

Uma metodologia de planejamento de teste de produtos industriais

Nelson Back

Prof. do Depto. de Engenharia Mecânica - Universidade Federal de Santa Catarina
Caixa Postal - 476 - 88049 - Florianópolis - SC Telex (0482) 317 FUEG-BR

Longuinho da Costa Machado Leal

Prof. do Depto. de Engenharia Mecânica - Universidade Federal de Santa Catarina
Caixa Postal - 476 - 88049 - Florianópolis - SC Telex (0482) 317 FUEG-BR

Palavras- chave: Planejamento de testes, testes de produtos, testes integrados.

Key words: Products tests planning, products tests, integrated test.

RESUMO:

UMA METODOLOGIA DE PLANEJAMENTO DE TESTE DE PRODUTOS INDUSTRIAIS: No presente artigo, é apresentada, inicialmente, uma visão sistemática do teste de produtos industriais e do planejamento integrado do teste. São, também, discutidos os diversos tipos de testes a serem elaborados ao longo das fases de desenvolvimento de um produto e a respectiva preparação, execução, coleta e avaliação de resultados. Na parte final do trabalho, são apresentadas recomendações, para a empresa, no processo de seleção de um laboratório independente de teste.

ABSTRACT:

A TEST PLANNING METHODOLOGY OF INDUSTRIAL PRODUCTS: The paper presents, initially, a systematic view of the product testing activity and of the integrated test planning. The different types of test, that can be used along the phases of the product development eyele are discussed, as well, the respective preparation, performing, date collection and evaluation. The paper presents also recomendations to follow on the process of choosing on independent testing laboratory.

Rec. 22/01/91 Rev. 22/02/91 Apr. 16/05/91

Introdução

A recente ênfase dada na adoção da mais atualizada tecnologia no projeto de produtos tem levado ao crescimento da razão de lançamento de novos produtos. Desafortunadamente, estes produtos são, às vezes, comercializados antes que todas as inadequações sejam levantadas ou identificadas. Como resultado, muito tempo, esforço e dinheiro são gastos para recuperar a qualidade que deveria ter sido projetada no produto desde o início [6].

A qualidade de um produto depende, em primeiro lugar, da capacidade da empresa de gerar boas concepções alternativas e da habilidade para selecionar a melhor solução que, por sua vez, depende, em muito da percepção das reais necessidades dos consumidores e da oportunidade atrativa de mercado [7].

Uma vez identificada a melhor solução, a qualidade é alcançada pela disposição de projetar com vistas à otimização dos diferentes aspectos considerados no projeto: desempenho, manufatura, confiabilidade, "manutenibilidade" (1), ergonomia, segurança, custo, tempo de lançamento, apoio logístico, entre outros. Para que isto seja conseguido, é imprescindível um entrosamento, cada vez maior, das equipes de projeto, de manufatura e de mercadologia, atuantes na empresa [1]. Isto é, um sistema integrado de projeto, manufatura e mercadologia, que é largamente facilitado, atualmente, pela informatização do processo de produção [1].

A constatação desta tão almejada qualidade do produto pode ser conseguida, principalmente, pela preocupação do projetista em estabelecer os testes adequados e um plano integrado de testes ao longo de todas as

fases do ciclo de vida, isto é, desde a primeira fase, que é a do estabelecimento dos requisitos de projeto, até o descarte do produto.

O teste é o meio mais adequado de verificar a adequação do produto, isto porque é um meio de obter resultados diretos e tangíveis. Os testes podem tornar-se muito dispendiosos, principalmente quando não é estudado o tipo de teste mais adequado em cada fase do desenvolvimento, quando não são estabelecidos, a priori, os objetivos e parâmetros a medir e quando não é feito um plano integrado de teste [5]. Um plano integrado de teste, que seja preliminar, ou seja, efetuado no início do desenvolvimento da concepção, permite projetar para o teste, visualizar o tipo de verificação mais adequada em cada fase do ciclo de vida e, principalmente, efetuar uma única montagem de teste para medir diversos parâmetros do produto. Como exemplo, num ensaio de confiabilidade do produto, pode-se medir parâmetros como: nível de treinamento e quantidade de pessoal de operação e manutenção; adequação dos manuais de operação e manutenção; "manutenibilidade"; adequação de equipamentos auxiliares e apoio logístico [3].

Tipos de testes

Quando se examina o ciclo de vida de um sistema ou produto, pode-se identificar, como mostra a fig.1, a seguinte sequência de fases [3,2]: estudo de viabilidade ou projeto conceptual, onde são concebidas soluções alternativas viáveis; projeto preliminar, fase em que é selecionada a melhor concepção, dimensionados e otimizados os parâmetros, ou seja, a fase de síntese quantitativa; projeto detalhado; construção e/ou fabricação; ava-

(1) Refere-se aqui à facilidade de manutenção do produto (tradução do termo "maintenability").

liação do sistema ou produto; uso ou consumo e descarte. Em todas estas fases, o projetista deve preocupar-se com os testes que deverão ser efetuados em cada etapa para avaliar a adequação do seu trabalho frente aos requisitos inicialmente propostos e, também, com a coleta de dados para melhorar o produto em questão e para o projeto de outros produtos. Como o produto ou sistema, em cada uma destas fases, encontra-se em diferentes estágios de desenvolvimento ou estudo, cada situação exige um tipo de teste apropriado, como será descrito a seguir [3,4].

2.1 Teste Tipo I. Como mostra a fig. 1, durante as três primeiras fases do ciclo de vida, são usados modelos analíticos para a síntese, simulação e análise. Recomenda-se sempre, devido a sua importância, concentrar o maior esforço em testes deste tipo, uma vez que são os mais econômicos, versáteis e rápidos, principalmente pela facilidade de computação hoje existente.

2.2. Teste Tipo II. Os testes tipo II, também usados nas três primeiras fases do ciclo de

vida, compreendem os modelos icônicos e os analógicos. Os modelos icônicos, também usados como ferramenta auxiliar de desenho e desenvolvimento, têm como principal função verificar a adequação da estética e da ergonomia do produto. Os modelos analógicos permitem o estabelecimento dos valores dos produtos adimensionais das variáveis do fenômeno físico e, pelas leis de semelhança, dimensionar as variáveis de partes ou da solução global do problema, ferramenta muito útil quando se tem dificuldades para definir a formulação matemática, ou ela é desconhecida [2].

2.3. Teste Tipo II. Na fase final do projeto detalhado e na fase de fabricação, tem-se condições de efetuar testes e demonstrações formais, pois o protótipo está disponível. O protótipo é um equipamento similar ao produto a ser produzido, mas não totalmente qualificado neste ponto do desenvolvimento. Um programa de testes do protótipo pode constituir-se numa série de testes individuais:

- Testes de desempenho das funções para as quais foi projetado;

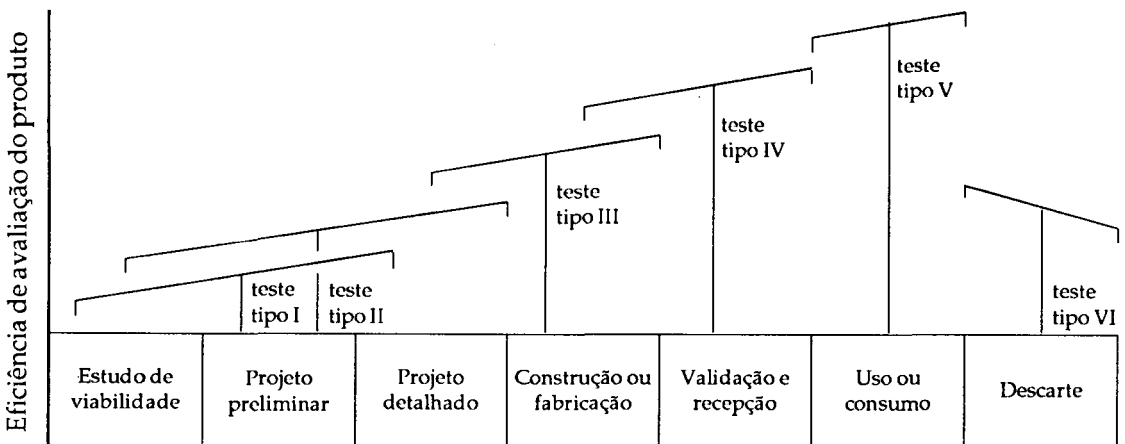


Figura 1: Representação esquemática dos tipos de testes usados e sua eficiência ao longo das fases de desenvolvimento de um produto [3].

- Testes de qualificação de meio ambiente, onde são medidos os efeitos causados por agentes como, temperatura, vibrações e choques, umidade, fluidos, ventos, explosões, pós abrasivos, etc, aos quais poderá estar submetido durante o transporte, operação e manutenção;
- Testes de confiabilidade, onde são medidos o tempo médio entre falhas, tempo médio entre manutenções, vida de componentes críticos, degradações e modos de falhas.
- Testes de “manutenibilidade”, quando em um ou mais equipamentos são medidos dados como tempo médio ativo de manutenção, tempo médio de manutenção corretiva e preventiva, quantidade e nível de mão-de-obra para manutenção, adequação dos manuais de manutenção e da infraestrutura necessária;
- Teste de compatibilidade do equipamento de testes e de apoio logístico com o produto em teste;
- Teste e avaliação do pessoal de operação e manutenção, quantidade, nível e treinamento necessário; e
- Teste de verificação da qualidade dos manuais de operação ou do usuário e de manutenção.

Estes testes são geralmente realizados com infraestrutura e pessoal do próprio produtor. Os equipamentos de teste e apoio logístico, pessoal de operação e manutenção, procedimentos e condições ambientes deverão ser similares àqueles encontrados no usuário.

2.4. Teste Tipo IV. Quando se dispõe de um protótipo de segunda geração ou exemplares de uma cabeça de série, testes e demonstrações formais poderão ser elaborados em local, infraestrutura e pessoal do consumidor ou usuário. Neste caso, são testados o

equipamento propriamente dito, equipamentos de teste de operação, de apoio logístico, procedimentos formais de operação e manutenção, peças de reposição, seus níveis de estoque e tempos de entrega e de outros insumos. Este é, na realidade, um teste de validação do produto.

Estes testes são, geralmente, efetuados continuamente ao longo de períodos maiores, cobrindo avaliações de um número de elementos de sistema, através de uma série de exercícios simulados de operação.

2.5. Teste Tipo V. Na fase de uso ou consumo é que se tem as reais condições de testar o produto, assim, o projetista deve acompanhar e coletar dados sobre o desempenho do produto. Em primeiro lugar, para verificarse, realmente, foram atendidos os requisitos de projeto e, também, para obter informações que permitam introduzir melhoramentos ou que possam ser usadas em projetos similares ou que utilizem a mesma tecnologia.

Durante a fase de uso também podem ser conduzidos testes quando se deseja modificar o perfil e a taxa de utilização do produto para determinar o impacto desta modificação sobre a eficiência do produto ou, ainda, testar o efeito de alternativas de política de apoio logístico.

2.6. Teste Tipo VI. Finalmente, no descarte ou desativação do produto, o projetista ainda pode coletar dados importantes. Primeiro, verificando se o procedimento e custos de descarte ou desativação projetados são os apropriados. Segundo, pelo exame da falha ou desgaste do sistema ou de partes, verificando se o projeto do produto foi o adequado e, assim, coletando dados para o reprojeto e, até mesmo, usando estas informações para projetos de outros produtos. Ainda no descarte, tem-se possibilidade de verificar se o projeto para a reciclagem foi bem elaborado.

Planejamento do teste

Para a verificação da adequação de um novo projeto, é fundamental a elaboração de um bom plano de testes e avaliações. Este planejamento deve começar no início da atividade de projeto, isto é, na fase de levantamento dos requisitos de projeto, também chamada fase de estabelecimento das especificações de projeto. Isto porque, se um requisito é especificado, deve haver, também, um meio através do qual o requisito possa ser avaliado. Já nesta fase, portanto, deverão ser feitas considerações sobre os tipos e procedimentos de testes.

Como foi mostrado no item anterior, tem-se, ao longo do ciclo de vida do produto, diferentes tipos de teste para avaliar partes ou o produto como um todo. Na prática, observa-se, com frequência, a elaboração de um teste para avaliar um parâmetro do sistema e para um outro parâmetro um novo teste é realizado. Isto pode resultar na especificação de um número muito elevado de testes, tornando o custo proibitivo. Para reduzir estes inconvenientes, os testes, sempre que possível, devem ser planejados de forma integrada; deste modo, os testes individuais devem ser analisados em conjunto, quanto a recursos necessários e resultados pretendidos e programados de forma a obterem o máximo de benefícios.

Assim, um documento de planejamento integrado de testes deve conter o que segue:

- a) definição e plano de todos os requisitos de teste, incluindo os resultados que deverão ser esperados de cada teste individual e integração dos testes, quando possível;
- b) definição da organização, suas funções e interfaces, da administração, do controle das atividades de teste e dos custos;

- c) definição das condições de teste e dos requisitos de apoio logístico, tais como: ambiente de teste, infraestrutura, equipamento de teste e de apoio, partes de reparo e reposição, pessoal de teste e procedimentos de teste;

- d) descrição da fase de preparação para cada tipo de teste, que engloba a seleção do método específico de teste, treinamento do pessoal de teste, aquisição dos recursos de apoio logístico e preparação da infraestrutura;

- e) descrição da fase formal de teste, contendo os procedimentos de teste, coleta de dados, processamento e métodos de análise;

- f) descrição das condições e provimentos para a fase de re-teste, envolvendo métodos de testes adicionais quando ocorrem situações de rejeição e

- g) identificação da documentação de teste.

Um plano de teste, contendo o exposto acima, é uma valiosa referência para a tomada de decisão ao longo do desenvolvimento do projeto e fabricação, pois indica o que deve ser alcançado, quais são os requisitos de teste, o plano de desenvolvimento de equipamentos de teste e de apoio, a coleta de dados e os métodos de ensaio.

Preparação dos testes

Uma vez completado o planejamento, e antes de realização formal do teste, tem-se um período de preparação que inclui: a seleção do local e condições de teste; a seleção e treinamento do pessoal; a preparação da infraestrutura; a aquisição e ou fabricação do equipamento de teste e de apoio logístico. Um

maior detalhamento da fase de preparação dos testes é apresentado a seguir:

a) Seleção do item de teste. O item de teste a selecionar depende do estágio de desenvolvimento do projeto ou da fase do ciclo de vida do produto, isto é, do tipo de teste descrito anteriormente. Em qualquer tipo de teste, deve-se selecionar a configuração mais representativa operacionalmente. Nos tipos de testes I e II, os modelos matemáticos, icônicos e analógicos, geralmente, não são diretamente comparáveis com o equipamento operacional, mas nos tipos subsequentes, os testes deverão ser executados no instante em que a configuração, a mais representativa do ciclo de desenvolvimento, é obtida.

b) Procedimento de teste e avaliação. Especialmente nos testes do tipo III em diante, o procedimento dos objetivos de teste é feito com a realização de tarefas de operação e manutenção, que devem ser executadas segundo procedimentos aprovados. Estes procedimentos são, geralmente, apresentados na forma de manuais de operação e manutenção, que deverão ser elaborados já na fase final do projeto detalhado. Assim, já concluída a construção do protótipo, este pode ser testado segundo procedimentos aprovados, caso contrário, pode haver falhas induzidas pela não operação e manutenção apropriadas.

c) Seleção do local de teste. Um ou mais locais de teste devem ser escolhidos dependendo das diferentes condições onde o equipamento irá operar, isto é, em diferentes ambientes de temperatura, umidade, altitude, declividade de terreno, ambientes corrosivos e abrasivos. Da mesma forma, deve-se testar em diferentes condições de mercado e consumidor.

d) Seleção e treinamento do pessoal de teste. O pessoal de teste inclui aqueles que irão efetuar a operação, manutenção, registro de dados, análise, apoio e administração

durante o teste. No caso da operação e manutenção no teste, o pessoal deverá ter formação e habilidades similares a do pessoal do usuário ou consumidor.

e) Infraestrutura de teste. A infraestrutura necessária (câmara de teste, equipamento de teste e apoio, controle de ambientes, instrumentação especial e recursos associados como calor, água, ar condicionado, gás, telefone, potência e luz) deve ser identificada e programada. Em muitos casos, novos projetos e construções são requeridos, o que afeta a programação e a duração do período de preparação do teste. Uma detalhada descrição da infraestrutura e seu lay-out deve ser incluída no documento de plano de teste e nos subsequentes relatórios de teste.

f) Equipamento de teste e apoio. Os requisitos dos equipamentos de teste e apoio devem ser considerados, inicialmente, quando definidas as concepções de manutenção e apoio logístico, por exemplo. Estes equipamentos já devem estar disponíveis quando da realização dos testes do tipo III em diante. Se tais equipamentos não estão disponíveis, devem ser identificados no plano de teste. O uso de equipamentos alternativos, geralmente distorce os resultados de teste, induz a falha e, em certos casos força a mudança nos procedimentos de teste e na infraestrutura necessária.

g) Apoio logístico de teste. No plano e na preparação do teste, devem ser previstos os seguintes aspectos: peças de reposição, de reparo e de consumo do equipamento a ser testado, do equipamento de teste e de apoio logístico; requisitos de espaço, de localização e de condicionamento de ambiente para o armazenamento de peças de reposição, de reparo e de consumo; requisitos de pessoal para atividades de apoio logístico, como abastecimento, recepção, expedição, administração e controle de estoque, embarque e descarte de materiais e, finalmente, requisi-

tos de dados técnicos relativos ao apoio logístico que inclui dados de abastecimento, catálogos, listas de materiais, relatórios de recepção, de expedição e de descarte de materiais.

Realização do teste

Com o plano a preparação concluídos, o próximo passo é o início formal do teste e demonstração do equipamento, o que requer a operação e o apoio na forma pré-estabelecida no plano de teste. É necessário, geralmente, orientar a equipe de teste, no que se refere aos objetivos e aos métodos de teste a serem seguidos, e não somente entregar o plano de teste. Os procedimentos de teste são planos pré-estabelecidos de operação e coleta de dados e o testador não deverá desviar deste plano de forma arbitrária; no entanto, isto não impede que modificações inteligentes sejam adotadas quando novas circunstâncias surgirem. Problemas inesperados ou resultados bem diferentes dos esperados podem ocorrer e mudanças poderão ser necessárias, mas a decisão de tais modificações deve ser tomada pelo coordenador ou requisitante do teste. Assim, é importante que o coordenador ou requisitante esteja presente, ao menos no início ou nas fases mais críticas do teste.

Uma vez iniciado o teste, o que se procura é obter informação sobre o verdadeiro desempenho e eficiência do equipamento em desenvolvimento, sobre o apoio logístico e observar se os requisitos inicialmente especificados são alcançados, isto é, obter dados para avaliar ou verificar os seguintes aspectos:

a) Fatores gerais de operação e apoio: cenários operacionais; fatores de desempenho, capacidade, campo, precisão, tamanho, peso, mobilidade, etc; utilização do equipamento,

modo e horas de operação, eficiência do sistema, disponibilidade operacional, confiabilidade, manutenibilidade, fatores humanos, segurança; níveis de complexidade e localização geográfica de manutenção; funções de operação e manutenção por nível e localização; política de reparos por nível e frequência de ações de manutenção e tempos de reparo.

b) Equipamento de teste e de apoio: tipo e quantidade de equipamento, por nível e localização de manutenção; disponibilidade de equipamento; utilização do equipamento, sua frequência, localização flexibilidade de uso e requisitos de manutenção do equipamento de teste e apoio.

c) Suprimento de peças de reposição e reparo: tipos e quantidade por nível e localização de manutenção; resposta de suprimento; razão de suprimento e desgaste; política de estoques, níveis, suprimento de peças de reparos e de reposição.

d) Pessoal e treinamento: quantidade e habilidade do pessoal por nível e localização; política de treinamento; equipamento e material de treinamento.

e) Transporte e manipulação: tipo, quantidade e taxa de utilização do equipamento de transporte e de manipulação, tanto para o equipamento propriamente dito como para a atividade de manutenção e tempo de entrega.

f) Infraestrutura: sua adequação e utilização para operação, manutenção, apoio logístico e treinamento.

g) Informações técnicas: nível, precisão, métodos de apresentação das informações em manuais de operação e manutenção.

h) Resposta do consumidor: atendimento das necessidades e grau de satisfação do consumidor.

Outro aspecto importante do teste é a confecção do relatório para o qual se recomenda um formato adequado:

a) Parte inicial: página de título e aprovações; sumário; lista de tabelas e lista de ilustrações;

b) Resumo: declaração do que o teste pretende realizar; breve declaração das condições de teste e e principais conclusões alcançadas;

c) Fundamentos ou introdução

d) Descrição do teste: artigo ou item de teste; infraestrutura e equipamento usado; descrição do método de teste; instrumentação e medidas; resultados de teste; análise e discussão dos resultados; conclusões e recomendações;

e) Apêndices: tabelas detalhadas de dados; análise especializada, métodos de cálculos e procedimentos de teste, se estes são significantes para os métodos e resultados de teste e

f) Referências ou bibliografias.

Seleção de laboratórios de teste independentes

A realização do teste do produto em uma instituição ou laboratório independente é conveniente pelas seguintes razões. O teste de qualificação, geralmente, exige uma equipe interdisciplinar, uma ampla gama de equipamentos e uma infraestrutura de teste. Estes recursos são muito dispendiosos e inviáveis

para empresas de menor porte. Em segundo lugar, os resultados de testes realizados em laboratórios independentes conceituados inspiram maior confiança ao consumidor.

Assim, para o fabricante que pretende utilizar-se dos recursos de um laboratório independente, são importantes dois aspectos: saber solicitar um teste e escolher adequadamente o laboratório mais apropriado.

Como orientação para o conteúdo de uma solicitação de testes tem-se: objetivo do teste; abrangência do teste e uso pretendido dos resultados; descrição do item a ser testado; condições de operação e ambientais que deverão ser aplicadas ou simuladas; número de testes ou ciclos e número de itens a serem testados; duração ou regime do ciclo de teste; dados específicos requeridos; precisão dos resultados; número de pontos a serem medidos em condições especiais ou críticas; critérios de aceitação e definição de condições especiais, limitações ou aspectos críticos a serem considerados no teste.

Para a seleção do laboratório de teste, recomenda-se considerar os seguintes aspectos:

a) Quanto ao laboratório de teste: ter uma ampla gama de capacidade (aquele que afirma que pode fazer tudo deve ser observado com reservas); ser capaz de dar apoio no planejamento do teste e sugerir melhorias no projeto do produto; não deixar dúvidas quanto à objetividade e imparcialidade; ter condições de garantir a integridade da propriedade industrial; dispor de equipamentos e instrumentos modernos e precisos; apresentar interesse pessoal nos requisitos de teste do cliente; oferecer relatório completo de todos os testes; apresentar continuidade de suas funções, para garantir experiência; dispor de uma biblioteca atualizada e estar localizado de forma a garantir fácil acesso.

b) Quanto à equipe técnica: ser formalmente graduada e pós-graduada; ser especializada em testes; ter consciência de custos e sensibilidade para propor formas de minimizar as despesas, sem prejuízo da qualidade dos ensaios; ser competente na interpretação de especificações e ter experiência no planejamento de testes.

c) Quanto ao pagamento dos testes: na cotação de preços são considerados: mão-de-obra, carga de máquinas, custo de dispositivos de teste, instrumentação, material de consumo e cópias de relatórios; testes com alto conteúdo de mão-de-obra, geralmente, custam mais do que aqueles dependentes de equipamentos; dispositivos de teste e fixação afetam largamente os custos de teste, assim, para reduzir estas despesas, convém escolher laboratórios maiores, que, normalmente, dispõem de mais dispositivos de múltiplas funções ou universais; havendo necessidade de construção de dispositivos, convém, à empresa, assumir essa tarefa, principalmente quando dispõe de capacidade ociosa para tal; testes integrados ou programados consecutivamente são, geralmente, cotados a preços menores do que testes individuais e, finalmente, os preços podem ser reduzidos quando a empresa discute com o laboratório os requisitos de teste.

d) Quanto ao esperado pelo pagamento efetivado: uma pronta resposta à solicitação; acesso à equipe técnica para discutir aspectos dos testes; execução dos testes dentro dos prazos requeridos, mesmo que haja necessidade de horas ou dias extras de trabalho; flexibilidade e adaptação aos requisitos da empresa; atenção meticulosa nos detalhes do teste; assistência na reformulação do projeto, quando necessário, e um documento completo, preciso, bem redigido e de apresentação apropriada.

Conclusão

Seguindo a metodologia apresentada no presente trabalho, o projetista tem, desde o início de sua atividade, uma visão do que deve ser alcançado e avaliado, pode promover uma considerável redução dos custos de teste (normalmente elevados) e, como principal resultado, projetar um produto de boa qualidade.

Referência bibliográfica

- [1] ASME RESEARCH. Design Theory and Methodology - A New Discipline. Mechanical Engineering: p.23.27 August, 1986.
- [2] BACK, N. Metodologia de projeto de produtos industriais. Editora Guanabara Dois, 1983.
- [3] BLANCHARD, B.S and FABRYCKY, W.J. Systems engineering and analysis. Prentice-hall, 1981.
- [4] BURGESS, J.A. Design assurance for engineers and managers. Marcel Dekker Inc., 1984.
- [5] KIRKHAM, R.L. Product Testing: Setting Measurable Objectives is the Key to Success. Machine Design, p.120-122. November 10, 1987.
- [6] SAUNDERS, A. A Designer's Guide to Improving Product Quality. Machine Design, p. 97-101. August 22, 1985.
- [7] TRACY, D.H. How to Evaluate a New Product. Machine Design. p. 132-135. November 12, 1987.