

Aplicação de uma metodologia singular para o desenvolvimento de um produto inovador

Carlos Fernando Jung (EP/FACCAT, PPGEP/UFRGS)

Carla S. ten Caten (PPGEP/UFRGS)

Resumo

Este artigo apresenta os resultados do desenvolvimento de um produto inovador que teve por idéia inicial um conjunto de necessidades constatadas através de observações participantes em atividades de reportagem externa, em emissoras de radiodifusão sonora. O enriquecimento das informações e a definição do problema foram possíveis pela discussão com usuários de equipamentos de medições que forneceram dados e sugestões para a solução de suas dificuldades. O equipamento desenvolvido é aplicado à sistemas de transmissão e recepção de sinais de áudio por linhas físicas, na área de radiodifusão sonora, mas, devido a sua característica multifuncional, encontra aplicabilidade em todo e qualquer setor que emprega equipamentos de áudio.

Palavras chave: Inovação, metodologia, desenvolvimento de produto.

1 Introdução

O sucesso de uma empresa está diretamente associado a sua capacidade de introduzir novos produtos. Um produto, por sua vez, será tão mais competitivo quanto for seu diferencial em relação aos seus concorrentes no que diz respeito ao atendimento das necessidades do usuário, qualidade e recursos inovadores (ULRICH e EPPINGER, 2000).

Este artigo descreve o desenvolvimento de um produto inovador destinado a ensaios metrológicos na área de radiodifusão sonora. O produto desenvolvido é aplicado a sistemas de transmissão e recepção de áudio por linhas físicas. A demanda foi identificada a partir de observações participantes realizadas em seis emissoras de radiodifusão sonora. Foi constatada a necessidade de ser desenvolvido um novo produto com recursos multifuncionais, até então inexistentes em equipamentos similares encontrados no mercado.

O desenvolvimento foi realizado a partir de uma nova proposta de metodologia singular. Essa metodologia foi elaborada pela interação dos princípios e conceitos metodológicos de Bonsiepe (1978), Pahl e Beitz (1995) e, dados empíricos obtidos por experiências projetuais na área industrial eletro-eletrônica no período de 1980 a 2000. A importância da utilização de experiências projetuais é ressaltada por Bonsiepe (1986) quando diz que se pode conhecer as matrizes de geração sistemática de variantes, porém a riqueza das propostas básicas depende da experiência do projetista. Esse autor afirma que a capacidade de criar novos conceitos básicos depende em grande parte do que se chama consciência de projeto, em sentido crítico e um agudo sentido de observação.

2 Problematização

A observação participante em atividades para descobrir uma necessidade é sugerida por Romano e Fagundes (1998) quando afirmam que o descobrimento de uma necessidade pode ocorrer no momento em que se registra uma situação em forma de insatisfação num grupo ou numa coletividade.

Assim, foram realizadas observações participantes durante atividades de reportagem externa de eventos em seis emissoras de radiodifusão sonora, durante seis meses. As observações feitas resultaram na identificação de inadequações e carências dos equipamentos metrológicos utilizados por técnicos de manutenção. A reportagem externa caracteriza-se pela aquisição de material jornalístico diretamente em eventos esportivos, shows e locais de catástrofes, e o repasse simultâneo à emissora para veiculação direta ou indireta na programação. Esse tipo de reportagem é realizada por um repórter jornalístico ou esportivo. A atividade de reportagem externa requer um conjunto de equipamentos móveis capazes de gerar, gravar, processar e transmitir os sinais de áudio através de meios físicos aos estúdios de uma emissora de radiodifusão.

As condições técnicas de instalação e a qualidade dos parâmetros distribuídos (indutância, capacitância e resistência) existentes nas linhas físicas, em função dos locais onde estão implantadas, tornam a solução de problemas emergentes complexa. Segundo Bezerra Filho (1999) devem ser tomadas diversas medidas, com o objetivo de se levantar os parâmetros das linhas usadas visando determinar se atendem as especificações exigidas. Esse autor refere que as principais medidas a serem executadas são: (i) índice de atenuação; (ii)

resposta de frequência; (iii) nível de inter-modulação; (iv) perda de retorno; (v) nível de ruído ponderado; e (vi) resistência de isolamento. A atividade metrológica exige das empresas concessionárias de serviços telefônicos um importante investimento em equipamentos de teste e pessoal técnico especializado. Ressalta-se que estas medições devem ser efetuadas preventivamente, disponibilizando a emissora de radiodifusão uma linha sempre com qualidade assegurada.

Habitualmente, os técnicos de emissoras de radiodifusão realizam medições para verificar a qualidade de uma linha física anteriormente as atividades de transmissão de um evento e, se for constatado algum problema são solicitadas providências à empresa concessionária do serviço telefônico. As medições são executadas tanto no estúdio (local onde é recebido o áudio proveniente do evento externo) como no local do evento.

Foi constatado, a partir das observações realizadas, que os recursos técnicos oferecidos pelos equipamentos utilizados não eram suficientes e adequados aos ensaios metrológicos, ocasionando uma redução na eficiência operacional. A percepção do problema gerou a idéia de ser desenvolvido um novo produto que tivesse por finalidade realizar ensaios metrológicos em linhas físicas de transmissão e recepção de áudio, integrando funções distintas, ou seja, medir, gerar, monitorar e enviar sinais de áudio, e que fosse adequado ao contexto produtivo.

Também foi possível verificar que a aquisição no mercado destes equipamentos de medida é realizada pelo proprietário da emissora de radiodifusão, mas a sugestão do modelo e características técnicas do produto é feita pelo técnico. Desta forma, a adequação do produto está relacionada ao atendimento das necessidades operacionais dos técnicos de manutenção, e aos recursos necessários à mensuração das características da qualidade das linhas físicas.

2.1 Requisitos básicos do produto

As necessidades e desejos relatados pelos usuários foram considerados como ponto de partida para a formulação dos requisitos básicos do produto. Esta proposição é fundamentada no conceito de “usabilidade” referido por Hiratsuka (1996) que considera usabilidade como um conjunto de características orientadas pelo usuário, sugerindo a necessária adequação dos produtos ao uso. Na seqüência, foram hierarquizados os requisitos para posterior análise e o estabelecimento do problema projetual. Na Figura 1 é apresentada a seqüência de ações utilizada para a determinação dos requisitos básicos do produto.

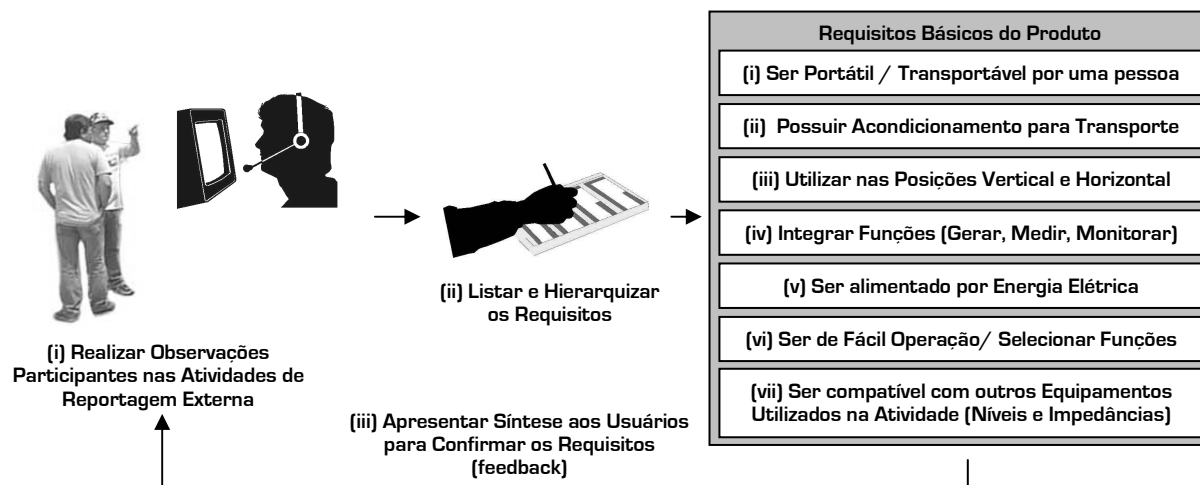


Figura 1: Seqüência de ações para determinação dos requisitos básicos do produto

3 Análise

Após serem determinados os requisitos básicos do produto, foram realizadas diversas análises em produtos similares encontrados no mercado. Para a análise dos produtos utilizou-se o que propõe a metodologia de Bonsiepe (1978; 1984). As análises de produto fornecem, por meio de técnicas, subsídios à problemática projetual através da busca de informações que serão relevantes à formulação de requisitos diferenciais para o novo produto. Como referência, foram analisados dois equipamentos similares, *Áudio Tester's*, produzidos pelas empresas HEWLETT PACKARD INC. e LEADER ELECTRONICS INC.

3.1 Análise em relação ao uso

A análise consistiu em uma verificação sistemática dos detalhes construtivos com a finalidade de se detectar pontos negativos e criticáveis nos produtos similares, úteis à formulação adequada dos requisitos do projeto evitando a repetição de detalhes problemáticos. Foram estudadas, a partir de diversas situações em campo, as formas de utilização desses produtos em relação a transportabilidade, acondicionamento, posicionamento para operação, e acessibilidade.

3.2 Análise diacrônica do desenvolvimento histórico

A análise teve por objetivo entender como foram desenvolvidos ao longo do tempo os equipamentos similares em relação: (i) as tecnologias empregadas; (ii) aos recursos disponíveis; (iii) aos materiais utilizados; e (iv) ao design. Foram analisados dois modelos de equipamentos, um de cada empresa. Esses produtos representam um intervalo de tempo de 20 anos desde a primeira concepção (modelo produzido pela Hewlett Packard Inc.) até a mais atual (modelo produzido pela Leader Electronics Inc.). A análise permitiu conhecer a evolução tecnológica dos equipamentos similares, e evitou que fossem propostos recursos para o novo produto já anteriormente existentes, que atualmente não representariam um diferencial competitivo.

3.3 Análise sincrônica

Esta análise teve por finalidade conhecer a posição do produto similar atualmente encontrado no mercado (modelo produzido pela Leader Electronics Inc.). Através do conhecimento dos preços dos equipamentos se pode ter noção do investimento que o usuário necessita fazer para a execução dos ensaios metrológicos. O valor do investimento revelou a posição mercadológica do produto similar atual e, estabeleceu um parâmetro real que serviu de base para uma estimativa do preço do produto a ser projetado e a conseqüente viabilidade econômica.

3.4 Análise estrutural

O produto similar produzido pela Leader Electronics Inc. é composto por dois tipos de instrumentos, um voltímetro eletrônico analógico com dois canais e um gerador de áudio. A análise estrutural viabilizou o conhecimento dos princípios de montagem e características mecânicas do produto. Constatou-se que esse produto não apresenta elementos externos em sua estrutura destinados à proteção contra impactos mecânicos.

3.5 Análise funcional

Foi possível verificar através da análise funcional as características técnico-físicas dos sistemas e subsistemas que compõe o atual produto similar, as aplicações e relações quanto ao aspecto funcional. O ponto de partida para o estudo foi a determinação dos sistemas principais que constituem o produto. Neste sentido se pode afirmar que o equipamento possui dois sistemas distintos e com funções divergentes, ou seja, medir e gerar sinais de audiofrequências. Foi verificado também que o produto não apresenta outras funções além dessas referidas.

3.6 Análise morfológica

A última análise realizada teve por objetivo conhecer a estrutura formal (concepção formal) do atual produto similar, sua composição, partindo de sua figura geométrica até a compreensão da coerência formal, ou não, da estrutura mecânica e dos elementos de controle e operação dispostos no painel frontal. A análise revelou que este produto foi concebido a partir de outros dois produtos já fabricados pela empresa: um gerador de áudio e, um voltímetro eletrônico com dois canais para medida.

3.7 Resultados das análises

Através da organização sistemática dos requisitos sugeridos pelos usuários em comparação com os dados obtidos pela aplicação do processo analítico, onde foram estudados os aspectos de usabilidade, evolutivos, de mercado, construtivos, estruturais, funcionais e morfológicos, foi possível realizar uma verificação comparativa.

A análise comparativa revelou a inexistência do recurso para monitorar sinais. Essa constatação sugeriu o suprimento desta necessidade pelo novo produto. As análises sugeriram também a oferta de uma nova função: a de enviar sinais. Essas novas funções representam recursos adicionais e uma inovação em relação ao produto similar. Após a verificação comparativa, foi formulada uma lista de requisitos básicos e requisitos diferenciais que serviu como instrumento de orientação para estruturação do processo projetual.

4 Estruturação

A finalidade da estruturação do projeto é ordenar os requerimentos, segundo afinidades, facilitando a execução. A estrutura do projeto foi dividida em duas etapas, a de base eletrônica e a de mecânica. Na Figura 2 é apresentada a estrutura projetual onde são demonstradas as etapas que foram executadas para a obtenção do conceito do produto e a documentação detalhada para a construção do protótipo.

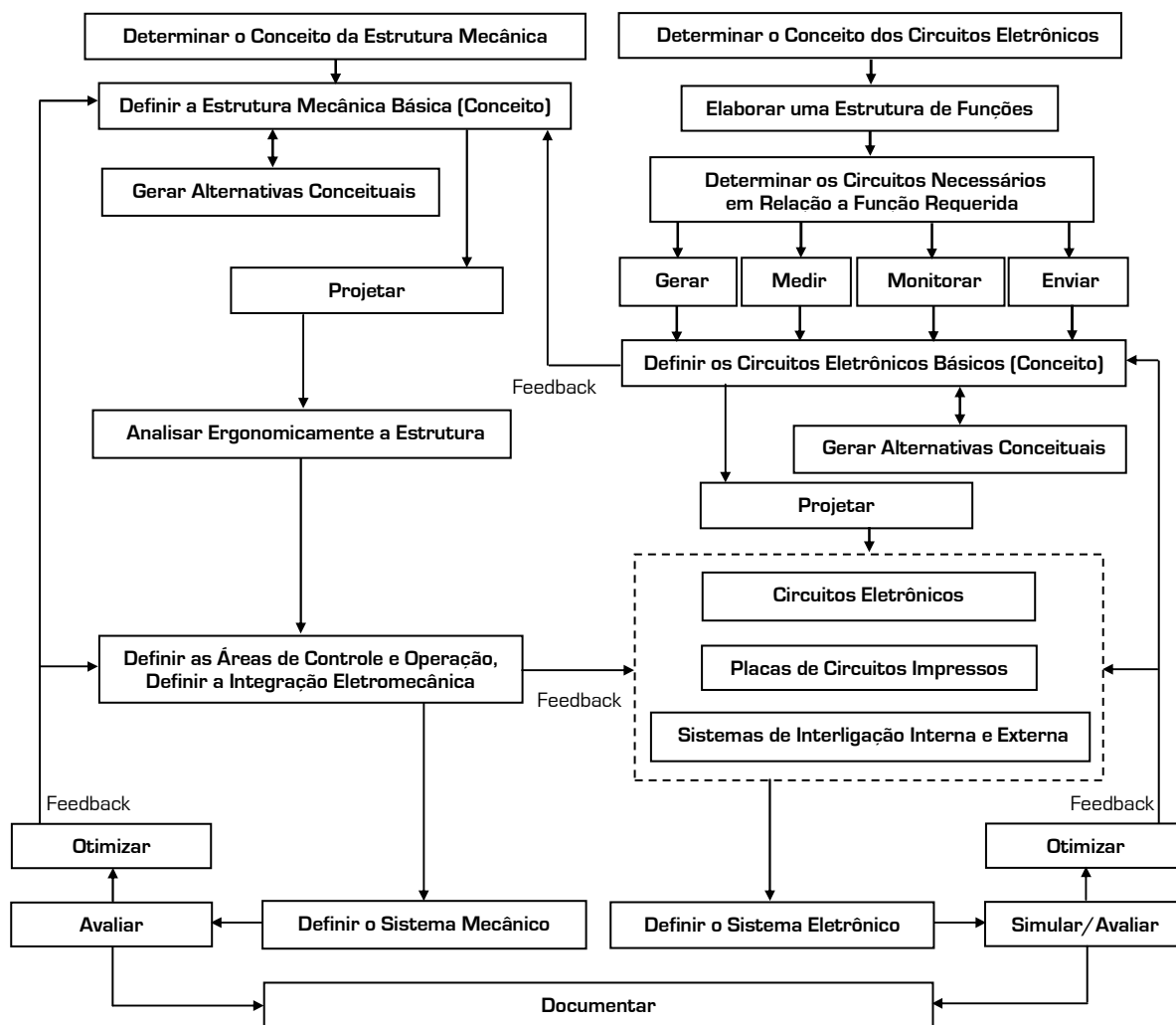


Figura 2: Estrutura projetual para obtenção do conceito e documentação para construção do protótipo

5 Descrição do conceito

O novo produto é composto por um circuito oscilador com forma de onda senoidal que gera sinais dentro da faixa de áudiofrequências; dois circuitos independentes de medida para corrente alternada possuindo um seletor de escalas com as seguintes faixas para medida: 100uV a 1mV, 1mV a 10mV, 10mV a 100mV, e 100mV a 1V. Os instrumentos para medida, das tensões alternadas, tem a forma retangular. O sistema de indicação dos valores é por meio analógico com um ponteiro que indicará os valores mensurados, sendo o produto composto por dois destes instrumentos para medidas independentes.

O módulo para monitoração auditiva de sinais é composto por um amplificador de áudio e proporciona a audição por meio de um alto-falante interno instalado no painel frontal do equipamento. Esse módulo também possui duas saídas externas adicionais para a conexão de dois fones de ouvido.

O envio de sinais de áudio pelas linhas físicas é realizado pela pré-amplificação do sinal de um microfone externo, a ser conectado ao equipamento, como também foi incluída uma entrada adicional para conexão de outros equipamentos, por exemplo, um console de áudio. A estrutura mecânica do produto possui uma concepção em forma retangular, revestida de material sintético para um satisfatório acondicionamento e proteção contra agentes naturais. O componente escolhido para a suspensão e portabilidade do equipamento foi a colocação de uma alça superior e a instalação de alças laterais para a utilização de uma cinta. Os seletores a serem utilizados para os circuitos eletrônicos são do tipo rotativo eletromecânico.

6 Projeto

A partir da definição do conceito do produto, foi realizado o projeto que determinou os parâmetros dos sistemas mecânico e eletrônico, e gerada a documentação para a construção do protótipo. Ressalta-se que durante a fase projetual se deve ter uma visão integrada dos sistemas eletrônico e mecânico, ou seja, toda ação que determine algum detalhe de construção mecânica deve necessariamente ser proveniente de uma conformidade com o sistema eletrônico e funções eletromecânicas externas que o controlam, e vice-versa. A “interação dos sistemas”: este é o princípio básico que determina a diferença dos projetos puramente mecânicos dos eletrônicos.

6.1 Projeto eletrônico

Um produto eletrônico é resultante de fases projetuais e processos de fabricação que se inter-relacionam, ou seja, o projeto e os processos apesar de serem basicamente lineares em determinadas ocasiões podem assumir um caráter circular. Esta peculiaridade se deve ao fato de um circuito eletrônico estar sujeito a alterações em função do resultado final do sistema. Fatores como a capacitância, indutância e resistência distribuída no sistema, seja pela fiação de interligação; ou por indução pela proximidade de elementos eletromecânicos e eletromagnéticos aos circuitos eletrônicos podem determinar o seu reprojeto. Em determinados casos, posterior a montagem e interligação dos circuitos com seus componentes externos, para controle e operação, por exemplo: potenciômetros, chaves e instrumentos de medida o ajuste desses circuitos são necessários através da inclusão de componentes externos ou, até mesmo, pela reformulação da placa de circuito impresso.

A partir da obtenção do conceito dos circuitos eletrônicos necessários para o atendimento das funções, foi escolhida a tecnologia mais adequada para a elaboração dos circuitos. A escolha da tecnologia está diretamente relacionada ao tipo de semiconductor a ser utilizado para o funcionamento dos circuitos. Para Gruiter (1988) o amplificador operacional é certamente um dos circuitos integrados de aplicações lineares mais usados e mais versáteis da atualidade. Atualmente, o componente é empregado em diversas aplicações lineares ou não lineares na engenharia eletrônica, mas principalmente em sistemas de controle e regulação, instrumentação, processamento e geração de sinais. Definiu-se a utilização da tecnologia de circuitos integrados em função da possibilidade de serem projetados circuitos com dimensões reduzidas e, pela disponibilidade de uma grande variedade destes componentes no mercado.

Foi realizado um estudo que levou em consideração os tipos de circuitos mais adequados para atender as funções eletrônicas necessárias. Foram pesquisados os parâmetros técnicos, a praticidade e compatibilidade de semicondutores a partir dos conceitos de Connor (1978), Boylestad e Nashelsky (1984), Gruiter (1988), Cipelli e Sandrini (1994), e Danilow e Celestino (1995). Após esse estudo foram projetados, simulados e avaliados os circuitos teóricos para posteriormente serem materializados através da montagem dos componentes semicondutores em placas de circuitos impressos, e interligados por um processo de soldagem (Veja a Figura 3).

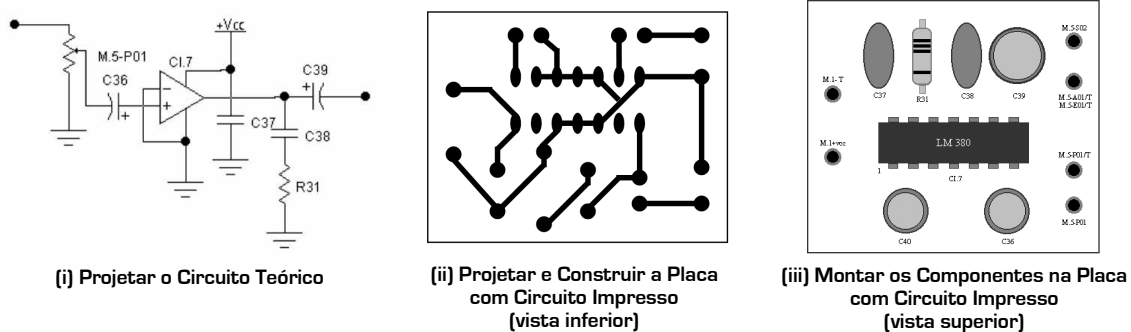


Figura 3: Seqüência para obtenção de um circuito eletrônico fisicamente utilizável

6.2 Projeto mecânico

Nesta fase foi realizado o projeto que determinou o sistema mecânico do produto. A estrutura mecânica tem por finalidade acondicionar os circuitos eletrônicos, e também propiciar condições adequadas aos meios de controle e informação para operação do equipamento. A partir dessa necessidade é que foi analisada a estrutura conceitual obtida sob o ponto de vista ergonômico e, proposta a estrutura mecânica do produto.

A intervenção ergonômica visa a obtenção de condições adequadas para a relação ou interface homem e máquina, ou seja, a adequação da máquina às capacidades naturais do homem pelo projeto e organização estrutural do sistema (FIALHO E SANTOS, 1995). O estudo foi dividido em três fases: análise da demanda, análise da tarefa e análise das atividades. Tais fases obedeceram a um cronograma seqüencial tendo por resultado uma lista de requisitos a partir de recomendações ergonômicas.

O estudo permitiu compreender a natureza e as peculiaridades das situações operacionais a que os usuários estão sujeitos, e propor uma estrutura mecânica simplificada e adequada ao uso (Veja a Figura 4). O projeto mecânico ficou restrito a concepção do painel frontal do equipamento. A estrutura para acondicionar os circuitos e ser instalado o painel frontal pode ser adquirida no mercado, e é denominada de “case”.

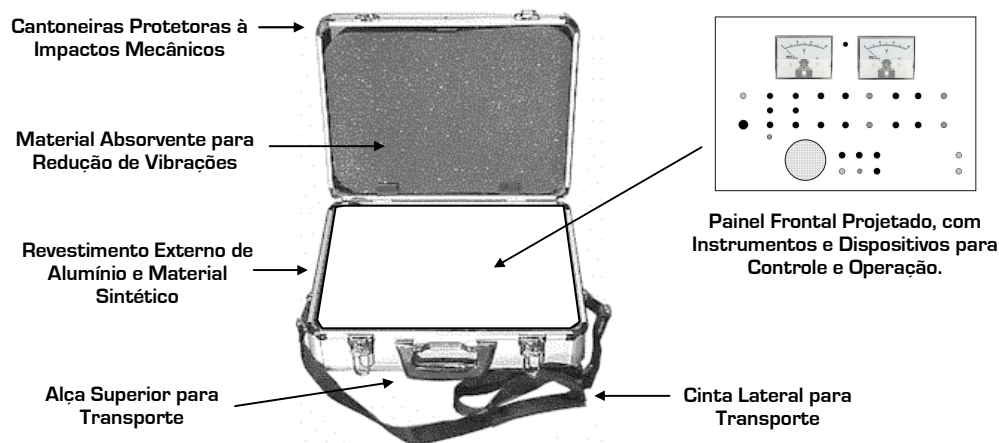


Figura 4: Aspecto formal e características de usabilidade do produto desenvolvido

7 Prototipagem

A construção do protótipo foi realizada pela montagem e integração de todos os sistemas envolvidos, ou seja, eletrônico, mecânico e elétrico. Essa etapa foi essencialmente prática e constituída por três fases: (i) construção e montagem das placas de circuitos impressos; (ii) construção do painel frontal e adaptação da estrutura mecânica; e (iii) montagem e interligação eletro-mecânica dos componentes.

8 Verificação

Back (1983) afirma que com tantas possibilidades de erros é difícil acreditar que os resultados sejam corretos, portanto a necessidade de verificar é vital para os projetos. Uma revisão bem elaborada de um projeto pode oferecer uma série de vantagens como: (i) mostra o quanto o projeto atende aos requisitos do cliente; (ii) fornece informações sobre custos e potencial de lucro; e (iii) fornece dados sobre o desempenho e confiabilidade do produto.

Em relação a verificação sobre os custos e o potencial lucro considera-se prematura uma estimativa para fins industriais. Bonsiepe (1986, p. 118) afirma que “o que deve-se avaliar é um resultado em relação aos custos”. Essa referência propõe que a verificação do custo seja realizada após uma avaliação da aceitabilidade do produto pelos clientes. A formulação do custo do produto deve encontrar subsídios após a aplicação de um teste de usabilidade no mercado. Moço (1996) refere que esta técnica implica em pessoas reais tentando fazer tarefas reais com um sistema real. O teste de usabilidade é um processo formal que emprega a interação do usuário com o produto e pode ser utilizado no processo de testes de eficácia como estratégia de *marketing*. Os *feedbacks*

recebidos dos usuários poderão determinar uma otimização do projeto, reduzindo os custos de produção e, conseqüentemente, o preço de venda do produto no mercado.

Assim, foi proposta apenas uma revisão projetual que consistiu no ensaio e avaliação dos módulos eletrônicos do equipamento para se determinar o desempenho e a confiabilidade do produto.

Os módulos verificados foram: (i) M.2 – Voltímetro eletrônico (Função Medir); (ii) M.3 – Gerador de áudio (Função Gerar); (iii) M.4 – Amplificador de áudio (Função Enviar); e (iv) M.5 – Amplificador de áudio (Função Monitorar). No Quadro 1 são apresentados os dados da verificação realizada em laboratório.

Quadro 1: Dados da verificação das características técnicas dos módulos do produto desenvolvido

MÓDULOS VERIFICADOS: M.2, M.3, M.4, M.5	DATA: 03.04.2006	HORÁRIO: 14:00 – 18:00 HORAS	VERIFICAÇÃO Nº 001
RESULTADOS OBTIDOS			
MÓDULO M.2 /MEDIR	MÓDULO M.3 /GERAR	MÓDULO M.4 /ENVIAR	MÓDULO M.5 /MONITORAR
Faixa de Medida / Precisão: 100 μ V a 1 mV = 2,4 % 1 mV a 10 mV = 2,1 % 10 mV a 100 mV = 2,1 % 100 mV a 1 V = 2,3 %	Faixa de Freq. / Precisão: 10 Hz a 100 Hz = 1,52 % 100 Hz a 1 KHz = 1,5 % 1 KHz a 10 KHz = 1,51 % 10 KHz a 100 KHz = 1,52 %	Resposta de Freqüências: 30 Hz a 20 KHz Variação Máxima = 1 dB	Resposta de Freqüências: 30 Hz a 20 KHz Variação Máxima = 1 dB
Impedância de Entrada: 1 M Ohm	Impedância de Saída: 600 Ohms	Impedância de Entrada: Microfone = 600 Ohms Auxiliar = 600 Ohms	Impedância de Entrada: 600 Ohms
Faixa de Medida: -80 a +22 dBm	Nível de Saída: 0 a + 6,05 dBm	Nível de Entrada: Microfone = -53 a -25 dBm Auxiliar = -20 a +5 dBm	Nível de Entrada: -20 a +10 dBm
Resposta de Freqüência: 10 Hz a 1 MHz	Resposta de Freqüência: 10 Hz a 100 KHz	Nível de Saída: +10,54 dbm Max./ 600 Ohms	Potência de Saída: Fones = 115 mW / 4 Ω Alto-Falante = 575 mW / 4 Ω Int. Sonora = 70 dB(A) a 50cm
Distorção Harmônica: Ref. 1 KHz = 0,15 %	Distorção Harmônica: Ref. 1 KHz = 0,1 %	Distorção Harmônica: Ref. 1 KHz = 0,42 %	Distorção Harmônica: Ref. 1 KHz = 0,37 %
Relação Sinal / Ruído: -77 dB	Relação Sinal / Ruído: -78 dB	Relação Sinal / Ruído: Entrada Mic. = -62 dB Entrada Aux. = -75 dB	Relação Sinal / Ruído: -76 dB
DADOS ADICIONAIS DA VERIFICAÇÃO			
Tensão de Alimentação: Módulo M.1 +12,15 VCC e -12,18 VCC	Tensão de Alimentação: Módulo M.1 +12,15 VCC e -12,18 VCC	Tensão de Alimentação: Módulo M.1 +12,15 Volts CC	Tensão de Alimentação: Módulo M.1 +12,15 Volts CC
Corrente: Módulo M.1 3,68 mA CC	Corrente: Módulo M.1 8,68 mA CC	Corrente: Módulo M.1 6,87 mA CC	Corrente: Módulo M.1 147,2 mA CC
Temperatura Ambiente Controlada 20°C	Umidade Relativa do Ar 60%	Tensão AC de Entrada 238,2 Volts	Tensão AC de Entrada Controlada 220,3 Volts

9 Conclusões

Este artigo apresentou o desenvolvimento de um produto inovador destinado a ensaios metrológicos na área de radiodifusão sonora. O produto desenvolvido é aplicado a sistemas de transmissão e recepção de áudio por linhas físicas. A demanda foi identificada a partir de observações participantes realizadas em seis emissoras de radiodifusão sonora, durante seis meses, em atividades de reportagens externas.

O equipamento desenvolvido é aplicado à sistemas de transmissão e recepção de sinais de áudio por linhas físicas, em emissoras de radiodifusão sonora, mas, devido a sua característica multifuncional, encontra aplicabilidade em todo e qualquer setor que emprega equipamentos de áudio.

As análises realizadas possibilitaram o surgimento da idéia de oferecer um recurso adicional no equipamento que o tornou inovador. A inovação disponibilizada possibilita que o equipamento seja utilizado como meio de manutenção emergencial em sistemas de reportagens externas no caso de danificação de um dos equipamentos principais de envio (no local remoto) ou recebimento de sinais (no estúdio da emissora). Essa função adicional representa um valor agregado em qualidade e um importante atrativo comercial.

A verificação projetual realizada comprovou que as características técnicas dos circuitos eletrônicos projetados são satisfatórias para as atividades previstas. Os requisitos orientados pelos usuários foram totalmente atendidos resultando em um produto adequado ao uso.

O protótipo desenvolvido deve necessariamente passar por um processo de avaliação operacional por parte dos futuros usuários. Esta verificação é fundamental para se reduzir custos com correções e modificações após o produto ser lançado no mercado. Considera-se o teste de usabilidade como um meio eficiente que tem por princípio a interação entre o usuário e o produto desenvolvido para a identificação de possíveis problemas projetuais.

A metodologia utilizada para a determinação dos requisitos básicos e diferenciais, análises, estruturação, prototipagem e verificação mostrou-se viável para o desenvolvimento de um produto inovador, e contribui para a formação de uma sólida base de conhecimentos para a solução de problemas tecnológicos. Esse fato revela a possibilidade da utilização dessa metodologia singular para o desenvolvimento de produtos (DP) de alta complexidade tecnológica.

Referências Bibliográficas

- BACK, Nelson. 1983. Metodologia de projetos de produtos industriais. Rio de Janeiro, Guanabara Dois.
- BEZERRA FILHO, Francisco. 1999. As principais medidas em linhas telefônicas. Saber Eletrônica, nº 318.
- BONSIEPE, Gui. 1978. Teoria y práctica del diseño industrial. Barcelona, Gustavo Gili.
- BONSIEPE, Gui. 1986. Estrutura e estética do produto. Brasília, CNPq / Coordenação Editorial.
- BOYLESTAND, Robert; NASHESKY, Louis. 1984. Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos. Rio de Janeiro, Prentice Hall do Brasil.
- CIPELLI, Antônio M. V.; SANDRINI, Waldir J. 1994. Teoria e desenvolvimento de projetos de circuitos eletrônicos. São Paulo, Érica.
- CONNOR, F.R. 1978. Sinais: tópicos de introdução a eletrônica e às telecomunicações. São Paulo, Interciência.
- DANILOW, Luiz A.; CELESTINO, Pedro. 1995. Amplificadores operacionais. São Paulo, Érica.
- FIALHO, F.; SANTOS, N. 1995. Manual de análise ergonômica no trabalho. Curitiba, Gêneseis.
- GRUITER, Arthur F. de. 1988. Amplificadores operacionais: fundamentos e aplicações. São Paulo, McGraw-Hill.

HIRATSUKA, Tei P. 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Contribuições da ergonomia e do design na concepção de interfaces multimídia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

MOÇO, Sueli de Souza. 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). O uso de cenários como uma técnica de apoio para avaliações ergonômicas de softwares interativos. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

PAHL, G.; BEITZ, W. 1995. Engineering design – a systematic approach. London, Springer.

ROMANO, Fabiane V.; FAGUNDES, Sylviane B. R. 1998. Atividade projetual: a metodologia BONSIPE. Artigo - Trabalho de Conclusão da Disciplina Metodologia Projetual, Área de Concentração Projeto de Produto, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Maria.

ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. 2000. Product design and development. 2 ed. New York, McGraw-Hill.