocagem, o plano estabelece os requisitos que garantem a qualidade e a integridade dos componentes, equipamentos, subsistemas e sistemas dos modelos de qualificação e vôo. O plano define requisitos relativos às ferramentas e aos equipamentos de fabricação, controle, medidas e testes e programação de bordo. Define também o procedimento a ser tomado em casos de não-conformidade.

#### 4.2 - GARANTIA DA QUALIDADE NA CONCEPÇÃO

O objetivo da Garantia da Qualidade na concepção é assegurar que as diversas concepções para o sistema em termos de tecnologia, confiabilidade, disponibilidade e segurança atinjam a qualidade requerida.

O nível de confiabilidade a ser atingido depende da aplicação prevista e deverá ser definido na concepção. O nível definido determinará os materiais, as técnicas e os procedimentos plausíveis de ser utilizados.

#### 4.2.1 - ANÁLISE DA QUALIDADE

As diversas concepções propostas deverão ser avaliadas pela Garantia da Qualidade verificando se elas satisfazem às exigências de qualidade requeridas. Os principais itens a serem avaliados são:

- todas as funções requeridas para o sistema são realizáveis;
- as metas de confiabilidade, disponibilidade e segurança são passíveis de ser alcançadas;
- as tecnologias propostas são comprovadamente realizáveis e passíveis de validação;
- os riscos para a implementação dos processos foram cuidadosamente avaliados.

Após a verificação das diversas concepções deverá ser elaborado um relatório de avaliação das concepções sob o ponto de vista da qualidade.

#### 4.3 - GARANTIA DA QUALIDADE NA ESPECIFICAÇÃO

O objetivo da Garantia da Qualidade na especificação é verificar se as especificações para o sistema satisfazem às normas técnicas adotadas e o nível de confiabilidade requerido para a aplicação pretendida.

Durante a fase de especificação do sistema, os requisitos de qualidade deverão ser detalhados para os diversos subsistemas. Nesta fase também deverão ser especificados os diversos testes a serem realizados para qualificação do produto.

#### 4.3.1 - VERIFICAÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES

As especificações definidas para o produto deverão ser verificadas e analisadas visando assegurar a qualidade requerida. As principais análises a serem realizadas são:

- análise da compatibilização entre os subsistemas;
- análise da compatibilização com as normas técnicas e imposições legais;
- análise dos mecanismos de falhas;
- análise dos riscos técnicos e pontos críticos;
- análise da interação com o meio ambiente.

Após a realização destas análises, estudos complementares poderão ser necessários. As fases e os pontos críticos levantados deverão ser rastreados e analisados durante a evolução do projeto.

Um relatório de avaliação das especificações deverá ser elaborado sob o ponto de vista da qualidade.

#### 4.4 - GARANTIA DA QUALIDADE NO PROJETO

O objetivo da Garantia da Qualidade no Projeto é assegurar a obtenção da qualidade requerida através da avaliação das tecnologias selecionadas e da estimativa da confiabilidade.

As tecnologias a serem utilizadas deverão ser selecionadas com base naquelas já comprovadas. Caso seja conveniente a introdução de novas tecnologias, estas deverão ser avaliadas e qualificadas antes de ser adotadas. As instalações selecionadas para a fabricação dos produtos deverão ser avaliadas verificando suas condições para implantação das tecnologias especificadas.

#### 4.4.1 - VERIFICAÇÃO DA PROPOSTA DE PROJETO

O projeto proposto deverá ser analisado e avaliado com a finalidade de verificar se as exigências de qualidade foram satisfeitas. As principais análises são:

- análise de compatibilização com as normas técnicas e imposições legais;
- análise de comprovação das tecnologias selecionadas;
- análise estrutural e térmica;
- análise de confiabilidade conforme plano de confiabilidade descrito no Capítulo 3;
- análise de compatibilização eletromagnética;
- análise de riscos técnicos e pontos críticos.

Protótipos deverão ser construídos para validar o projeto e constatar se os parâmetros medidos satisfazem às especificações do projeto e às exigências de qualidade.

Após as diversas análises do projeto proposto, deverá ser elaborado um relatório de avaliação que deverá ser aprovado pela Garantia de Qualidade.

#### 4.5 - GARANTIA DA QUALIDADE NO SUPRIMENTO

A Garantia da Qualidade no suprimento tem como objetivo assegurar que os materiais, componentes, equipamentos e serviços fornecidos por terceiros satisfaçam a qualidade requerida para o produto.

A Garantia da Qualidade deverá manter uma lista de componentes e fornecedores qualificados, conforme o Plano de Componentes, Materiais e Processos descrito no Capítulo 5. O suprimento de componen

tes eletrônicos e mecânicos deverá ser realizado unicamente pela Central de Suprimento.

A seleção e a qualificação dos fornecedores deverão ser realizadas conforme o tipo de fornecimento, a capacidade de desempenho e a qualidade requerida, de forma que aqueles satisfaçam todas as exigências da Garantia da Qualidade. Os fornecedores deverão ser controlados pelos procedimentos estabelecidos pela Garantia da Qualidade e submetidos periodicamente a auditorias para avaliação de seus sistemas de Garantia da Qualidade.

#### 4.5.1 - CONTRATO DE FORNECIMENTO

Toda aquisição de materiais, componentes, equipamentos e serviços de terceiros deverá ser estabelecida através de um Contrato de Fornecimento. Este contrato deverá conter todos os requisitos aplicáveis na fabricação, inspeções, testes e ensaios. O contrato deverá também especificar toda a documentação, as normas técnicas aplicáveis e os procedimentos para rastreabilidade do produto.

O Contrato de Fornecimento deverá ser aprovado pela Garantia da Qualidade.

#### 4.5.2 - RECEBIMENTO, INSPEÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DE MATERIAIS ADQUIRIDOS

Os fornecimentos recebidos deverão vir acompanhados de certificados de testes que demonstrem a conformidade com as especificações do contrato. Os fornecimentos recebidos, antes de sua liberação, deverão ser submetidos a uma inspeção rigorosa, a fim de garantir a conformidade com os requisitos especificados. Após a inspeção deverá ser elaborado um relatório de recebimento que deverá ser aprovado pela Garantia da Qualidade.

Os fornecimentos ainda não qualificados para aplicação espacial deverão ser submetidos a testes, com a finalidade de obter a qualificação requerida.

Os fornecimentos aprovados pela inspeção deverão ser identificados por meio de rótulos, selos, carimbos ou outros meios adequados que demonstrem a aceitação das especificações.

#### 4.5.3 - PROCEDIMENTOS EM CASO DE NÃO-CONFORMIDADE

Todos os materiais não-conformes deverão ser separados e retidos até que a Comissão de Revisão de Materiais estabeleça as medidas a serem adotadas, conforme a Seção 4.11.

#### 4.6 - GARANTIA DA QUALIDADE NA FABRICAÇÃO

O objetivo da Garantia da Qualidade na fabricação é assegurar que os procedimentos de fabricação satisfaçam às exigências de qualidade e sejam seguidos corretamente durante a fabricação, com a finalidade de garantir a qualidade requerida do produto fabricado.

Para todos os produtos ainda não qualificados para aplicação espacial, três modelos deverão ser fabricados: Modelo de Identificação, Modelo de Qualificação e Modelo de Vôo.

O Modelo de Identificação deverá ser construído da mesma forma e nas mesmas dimensões que os Modelos de Qualificação e de Vôo, com componentes comerciais do mesmo tipo e do mesmo fabricante que os componentes de alta confiabilidade requeridos para os Modelos de Qualificação e de Vôo. A finalidade do Modelo de Identificação é testar funcionalmente o sistema como um todo e servir de base para elaboração do manual de fabricação requerido nos Modelos de Qualificação e de Vôo.

O Manual de Fabricação deve assegurar que os procedimentos para fabricação do Modelo de Vôo sejam rigorosamente idênticos ao Modelo de Qualificação. Ambos os modelos deverão ser fabricados com componentes de alta qualidade. O Modelo de Qualificação deverá ser submetido a testes ambientais rigorosos, com níveis acima daqueles que deverão ser encontrados durante a vida útil do produto. A finalidade do Modelo de Qualificação é demonstrar que o produto é capaz de suportar

as condições ambientais especificadas. O Modelo de Vão deverá ser submetido a testes ambientais, com níveis inferiores aos do Modelo de Qualificação, para não produzir fadigas nos componentes do produto.

#### 4.6.1 - PROCEDIMENTOS PARA A FABRICAÇÃO

Todos os procedimentos a serem utilizados na fabricação dos Modelos de Qualificação e de Vão deverão ser qualificados e aprovados pela Garantia da Qualidade e constar no Manual de Procedimentos. Este manual deverá descrever todas as fases da fabricação dos produtos, indicando para cada uma os materiais, ferramentas e máquinas, bem como os pontos de inspeções a serem utilizados pela Garantia da Qualidade.

Além do Manual de Procedimentos que é geral para os produtos do mesmo tipo, cada produto a ser fabricado deverá ser acompanhado pelo Manual de Fabricação que contém todos os passos e procedimentos a serem realizados pelo executor. Ao término da execução de cada passo o executor deverá assinalar no Manual de Fabricação se a atividade realizada foi concluída satisfatoriamente. Após um certo número de passos especificados no Manual da Fabricação, um inspetor de Controle de Qualidade deverá verificar se as atividades foram executadas de acordo com o Manual de Fabricação e assinalar sua aprovação neste Manual. O Manual de Fabricação deverá conter o resultado das medidas efetuadas, o nome dos executores de cada passo, o dia e o período de realização de cada passo, bem como os principais eventos ocorridos durante a fabricação do produto.

#### 4.6.2 - CONTROLE DA QUALIDADE NA FABRICAÇÃO

As atribuições do Controle da Qualidade na fabricação dos Modelos de Qualificação e de Vão de produto são:

- inspecionar se as condições de fabricação estão de acordo com as especificadas;
- inspecionar se as ferramentas e as máquinas utilizadas estão de acordo com as especificações e calibradas corretamente;

- inspecionar se os executores estão seguindo todos os passos de fabricação definidos no Manual de Fabricação e preenchendo corretamente este manual;
- inspecionar se os materiais utilizados estão de acordo com os especificados no Manual de Fabricação;
- inspecionar se os executores estão qualificados para as tarefas.

#### 4.6.3 - PROCEDIMENTOS EM CASO DE NÃO-CONFORMIDADE

Quando for constatada qualquer não-conformidade na fabricação, o processo de fabricação do produto deverá ser interrompido até que as causas da não-conformidade sejam identificadas.

#### 4.7 - GARANTIA DA QUALIDADE NOS TESTES E INTEGRAÇÃO

O objetivo é assegurar que estejam sendo observadas as exigências gerais da Garantia de Qualidade aplicáveis especificamente a todos os testes e integração relativos ao sistema, subsistemas e equipamentos dos Modelos de Qualificação e de Voo. Deverão ser estabelecidos programas e procedimentos de testes e integração.

Estas exigências são também aplicáveis a todos os testes durante a preparação para o lançamento.

Os equipamentos e subsistemas que compõem o Modelo de Qualificação, assim como o próprio Modelo, deverão ser submetidos a testes ambientais rigorosos, com níveis acima daqueles que deverão ser encontrados durante a sua vida útil. A finalidade dos testes de qualificação é assegurar a capacidade do produto de suportar as condições ambientais especificadas.

Os equipamentos e subsistemas que compõem o Modelo de Voo, assim como o próprio Modelo, deverão ser submetidos a testes ambi

entais, com níveis inferiores àqueles encontrados na vida útil para não produzir fadigas.

A integração dos subsistemas e do sistema é efetuada após a realização dos testes nos equipamentos e subsistemas.

Após a integração, o sistema é submetido a um conjunto de testes.

Deverá ser estabelecido para cada produto um Manual de Acompanhamento que demonstre todas as etapas realizadas na sequência dos testes e integração. A Garantia da Qualidade deverá acompanhar a sequência de testes e integração.

#### 4.7.1 - PROGRAMA DE TESTES E INTEGRAÇÃO

Deverão ser elaborados programas de testes e integração que permitam demonstrar que as exigências de qualidade estão sendo observadas. Estes programas deverão conter:

- os objetivos de cada programa;
- a identificação e um resumo das características funcionais e das verificações a serem efetuadas nos equipamentos, subsistema e sistema;
- a sequência dos testes e integração com indicação dos métodos e dos procedimentos a serem utilizados nos testes e na integração.

#### 4.7.2 - PROCEDIMENTOS DE TESTES E INTEGRAÇÃO

Para cada teste ou integração constante dos programas de testes e integração, deverão ser elaborados procedimentos que especifiquem:

- a finalidade do teste e os dispositivos a serem utilizados, descrevendo os meios e as ferramentas necessários;

- detalhamento dos testes, dos parâmetros a medir, dos valores e das tolerâncias antes, durante e após os testes;
- os critérios de aceitação e de rejeição, assim como as instruções para os eventos e resultados anormais;
- a sequência de integração dos subsistemas e do sistema de uma forma detalhada, enfatizando as operações de montagem e alinhamento.

#### 4.7.3 - CONTROLE DA QUALIDADE NOS TESTES E NA INTEGRAÇÃO

Os responsáveis pela Garantia da Qualidade, os seus representantes, deverão acompanhar os testes e a integração, procurando assegurar que:

- as especificações e procedimentos de testes e integração estejam disponíveis e atualizados;
- as condições ambientais estejam de acordo com as especificações e que a aferição dos equipamentos e ferramentas estejam válidas durante os testes e a integração;
- os testes e a integração sejam realizados de acordo com as especificações e procedimentos atualizados;
- os dados, os resultados e os relatórios dos testes e da integração sejam registrados de um modo preciso e correto.

#### 4.7.4 - PROCEDIMENTOS EM CASO DE NÃO-CONFORMIDADE

Para todo desvio dos procedimentos e testes e integração e para toda falha ou incidente ocorrido nos testes e na integração deverá ser aberta uma ficha de não-conformidade, de acordo com as exigências da Seção 4.11.

#### 4.8 - GARANTIA DA QUALIDADE NA ESTOCAGEM, EMBALAGEM E TRANSPORTE

O objetivo da Garantia da Qualidade é assegurar que os sistemas, subsistemas, componentes e materiais utilizados nos Modelos de Qualificação e de Vão sejam manipulados corretamente e estejam protegidos de deterioração, na estocagem, embalagem e transporte. Para tanto, deverão ser estabelecidos procedimentos para estocagem, embalagem e transporte aprovados pela Garantia da Qualidade, e os produtos deverão ser acompanhados de instruções de manutenção e proteção. Deverá ser assegurado que as etiquetas utilizadas sigam as especificações preestabelecidas.

##### 4.8.1 - ESTOCAGEM

Os produtos e materiais a estocar deverão estar protegidos contra todo risco de deterioração.

Os procedimentos de estocagem deverão garantir a segurança pessoal, a manutenção da qualidade e integridade do produto, sua identificação e a realização de inspeções e testes periódicos quando necessário. O local em que será estocado o produto deverá satisfazer os requisitos especificados.

##### 4.8.2 - EMBALAGEM

Os produtos e materiais deverão ser embalados de modo a prevenir toda deterioração.

Os procedimentos de embalagem deverão definir a proteção do produto e a natureza da embalagem.

No exterior da embalagem deverão constar as condições particulares de ambiente (interno e externo) em que deverá ser mantido o produto e a referência aos procedimentos.

Deve-se prevenir todo risco de ruptura da embalagem e de deterioração do produto devido à transmissão de choques, vibrações e deslocamento incontrolado do produto no interior do invólucro.

#### 4.8.3 - TRANSPORTE

Para todos os produtos e materiais a serem transportados deverá ser garantido que:

- os documentos exigidos sejam fornecidos e aprovados;
- os produtos e materiais sejam protegidos e embalados segundo os procedimentos definidos;
- todos os produtos e materiais estejam identificados e marcados segundo os procedimentos e especificações correspondentes;
- os aparelhos de manutenção e os meios de transporte sejam adaptados à natureza e às dimensões do produto;
- os métodos de carregamento e de transporte estejam em conformidade com as especificações.

#### 4.9 - EXIGÊNCIAS DE GARANTIA DA QUALIDADE NAS FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS DE FABRICAÇÃO, CONTROLE, MEDIDAS E TESTES

O objetivo da Garantia da Qualidade é assegurar que as ferramentas utilizadas na fabricação, controle, medidas e testes, durante todas as fases de desenvolvimento do programa, obedeçam às suas especificações.

Deverão ser estabelecidos procedimentos de aprovação, calibração, aferição e conservação das ferramentas e equipamentos que deverão ser inspecionados pela Garantia da Qualidade.

Quando se tratar de novo tipo de ferramenta ou equipamento, este deverá passar por uma avaliação inicial, sendo estabelecidos

os processos de aferição e um plano de verificações periódicas que de verã ser aprovado pela Garantia da Qualidade.

Estes procedimentos, bem como as verificações periódicas, deverão ser documentados e estar ã disposição a qualquer momento.

As não-conformidades serão tratadas de acordo com a Se ção 4.11.

#### 4.10 - GARANTIA DA QUALIDADE NA PROGRAMAÇÃO DE BORDO

O objetivo da garantia da qualidade na programação de bordo é prover a confiabilidade adequada e, ao mesmo tempo, assegurar que ela apresente conformidade com os requisitos técnicos estabelecidos, através de um conjunto de ações planejadas e sistematizadas.

As atividades da Garantia da Qualidade referentes ã programação de bordo são especificadas e documentadas no Plano de Garantia de Qualidade da Programação de Bordo. Define-se neste plano o ciclo de vida da programação de bordo, constituída pelas seguintes fases:

- especificação dos requisitos de programação,
- projeto preliminar,
- projeto detalhado,
- codificação e testes unitários,
- integração e testes,
- operação e manutenção.

Desta forma, as atividades da Garantia da Qualidade vi sam assegurar o comprimento dos objetivos e metas de cada uma dessas fases, de modo a alcançar o nível de confiabilidade requerido para a programação de bordo.

#### 4.11 - TRATAMENTO DE NÃO-CONFORMIDADES

Esta seção tem a finalidade de estabelecer as condições de tratamento de não-conformidades e falhas.

O procedimento descrito nesta seção deverá ser aplicado à toda não-conformidade ou falha na recepção de componentes, fabricação, integração e testes de equipamentos, subsistemas e sistemas de Modelos de Qualificação e de Vôo, e durante a fase de preparação para o lançamento do Modelo de Vôo.

Para maior clareza, os termos usados especificamente no tratamento de não-conformidades são definidos a seguir:

- a) *Não-conformidade*: é qualquer item, componente, material ou equipamento com características que se desviam das especificações, procedimentos ou desenhos aprovados para o produto, ou que sejam expostos a fadigas não-previstas. Uma não-conformidade pode ser classificada em menor ou maior.
- b) *Não-conformidade menor*: é toda não-conformidade que não afeta adversamente as características funcionais, operacionais, físicas e de conformidade, ou que pode ser corrigida por operações simples de reparo.
- c) *Não-conformidade maior*: é toda não-conformidade ou falha detectada em componentes de alta confiabilidade, ou que afeta a confiabilidade ou as características de interferência eletromagnética, e não pode ser eliminada por operações simples de reparo.
- d) *Ficha de não-conformidade*: é a ficha com informações relativas a uma não-conformidade, contendo pelo menos: a identificação do produto não-conforme; a descrição e as possíveis causas de não-conformidade; as medidas corretivas e preventivas; a destinação dada ao produto não-conforme; e a classificação da não-conformidade.

- e) *Derrogação*: é a autorização de aceitação de um material não-conforme no estado em que se encontra ou após um reparo por método aprovado. Uma derrogação concedida a uma não-conformidade menor é denominada derrogação menor e uma derrogação concedida a uma não-conformidade maior é denominada derrogação maior.
- f) *Modificação*: é uma mudança de definição aprovada na configuração de um produto. Esta mudança poderá afetar as especificações ou procedimentos relativos ao produto.
- g) *Retoque*: é a intervenção simples com a finalidade de eliminar uma não-conformidade menor.
- h) *Refugo*: é a ação tomada quando um material não-conforme não pode ser recuperado para uso, devendo então ser destruído e substituído.
- i) *Comissão Local*: é a comissão presidida pelo responsável do setor onde a não-conformidade foi detectada. Esta comissão deverá ter representantes da Garantia da Qualidade, dos subsistemas envolvidos e de especialistas na área.
- j) *Comissão de Revisão de Materiais (CRM)*: é a comissão presidida pelo gerente do segmento espacial ou seu representante, o qual deverá ter representantes da Garantia da Qualidade, dos subsistemas e de especialistas na área.

#### 4.11.1 - LÓGICA DE TRATAMENTO DE NÃO-CONFORMIDADE

Assim que uma não-conformidade for detectada dever-se-á estabelecer uma ficha de não-conformidade, retirar o material de circulação e convocar uma comissão local para estudar o caso. Se a não-conformidade for classificada como menor, a própria comissão local poderá decidir executar um retoque ou autorizar uma derrogação menor.

Após a realização das ações definidas pela comissão local, a ficha de não-conformidade é completada. O Controle de Configuração e Documentação deverá fazer a difusão da ficha aos setores envolvidos. O gerente do segmento espacial poderá pedir a reclassificação de uma derrogação.

Caso uma não-conformidade seja classificada maior esta será encaminhada à CRM.

A CRM poderá decidir sobre:

- *Refugo*. Neste caso o material é retirado definitivamente de circulação.
- *Derrogação menor*. Se houver necessidade de reparo, a CRM aprovará os procedimentos de reparo e os testes destinados a verificar se os reparos surtiram o efeito desejado.

Assim que todas as exigências de tratamento da não-conformidade decididas pela CRM forem completadas, a ficha de não-conformidade será fechada.

A difusão das decisões tomadas pela CRM será efetuada pelo Controle de Configuração e Documentação, e o controle da execução das exigências será realizado pela Garantia da Qualidade.

Da análise da não-conformidade poderá ser gerado um pedido de modificação à gerência de segmento.

## CAPÍTULO 5

### PLANO DE COMPONENTES, MATERIAIS E PROCESSOS

#### 5.1 - INTRODUÇÃO

O plano estabelece procedimentos básicos para o suprimento de componentes e materiais e para a utilização de processos que poderão ser usados nos Modelos de Qualificação e de Voo.

A Garantia do Produto deverá aprovar um programa que apresente critérios gerais para elaboração das listas preferencial e autorizada, a fim de garantir que os itens utilizados nos projetos estejam devidamente qualificados. Estas listas deverão ser amplamente divulgadas e a documentação de todos os seus itens deverá estar disponível e atualizada.

Para a correta utilização dos itens da lista deverão ser estabelecidos critérios para uniformizar as aplicações.

Aos fornecedores ou subcontratados o plano estabelece a realização de auditorias periódicas para avaliação dos serviços ou componentes e materiais fornecidos.

#### 5.2 - LISTA DE COMPONENTES, MATERIAIS E PROCESSOS

Deverá ser elaborada uma lista preferencial de componentes, materiais e processos, de modo a uniformizar sua utilização nas missões do Programa Espacial Brasileiro. Portanto, deverão ser estabelecidos procedimentos, aprovados pela Garantia do Produto, para a seleção e inclusão de itens nesta lista. Todos os itens deverão estar acompanhados de ampla documentação e identificação.

Para cada missão deverá ser elaborada uma lista autorizada de componentes, materiais e processos certificada pela Garantia do Produto, a serem utilizados nos Modelos de Qualificação e de Voo.

Todos os componentes, materiais ou processos utilizados em uma missão deverão constar da lista autorizada, que será composta de:

- lista preferencial;
- componentes, materiais e processos qualificados para aplicação espacial por outras agências;
- componentes, materiais e processos ainda não qualificados, mas indispensáveis à missão.

Para a inclusão de itens de outras agências ou ainda não-qualificados na lista autorizada, deverá ser elaborado um programa, aprovado pela Garantia do Produto, para sua qualificação, atendendo aos requisitos de confiabilidade estabelecidos para a missão.

Deverá ser assegurada a divulgação das listas preferencial e autorizada a todos os subsistemas envolvidos na missão.

### 5.3 - UTILIZAÇÃO DOS COMPONENTES, MATERIAIS E PROCESSOS

Deverão ser estabelecidos critérios de utilização, aprovados pela Garantia do Produto, para uniformizar a utilização dos componentes, materiais e processos nas várias aplicações. Uma análise detalhada desta utilização deverá ser realizada para verificar se os critérios estão sendo seguidos.

### 5.4 - CONTROLE DE FORNECEDORES OU SUBCONTRATADOS

Os fornecedores deverão ser submetidos à auditoria periodicamente pela Garantia do Produto e pelos especialistas de componentes, materiais e processos, verificando a capacidade de cumprir as exigências requeridas no fornecimento de componentes e materiais de alta confiabilidade. O fornecedor será desqualificado se existirem evidências de que o produto não atende às exigências de qualidade ou de de

sempenho estabelecidas. Ele poderá ser requalificado se forem tomadas medidas corretivas.

Todo fornecimento deverá ser acompanhado de todos os dados das inspeções finais do produto para serem analisados na inspeção de recebimento.

Quando se tratar de componentes especiais deverá ser realizada uma inspeção nos pontos críticos da fabricação.

Deverão ser efetuados um registro e uma classificação de fornecedores, mantidos e atualizados com base na experiência do projeto em andamento.

## CAPÍTULO 6

### PLANO DE CONFIGURAÇÃO, DOCUMENTAÇÃO E REVISÃO

#### 6.1 - PLANO DE CONFIGURAÇÃO E DOCUMENTAÇÃO

Deverã ser elaborado um Plano de Configuraçã e Documen  
tação contendo os seguintes elementos:

- identificaçã e configuraçã, efetuada atravẽs de documentos tẽc  
nicos aprovados nas revisões;
- controle de configuraçã, estabelecendo os mẽtos e procedimen  
tos que permitam a definiçã dos documentos aprovados e seu con  
trole;
- acompanhamento do estado da configuraçã, estabelecendo os mẽto  
dos e procedimentos que permitam controlar continuamente as pro  
postas de modificações emitidas pelos subsistemas, bem como a in  
troduçã das modificações nos documentos aprovados.

Os objetivos desse plano sã:

- permitir o conhecimento a todo instante da descriçã tẽcnica do  
sistema e de seus componentes;
- assegurar que os documentos e os equipamentos definidos sejam  
compatíveis entre si (controle de interfaces);
- controlar as modificações de modo contínuo e assegurar que as  
partes envolvidas sejam informadas das modificações;
- assegurar a conformidade do produto com os documentos tẽcnicos;
- permitir que os õrgãos envolvidos sempre tenham documentos atua  
lizados ã sua disposiçã.

A Garantia do Produto deverá aprovar o Plano de Configuração e Documentação e assegurar que este esteja sendo seguido adequadamente.

## 6.2 - PLANO DE REVISÃO

As revisões de um projeto são avaliações técnicas realizadas após cada fase importante do seu desenvolvimento, executadas de forma a verificar se as especificações de desempenho, qualidade, confiabilidade, etc. estão sendo atendidas.

As revisões serão realizadas por uma comissão formada por especialistas externos ao projeto, durante um tempo limitado. A comissão deverá apresentar um relatório final com as conclusões e ações recomendadas.

Toda missão espacial deverá ter um plano de revisões, aprovado pela Garantia do Produto, destinado a avaliar cada configuração de referência, em todos os seus níveis. Este plano deverá conter as análises a serem feitas pela comissão de revisão.

As revisões principais que deverão estar contidas em qualquer plano de revisões são:

- Especificações preliminares ..... 1ª revisão
- Desenvolvimento do modelo de identificação ..... 2ª revisão
- Desenvolvimento do modelo de qualificação e integração e teste do modelo de identificação ..... 3ª revisão
- Desenvolvimento do modelo de Voo e integração e teste do modelo de qualificação ..... 4ª revisão