

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**SISTEMATIZAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE PROJETO DE  
PRODUTOS UTILIZANDO GATES**

**Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina  
para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia.**

**GIL MAGNO PORTAL CHAGAS**

**Florianópolis, setembro de 2004**

**GIL MAGNO PORTAL CHAGAS**

**SISTEMATIZAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE PROJETO DE  
PRODUTOS UTILIZANDO GATES**

**Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Engenharia”, Especialidade em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.**

---

Prof. Edson Pacheco Palladini, Dr.  
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

---

Prof. Fernando Antônio Forcellini, Dr.  
Orientador

---

Prof. Cristiano Vasconcellos Ferreira, Dr.

---

Prof. Rodrigo Lima Stoeterau, Dr

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Fernando Antonio Forcellini, por ter me concedido a oportunidade de desenvolver este trabalho.

Ao Professor Osmar Possamai, pelo incentivo, orientação, atenção e apoio, que facilitou atingir esta conquista.

À UNERJ, pelo programa que possibilitou a realização deste mestrado.

À UFSC, instituição de ensino onde eu pude me aperfeiçoar na graduação e no mestrado.

A minha família, minha esposa Maria Alice e meus filhos Vinícius e Rafael.

A minha mãe, pelo exemplo de vida, conselhos, apoio e orações.

Aos meus avos, que eu tive a oportunidade de conviver e aprender que a vida é uma jornada que nos conduz a serenidade e a sapiência.

Ao amigo Marlon Vito Fontanive pelo apoio imprescindível durante a realização deste trabalho.

A todos os amigos que ajudaram, apoiaram e contribuíram para eu conseguir realizar este trabalho.

Ao criador, bondoso ser superior que nos permite novas conquistas e evoluir sempre.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	vii
LISTA DE TABELAS .....	viii
LISTA DE QUADROS .....	ix
RESUMO .....	x
ABSTRACT.....	xi
1 – INTRODUÇÃO.....	1
1.1 – Considerações Iniciais.....	1
1.2 – Objetivos.....	2
1.2.1 – Geral.....	2
1.2.2 – Específicos.....	2
1.3 – Justificativas e Resultados Esperados .....	2
1.3.1 – Justificativas.....	2
1.3.2 – Resultados Teóricos Esperados.....	3
1.3.3 – Resultados Práticos Esperados.....	3
1.4 – Delimitação do Trabalho .....	3
1.5 – Metodologia de Pesquisa.....	4
1.6 – Estrutura do Trabalho.....	4
2 – DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO: O PROCESSO DE PROJETO E AVALIAÇÃO.....	6
2.1 – Introdução.....	6
2.2 – Estrutura do Processo de Projeto – Modelo de Fases.....	6
2.2.1 – Projeto Informacional.....	11
2.2.2 – Projeto Conceitual.....	17
2.2.3 – Projeto Preliminar.....	24
2.2.4 – Projeto Detalhado.....	26
2.3 – Métodos de Avaliação.....	29
2.3.1 – Avaliação Estratégica.....	30
2.3.2 – Avaliação Gerencial.....	32
2.3.3 – Avaliação Técnica.....	33
2.3.3.1 – <i>Gates</i> .....	38
2.4 – Ferramentas da Qualidade em Projetos.....	44
2.5 – Conclusão.....	45

3 – MODELO DE AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE PROJETO.....	46
3.1 – Introdução .....	46
3.2 – Proposta de um modelo de avaliação por revisão de fases.....	46
3.2.1 – Avaliação do <i>Gate 1</i> – Projeto Informacional.....	49
3.2.2 – Avaliação do <i>Gate 2</i> – Projeto Conceitual.....	53
3.2.3 – Avaliação do <i>Gate 3</i> – Projeto Preliminar.....	56
3.2.4 – Avaliação do <i>Gate 4</i> – Projeto Detalhado.....	60
3.3 – Relatório da Avaliação por <i>Gate</i> .....	64
3.4 – Conclusão.....	65
4 – ESTUDO DE CASO.....	66
4.1 – Introdução.....	66
4.2 – Resultados da Avaliação do <i>Gate 1</i> : Projeto Informacional.....	67
4.3 – Resultados da Avaliação do <i>Gate 2</i> : Projeto Conceitual.....	71
4.4 – Resultados da Avaliação do <i>Gate 3</i> : Projeto Preliminar.....	74
4.5 – Resultados da Avaliação do <i>Gate 4</i> : Projeto Detalhado.....	78
4.6 – Considerações Finais.....	82
5 – CONCLUSÕES.....	84
5.1 – Conclusões.....	84
5.2 – Sugestões para Trabalhos Futuros.....	86
REFERÊNCIAS .....	87
ANEXO 1 - Questionários com os <i>Deliverables</i> e o Critérios para Avaliação dos <i>Gates</i> .....	91
ANEXO 2 - Formulário para Relatório de Avaliação do <i>Gate</i> .....	109
ANEXO 3 - <i>Deliverables</i> do <i>Gate 1</i> : Projeto informacional.....	110
ANEXO 4 - <i>Deliverables</i> do <i>Gate 2</i> : Projeto Conceitual .....	118
ANEXO 5 - <i>Deliverables</i> do <i>Gate 3</i> : Projeto Preliminar .....	125
ANEXO 6 - <i>Deliverables</i> do <i>Gate 4</i> : Projeto Detalhado .....	143

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Síntese Comparativa entre metodologias de projeto segundo Ogliari (1999).....	8
Figura 2 – Modelo de Consenso segundo Ogliari (1999).....	8
Figura 3 – Modelo de processo de projeto do NeDIP segundo Back e Forcellini (2003).....	10
Figura 4 – Transformações das informações dentro do projeto informacional, adaptado de Fonseca (2000).....	12
Figura 5 – Fluxograma do processo de projeto informacional, adaptado de Fonseca (2000)..	14
Figura 6 – Etapa do projeto conceitual do NeDIP, segundo Back e Forcellini (2003).....	18
Figura 7 – Representação da função global do sistema, com as propriedades de entrada/saída.....	19
Figura 8 – Matriz Morfológica.....	21
Figura.9 –Matriz de Avaliação baseada nas necessidades dos clientes.....	22
Figura.10 – Matriz de Avaliação utilizando os requisitos de projeto, adaptado de Back (1983).....	23
Figura 11 – Etapa do projeto preliminar do NeDIP, segundo Back e Forcellini (2003).....	25
Figura 12 – Entradas e resultados da fase de configuração do projeto preliminar segundo Baxter (2000).....	26
Figura 13 – Etapa do projeto detalhado segundo Back e Forcellini (2003).....	27
Figura 14 – Entradas e saídas do projeto detalhado segundo Baxter (2000).....	28
Figura 15 – Quadro Genérico de indicadores de processo de desenvolvimento de produtos segundo Silva (2001).....	31
Figura 16 – Obtenção de indicadores para medição de desempenho segundo Neely (2000)...	34
Figura 17 – Possibilidade de falhas no processo de desenvolvimento dos produtos, segundo Weber (2001).....	37
Figura 18 – Processo de Revisão de fases por <i>Gates</i> , adaptado de Cooper (1990).....	38
Figura 19 – Modelo de fases e <i>Gateway</i> , adaptado de Valeri (2000).....	40
Figura 20 – Processo de <i>Gateway</i> segundo Valeri (2000).....	42
Figura 21 – Metodologia de avaliação do processo de projeto por fases consensual.....	48
Figura 22 – Avaliação do Projeto Informacional.....	50
Figura 23 – Avaliação do Projeto Conceitual.....	54
Figura 24 – Avaliação do Projeto Preliminar.....	57

Figura 25 – Avaliação do Projeto Detalhado.....	61
Figura 26 - Máquina para corte de tecido avaliada.....	66

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Classificação resumo dos atributos do produto, segundo Fonseca (2000).....13

## RESUMO

Este estudo se propõe a apresentar um modelo para a avaliação técnica do processo de projeto de produto. A partir da sistematização do modelo aplicado em um estudo de caso, resultados referentes à sua viabilidade foram visualizados. Identificaram-se problemas em cada fase e, com isso, a possibilidade de correção dos mesmos no momento apropriado, evitando a continuidade de projetos que apresentem falhas e impossibilidade de atender às necessidades dos clientes.

Realizou-se uma revisão bibliográfica, na qual foi apresentado o modelo de projeto por fases consensual, que serviu de referência para a sistematização da avaliação. Foram mostradas as diferentes dimensões da avaliação do projeto e verificado que existem algumas ferramentas para avaliação de uma atividade específica, além de métodos que avaliam o desenvolvimento do produto de forma abrangente, porém de forma genérica e superficial.

Utilizou-se a lógica de avaliação por *Gates*, para avaliar cada fase do processo de projeto consensual, definindo os critérios de avaliação de cada fase e os itens que serão avaliados. A primeira fase do modelo de projetos por fase consensual, denominada de projeto informacional, foi avaliada segundo critérios de completeza, validade, operacionalidade, não redundância, concisão e praticabilidade. As demais fases do projeto, por sua vez, seguiram os critérios de completeza, conformidade quanto às especificações do projeto informacional e utilização das ferramentas de projetos, e custos.

O resultado obtido apresenta um modelo de avaliação abrangente, através da atenção ao processo de projeto como um todo, para se chegar a uma determinada profundidade, necessária ao resultado de cada tarefa do projeto.

## ABSTRACT

This study aims at presenting a model for the technical evaluation of the product project process. This model was applied in a case study through which was possible to observe results on its viability. In each developed phase problems were identified as well as the possibilities to correct them on an appropriate time, in order to avoid failures and the impossibility of attending the customers needs.

The theoretical base for this study presents the model for a consensual phase project which was used as reference for the systems evaluation. Different dimensions of the evaluation project are shown, and it is also verified that there are some tools for evaluating a specific activity besides methods which evaluate the product development in a wide-ranging but superficial way.

The logic designed by Gates was adopted with the purpose of evaluating each one of the process steps. At the same time, criteria to evaluate and the topics to be evaluated were defined.

The first phase of the consensual phases model project, which is named informative project, was evaluated according to criteria such as completion, validity, operational efficiency, non-redundancy, conciseness and practicability. The other project phases were evaluated according to criteria as completion and conformity to the informative project specifications besides the use of the project tools.

The obtained result was a wide-ranging evaluation model, which evaluates the whole project process. Despite its wide-ranging implications, the project shows the necessary depth to evaluate the results presented by each one of the proposed tasks.

## CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

### 1.1 – Considerações Iniciais

Atualmente, as empresas estão inseridas num contexto mercadológico de grande complexidade, no qual o mercado está cada vez mais competitivo e, com isso, o cliente pode valer-se da livre escolha do produto a ser adquirido, dentre as várias opções disponíveis.

A capacidade produtiva atual é maior do que o poder de compra dos consumidores e, assim, pode-se deduzir que somente as empresas mais competitivas sobreviverão. Além disso, existe a disputa desenfreada entre as empresas pela redução de custos.

Para a empresa ser competitiva e bem sucedida, deve possuir bons produtos, apresentar agilidade em identificar as necessidades dos clientes e transformá-los em ações, oferecer produtos que satisfaçam rapidamente estas necessidades. Situação que pode conduzi-la à redução do ciclo de desenvolvimento do produto, tornando o processo de desenvolvimento mais eficiente e eficaz, garantindo a qualidade do mesmo.

Silva (2001) mostrou, através de diagnósticos, a dificuldade que algumas empresas brasileiras possuem no desenvolvimento de produto. O autor se refere, principalmente, à aplicação de metodologias de projeto, utilizando-se principalmente de concepções tradicionais de desenvolvimento, ou seja, a departamentalização da empresa e outras estruturas como seqüencial e hierárquica, que recaem numa redução do envolvimento de clientes e fornecedores.

Diante desta situação, torna-se necessário que a empresa aplique uma metodologia eficiente tanto para o projeto quanto para o desenvolvimento de produto. E, para garantir esta metodologia deve-se instituir mecanismos de controle deste processo, ou seja, um modelo de avaliação do processo de projeto. O mesmo, além de monitorar o processo de desenvolvimento, pode servir de base para o estabelecimento da melhoria contínua dentro do processo de desenvolvimento de produtos.

## **1.2 – Objetivos**

### **1.2.1 – Geral**

Propor um modelo de sistematização da avaliação do processo de projeto de produtos, utilizando a lógica dos *Gates*, que avalie tecnicamente todas as fases do processo de projeto e possa ser utilizada, no domínio de máquinas industriais, tanto em projetos de novos produtos quanto em reprojetos de produtos existentes.

### **1.2.2 – Específicos**

- 1) Determinar os parâmetros mínimos de especificação do projeto.
- 2) Estabelecer parâmetros de avaliação do projeto informacional, conceitual, preliminar e detalhado, quanto ao atendimento das exigências e desejos dos consumidores, e metas estratégicas da empresa.
- 3) Organizar o conhecimento sobre sistemas de avaliação de projetos, os tipos, suas dimensões e abrangência.

## **1.3 – Justificativas e Resultados Esperados**

### **1.3.1 Justificativas**

As empresas atualmente têm no desenvolvimento de produto uma das principais estratégias para cumprir seus objetivos e se tornarem competitivas. O lançamento de um produto de sucesso é muito importante e, muitas vezes, determina a lucratividade ou não de uma empresa. Cada vez mais as empresas precisam garantir que o desenvolvimento de produto vai ser um sucesso e dispor de meios que as auxiliem a avaliar o desenvolvimento de produtos.

Existem diversos modelos de avaliação de projetos, os modelos gerenciais, baseados no guia PMBOK(2000), avaliam o gerenciamento das atividades, incluindo o cumprimento dos prazos, recursos e custos envolvidos. Os modelos de avaliação estratégica avaliam estrategicamente o desenvolvimento do produto, quanto à contribuição em relação às metas e

aos resultados da empresa. Também existem diversas ferramentas para auxiliar na avaliação técnica do projeto, como o FMEA, análise do modo e efeito das falhas, o FTA, análise da árvore de falhas, e as revisões técnicas de projetos, que muitas vezes são realizadas de forma não sistematizada.

Porém, observa-se que a maioria dos trabalhos relativos à avaliação do projeto dos produtos trata do desenvolvimento de forma macro, como um todo, ou são ferramentas isoladas para situações bem específicas. Existe uma carência de trabalhos que avaliem tecnicamente o projeto em todas as suas etapas, requisitos, particularidades e avaliação do cumprimento dos objetivos esperados, e oriente as ações que deverão ser tomadas a tempo para que o projeto seja bem sucedido.

A ferramenta proposta neste trabalho sistematizará o processo de avaliação do projeto, diminuindo a sua subjetividade, contribuindo com que o projeto torne-se mais eficiente e eficaz. Como modelo, além de contemplar todas as fases do projeto e avaliar o seu processo, aponta as ações de melhorias a serem tomadas, auxiliando no desenvolvimento de produtos com maior eficácia, menor tempo e redução de custos, fortalecendo a competitividade das organizações.

A carência de trabalhos publicados referente à qualidade e avaliação do processo de projeto, e a necessidade de um modelo sistematizado para tal avaliação, por parte dos responsáveis pelo projeto, motivaram o trabalho de pesquisa aqui proposto.

### **1.3.2 - Resultados Teóricos Esperados**

Sistematizar um modelo para avaliação técnica do processo de projeto de novos produtos. Visando melhorar e facilitar o controle técnico da atividade de projetos, busca-se viabilizar soluções de melhor qualidade e redução de custos.

### **1.3.3 - Resultados Práticos Esperados**

Disponibilizar um modelo eficaz na avaliação do processo de projeto de produtos e identificação de oportunidades de melhorias.

## **1.4 – Delimitação do trabalho**

O processo de projeto está inserido em uma atividade mais ampla, denominada de desenvolvimento do produto, fazendo parte do ciclo de vida do produto.

O ciclo de vida do produto, segundo Back e Forcellini (2003), pode ser dividido em fases de planejamento do produto, projeto, produção, lançamento e acompanhamento, uso do produto e descarte.

O presente trabalho visa sistematizar um modelo de avaliação técnica a ser utilizado dentro da fase de projeto, podendo fazer parte de um modelo maior que avalie todo o ciclo de vida do produto.

### **1.5 – Metodologia de Pesquisa**

Segundo Gil (1991), a pesquisa pode ser classificada de acordo com os objetivos do trabalho, como:

- 1) Pesquisa exploratória que visa buscar maior familiaridade com o tema em questão, aprimorar idéias, descrever e classificar fatos e variáveis.
- 2) Pesquisa aplicada ou descritiva que tem por objetivo definir as características de determinado fenômeno e a relação entre as variáveis.
- 3) Pesquisa explicativa visa identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos, explicando a razão e o porque das coisas, aprofundando o conhecimento da realidade.

De acordo com o objetivo geral deste trabalho, a pesquisa realizada caracteriza-se como pesquisa descritiva aplicada ou descritiva.

### **1.6 – Estrutura do Trabalho**

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos:

No capítulo 1, dá-se uma visão geral do tema abordado, através de introdução, objetivos, contribuições esperadas, justificativas e metodologia empregada no trabalho.

No capítulo 2, apresenta-se a fundamentação teórica, o que existe na bibliográfica disponível relacionado ao tema e como os autores abordam a problemática. Neste capítulo, são estudadas as soluções disponíveis na literatura sobre o processo de projeto de produtos, suas fases, formas de avaliação e indicadores utilizados.

No capítulo 3, descreve-se o modelo proposto para avaliar o processo de projeto, são apresentados a sistemática com os procedimentos de avaliação de cada etapa e sub-etapa do projeto e os critérios utilizados.

No capítulo 4, tem-se o estudo de caso que consiste na aplicação do modelo proposto em uma empresa no projeto do produto, visando à validação do modelo de avaliação do processo de projeto proposto.

No capítulo 5, apresentam-se as conclusões e contribuições do trabalho, uma avaliação dos resultados obtidos, bem como sugestões para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

## CAPÍTULO 2 – DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO: O PROCESSO DE PROJETO E SUA AVALIAÇÃO

### 2.1 – Introdução.

Antes de propor um modelo para avaliação do processo de projeto do produto, faz-se necessário rever o que existe na literatura especializada e como os autores abordam este assunto.

O tema projetos de produtos está inserido em um contexto muito amplo e vem sendo discutido por profissionais de diversas áreas de conhecimentos, como marketing, administração, economia e engenharia. Áreas que apresentam um foco diferenciado a respeito do tema, o que demonstra determinada importância, tanto para a comunidade científica quanto empresarial.

Nas últimas décadas, surgiram vários livros e artigos sobre o assunto, o que não significa que o mesmo ainda está muito longe de se esgotar, e provavelmente ainda surgirão muitos trabalhos nesta área.

Este capítulo visa apresentar uma metodologia, a qual possa ser utilizada em projetos de produtos, e o que é proposto em relação a métodos de avaliação que poderão ser utilizados para sistematizar um modelo de avaliação do processo de projeto.

### 2.2 – Estrutura do Processo de Projeto – Modelo de Fases

O projeto de um produto está contido em um processo mais amplo chamado de desenvolvimento do produto, este processo, segundo Back e Forcellini (2003), é determinado pelo “ciclo de vida de um produto” e começa com a identificação de uma necessidade de mercado, seguido do planejamento do produto, projeto, planejamento do processo, produção, *marketing*, uso e retirada ou descarte.

Alguns autores tratam o desenvolvimento de produtos como uma multidisciplinaridade de tarefas que devem ser gerenciadas dentro de prazos, e recursos determinados para atingir um objetivo. Dentro deste gerenciamento está o trabalho em equipe, seguido pela engenharia simultânea, engenharia concorrente e pelo desenvolvimento integrado do produto.

De acordo com este princípio, a maximização dos resultados, neste caso um produto de sucesso, é obtido através de um gerenciamento eficiente, com objetivos claros, com equipe competente e recursos apropriados.

Outra linha de pensamento, que não é concorrente, mas complementar a anterior, é de abordagem metodológica e atua diretamente na técnica de projetar, baseado em modelos prescritivos. Estes, segundo Ogliari (1999), visam estabelecer fluxogramas das atividades de projetos e planos procedurais, que orientam os projetistas nas ações que devem ser realizadas no projeto do produto. Nesta categoria, estão autores como Pahl & Beitz (1996), Hubka & Eder (1996) e Ullman(1992).

O modelo desenvolvido por Pahl & Beitz (1996) tem como principal característica sistematizar o processo de projeto do produto, e consequentemente facilitar o seu gerenciamento, fornecendo as bases para estabelecer critérios de avaliação.

Este modelo é composto por quatro fases:

- Planejamento e esclarecimento da tarefa de projeto;
- Projeto conceitual;
- Projeto preliminar;
- Projeto detalhado.

Segundo Fonseca (2000) os modelo baseados em fases são os mais representativos e referenciados em eventos internacionais.

Ogliari (1999) observou que não existe uma abordagem comum e amplamente aceita sobre o processo de projeto, porém, o autor observou algumas similaridades entre os modelos de fases de diversos autores e realizou uma síntese comparativa entre os modelos de Back (1983), Pahl e Beitz ( 1996), Hubka & Eder (1996 ), e Ullman (1992 ).

Nesta análise, conforme Figura 2.1, o autor compara outros modelos com as respectivas fases, e conclui que existem muitas semelhanças e algumas diferenças nas terminologias empregadas e no detalhamento dos processos de projeto.

Após a síntese comparativa, Ogliari (1999) propõe a existência de um modelo consensual entre estes autores, conforme figura 2.2.

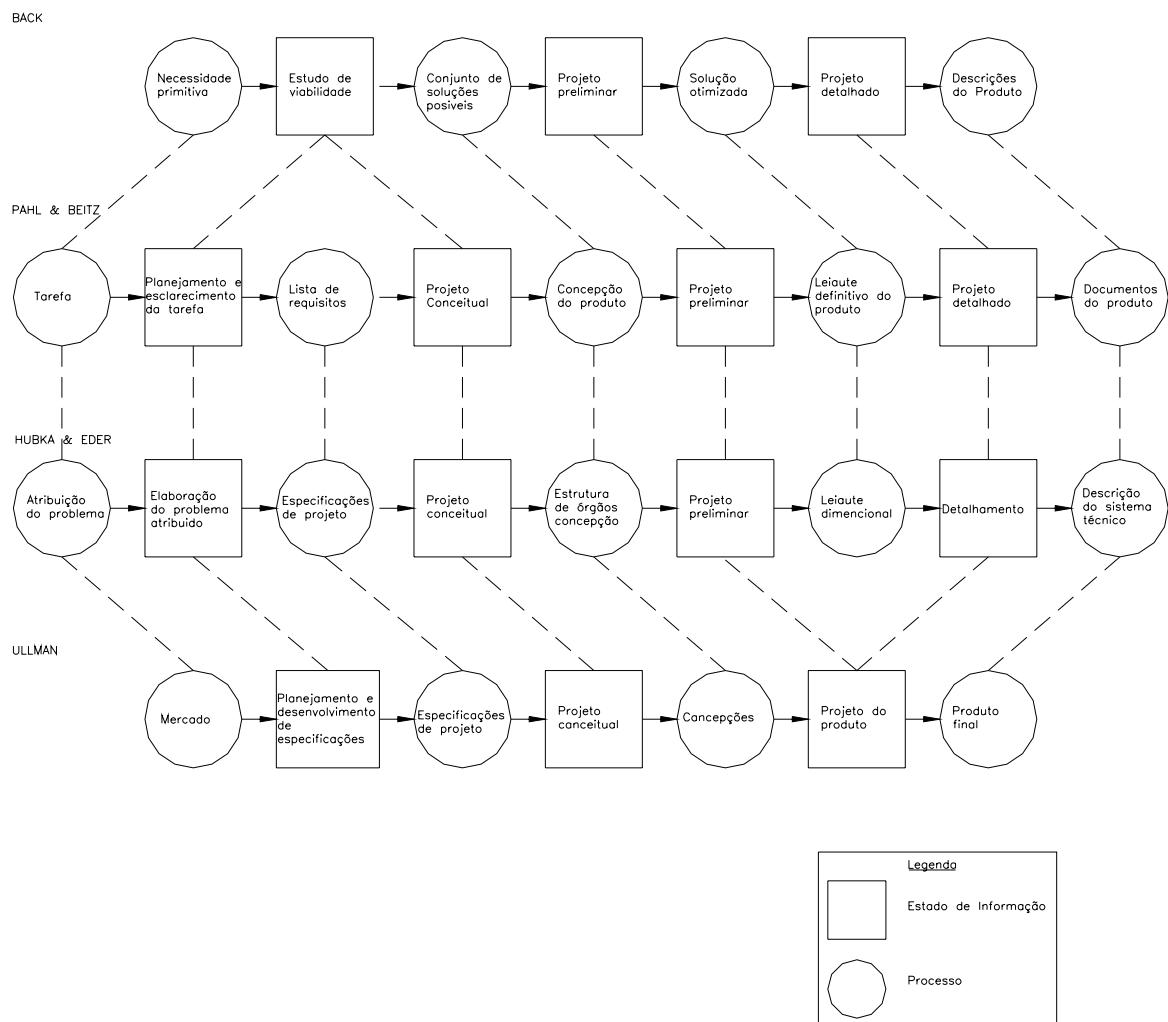


Fig. 2.1 - Síntese Comparativa entre metodologias de projeto, segundo Ogliari (1999).



Fig.2.2 - Modelo de Consenso, segundo Ogliari (1999).

No modelo consensual, segundo Ogliari (1999), tem-se as informações de mercado gradualmente transformadas em especificações de projeto, em um processo denominado por Fonseca (2000) de Projeto Informacional, sendo esta a primeira fase do modelo proposto.

Na fase seguinte, tem-se o projeto conceitual que visa desenvolver e selecionar princípios de solução que melhor atendam as especificações de projeto.

A partir da concepção do produto selecionada, torna-se possível trabalhar a etapa de projeto preliminar, estabelecendo o arranjo físico do produto e elaborando lay-out e formas para as funções principais e auxiliares.

Finalmente, o modelo conclui com a fase de projeto detalhado, onde são incorporadas ao lay-out do produto as informações necessárias para a sua produção.

O modelo consensual estabelecido por Ferreira (1997) e Ogliari (1999) propiciou um passo importante, quanto ao entendimento e estabelecimento de uma metodologia de projetos que possa ser amplamente utilizada. Desta forma, facilita e viabiliza a implementação de um método de avaliação do processo de projeto com mecanismos de controle, ou seja, sistemas capazes de monitorar cada etapa do projeto.

Back e Forcellini (2003) apresentaram de forma bem clara as etapas do projeto de produto por fases utilizado do Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produto (NeDIP), da Universidade Federal de Santa Catarina, de acordo com o modelo consensual, conforme apresentado na figura 2.3.

A representação mostra cada etapa do processo, iniciando com a definição de qual produto vai ser projetado, ou seja, a idéia do produto que, segundo os autores, deve ser baseada nas necessidades da empresa e do mercado. Neste caso, leva-se em consideração a legislação, as políticas econômicas e o estado da tecnologia.

O processo de projeto faz parte de um processo mais abrangente, denominado de desenvolvimento do produto. Segundo Back e Forcellini (2003), o mesmo consiste em fases de definição do produto, projeto do produto, produção do produto e lançamento e acompanhamento do produto.

A definição do produto a ser produzido deve fazer parte do planejamento estratégico da empresa, considerando o ambiente externo (mercado) e o ambiente interno (empresa). E, uma vez finalizado deverá compor a tarefa para dar inicio ao projeto do produto.

A partir da idéia do produto, ocorrem transformações sucessivas em cada fase até finalizar com o projeto do produto pronto para a produção.

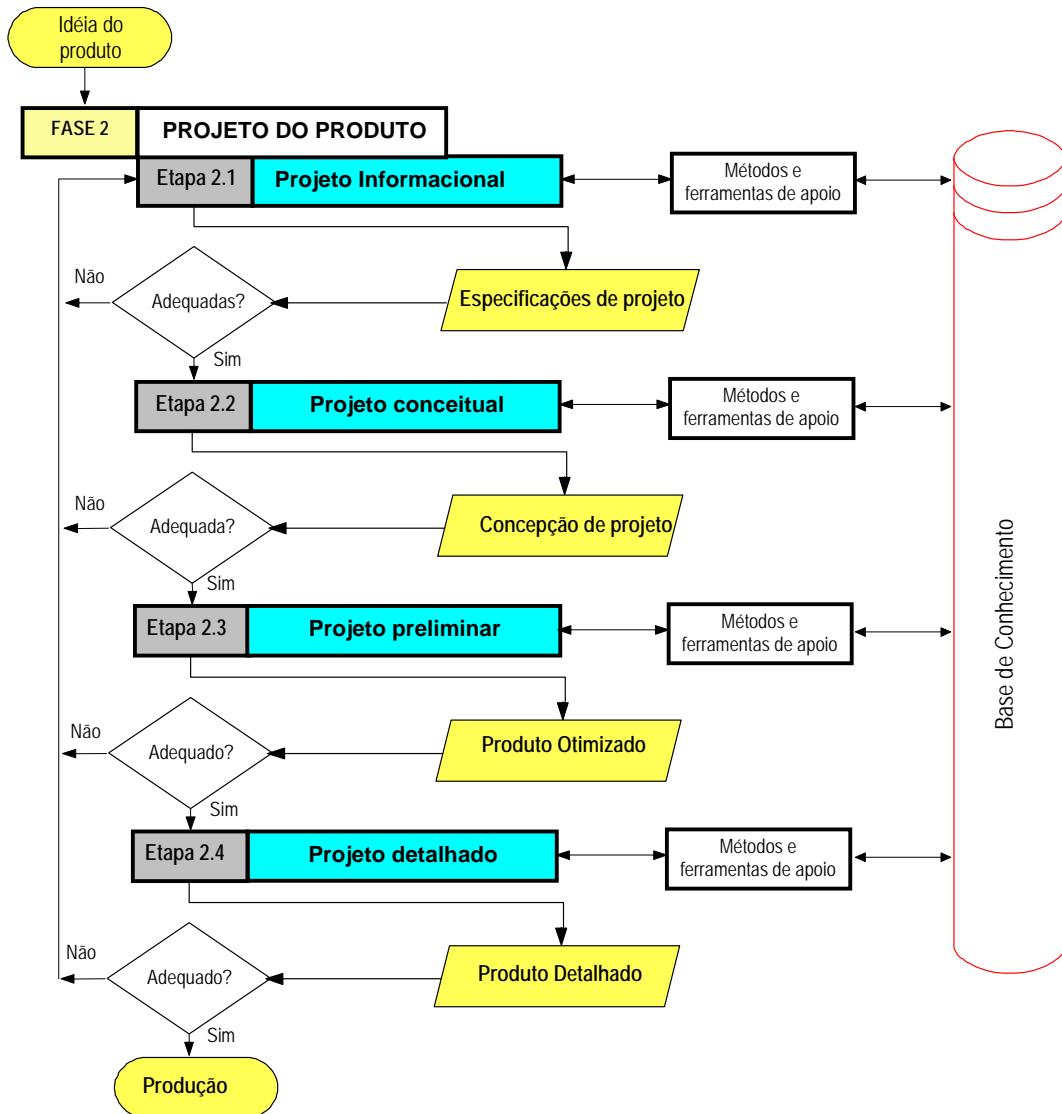


Fig.2.3 - Modelo de processo de projeto do NeDIP, segundo Back e Forcellini (2003).

Observa-se, através da figura 2.3, todas as etapas necessárias ao desenvolvimento do projeto do produto. As informações resultantes de cada etapa são avaliadas, quando consideradas adequadas parte-se para a próxima etapa, ao contrário, as mesmas informações são reavaliadas.

Cada etapa do projeto dispõe de metodologias e ferramentas de apoio e algumas destas ferramentas serão apresentadas no modelo de fases consensual, como será visto a seguir. Porém, existe a dificuldade de como avaliar cada etapa, quais critérios serão utilizados para julgá-la adequada.

Este trabalho visa responder esta pergunta, sistematizando uma forma de avaliar a adequação de cada etapa do processo de projeto do produto.

Devido à importância da metodologia de projetos por fases, faz-se a seguir um estudo que visa estabelecer mecanismos para o seu controle, possibilitando a sistematização de um modelo para avaliação do processo de projetos.

### **2.2.1 - Projeto Informacional**

Nesta etapa, avaliam-se as necessidades dos clientes e tem-se como resultado as especificações de projeto, voltadas à descrição do produto, com objetivos e parâmetros alvo que o projeto deve atender. Esta etapa, segundo Pahl e Beitz (1996), faz parte do planejamento e esclarecimento da tarefa.

Back e Forcellini (2003) mostram que o ponto de partida nessa fase é o problema que deu origem ao projeto, a idéia do produto, evoluindo para as necessidades dos clientes até a especificação do projeto.

Baxter (2000) afirma que o primeiro passo nesta etapa é descobrir as necessidades e desejos dos clientes em relação ao produto, que são expectativas básicas, de excitação e de desempenho. Uma vez levantadas as necessidades do consumidor é possível transformá-las em parâmetros técnicos como especificação do projeto, que segundo o autor deve ser realizado a partir da utilização do QFD.

O autor afirma que a especificação do projeto pode ser considerada como uma hierarquia de necessidades, que inicia nos requisitos de desempenho dos projetos chegando à especificação do projeto (critérios quantitativos).

Segundo Rozemburg & Eekels (1995), as especificações de projetos devem possuir as seguintes propriedades:

- Validade, adequação aos objetivos.
- Completude, inclusão de objetivos válidos em todas as áreas de interesse.
- Operacionalidade, possibilidade de avaliações quantitativas.
- Não redundância.
- Concisão, número reduzido de objetivos na especificação.
- Praticabilidade, passíveis de serem implementadas e testadas.

Fonseca (2000) trouxe uma contribuição quanto à sistematização do projeto informacional, propondo uma metodologia de elaboração das especificações de projeto de produtos industriais, através de uma seqüência estruturada. O problema de projeto é

transformado em necessidades e estes em requisitos do usuário, passando por requisitos de projetos, até a obtenção das especificações de projetos. Na figura 2.4, tem-se uma representação desta seqüência de transformação proposta.

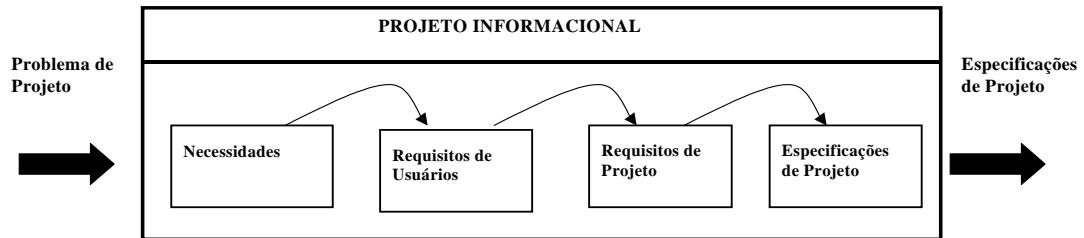


Fig.2.4 - Transformações das informações dentro do projeto informacional, adaptado por Fonseca (2000).

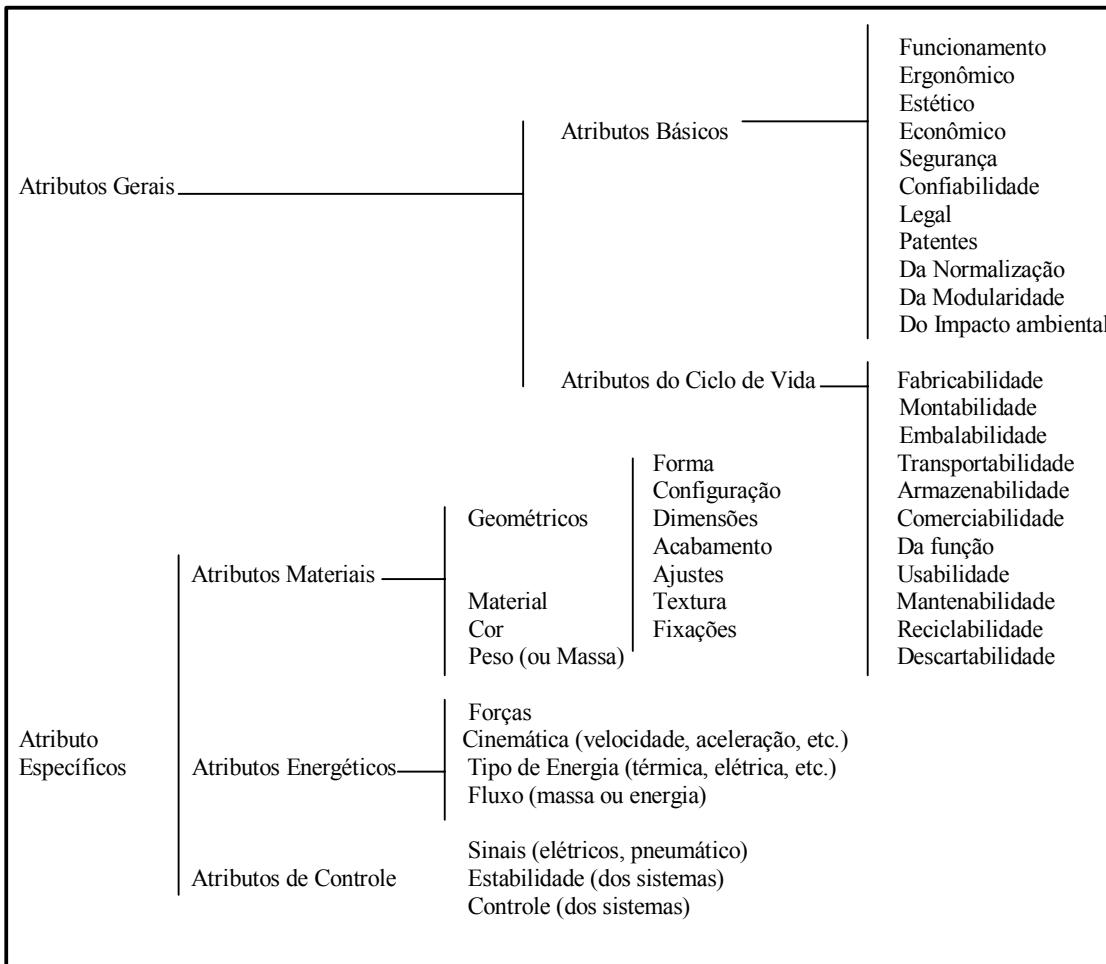
A seqüência proposta de transformações é interessante porque pode servir de pontos de verificação em um modelo de avaliação de projeto desta fase. As definições formais dos termos utilizados são:

- Necessidade: Declaração direta de clientes e usuários, normalmente em linguagem subjetiva.
- Requisito de usuário: Necessidade expressa em linguagem de engenharia.
- Requisito de projeto: Requisito mensurável aceita para o projeto.
- Especificação de projeto: Requisito de projeto com objetivos, valores e metas atribuídos.

O projeto informacional tem uma grande importância dentro do processo de projeto. Autores como Baxter (2000), Fonseca (2000), Back e Forcellini (2003) ressaltam a importância desta fase como condutora do processo das demais. Isto se explica quando as necessidades são gradualmente transformadas em especificação de projeto, que contém os requisitos e as metas que o projeto deverá cumprir. Metas estas que vão servir de referências para avaliar as demais fases do projeto.

Para auxiliar no levantamento destas necessidades, Fonseca (2000) elaborou uma classificação das características que os produtos devem possuir, o que o autor chama de atributos do produto. Segundo o autor, os projetistas teriam a sua disposição uma lista de atributos a ser analisado para cada produto específico, visando detectar as necessidades e requisitos do projeto. No quadro 2.1, temos um resumo geral da proposta.

Quadro 2.1 – Classificação resumo dos atributos do produto, segundo Fonseca (2000)



Muitos autores abordam de forma abstrata o processo de obtenção das especificações de projeto ou apontam algumas ferramentas isoladas para obtenção das especificações, enquanto Fonseca (2000) propõe uma sistemática composta de etapas bem definidas, com todos os passos até a obtenção das especificações de projeto, conforme pode ser observado na figura 2.5.

A metodologia do autor apresenta uma seqüência estruturada que possibilita tanto a utilização prática quanto facilita o estabelecimento de mecanismos de avaliação e revisão. Pois, a especificação do projeto, com metas específicas, objetivos e restrições servem de parâmetro para avaliar a conformidade das próximas etapas do projeto.

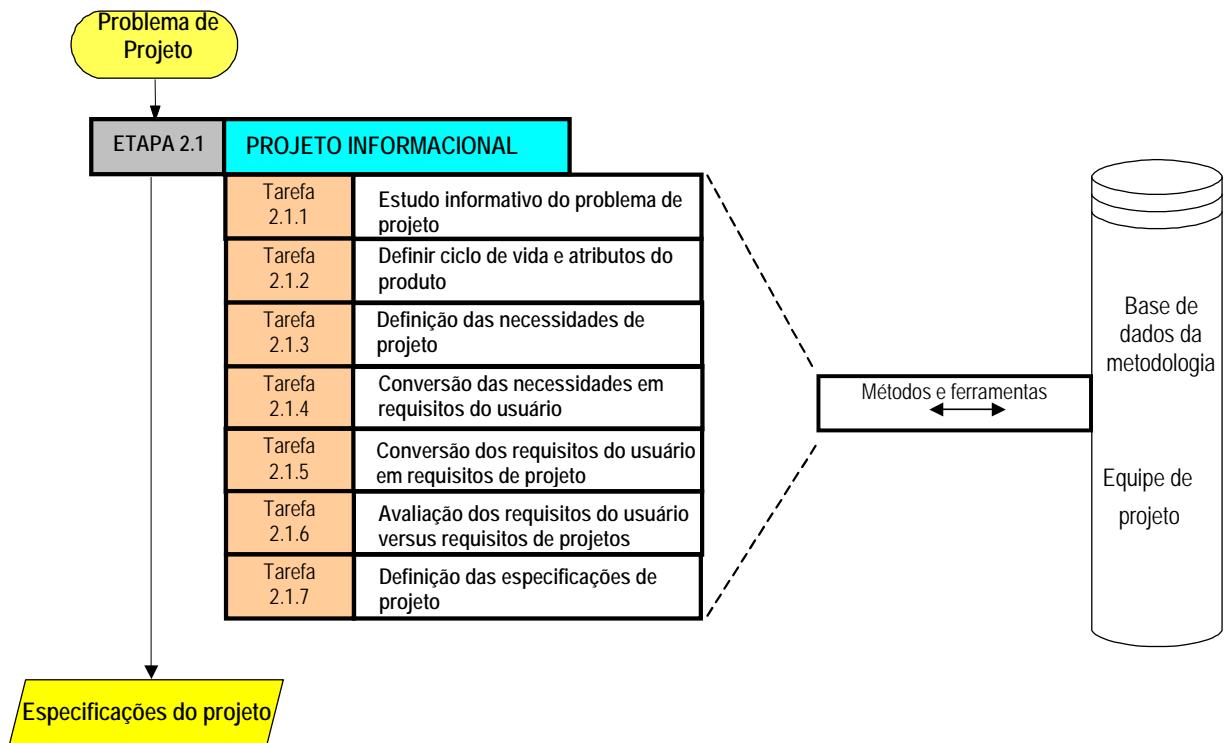


Fig.2.5 - Fluxograma do processo de projeto informacional, adaptado de Fonseca (2000).

Segundo Fonseca, a fase de projeto informacional deve conter as seguintes tarefas:

1<sup>a</sup> Tarefa: Estudo informativo e análise do problema de projeto.

- a) Revisão das informações prévias de marketing e monitoramento do volume de fabricação, desejos e restrições do projeto ou produto.
- b) Classificação do tipo de projeto, quanto ao original, reprojeto, projeto adaptativo ou de desenvolvimento.
- c) Levantamento das informações necessárias ao trabalho, através de busca em sites, banco de patentes, empresas fabricantes, usuários, etc.
- d) Apresentação da pesquisa inicial, contendo documento com a ordem de projeto, objetivos e metas, produtos concorrentes, patentes relacionadas, e tecnologias viáveis de fabricação.

2<sup>a</sup> Tarefa: Definir ciclo de vida e atributos do produto.

- a) Inicialmente, deve-se definir o ciclo de vida, o que pode ser feito baseado em produtos similares ou produtos que o antecederam.
- b) Definição dos clientes internos, intermediários e externos envolvidos ou associados a cada fase do ciclo de vida.
- c) Definição dos atributos do produto para cada fase do ciclo de vida.

3<sup>a</sup> Tarefa: Definição das necessidades de projeto.

- a) Levantamento das necessidades para cada fase do ciclo de vida do produto, o que pode ser feito através de questionários estruturados junto aos clientes, ou através de obtenção direta, através da experiência da equipe de projetos obtida em trabalhos anteriores.
- b) Agrupamento e classificação das necessidades obtidas.

4<sup>a</sup> Tarefa: Conversão das necessidades dos clientes em requisitos do usuário.

Dentro de uma linguagem técnica dos projetistas e identificando quais requisitos serão prováveis funções do produto, prepara-se a lista de requisitos de usuário e a lista de prováveis funções do produto.

5<sup>a</sup> Tarefa: Conversão dos requisitos do usuário em requisitos de projeto.

- a) Através de expressões mensuráveis, com a utilização de atributos específicos dos produtos e expressões com requisitos mensuráveis.
- b) Agrupando e classificando os requisitos segundo os atributos básicos do produto.

6<sup>a</sup> Tarefa: Avaliação dos requisitos de usuário versus requisitos de projeto.

- a) Aplicação da casa da qualidade para avaliar os requisitos do usuário versus os requisitos de projetos na matriz principal, e os produtos concorrentes nas colunas de uma matriz secundária.
- b) Hierarquização dos requisitos de projetos.

7<sup>a</sup> Tarefa: Definição das especificações de projeto

- a) Comparação da hierarquia dos requisitos de projetos com o problema de projeto.
- b) Conclusão das especificações de projeto com as metas, objetivos e restrições.

O autor também apresenta ferramentas de apoio para cada etapa do projeto informacional, como a espiral do ciclo de vida do produto, uma organização e classificação detalhada dos atributos gerais (básicos e do ciclo de vida) e específicos (materiais, energéticos e de controle), e uma matriz de apoio ao levantamento das necessidades, onde são relacionados o ciclo de vida e os atributos básicos do produto.

Uma ferramenta muito utilizada nesta etapa de projeto informacional para obtenção das especificações do projeto é o QFD, recomendada por diversos autores, sendo a primeira matriz do QFD conhecida como casa da qualidade, é originária do Japão e no início dos anos 90 foi introduzida no ocidente, visando traduzir as vontades do cliente em metas quantitativas de projetos.

Segundo Carnevalli (2001) em seu artigo sobre a implantação do QFD no Brasil, as empresas avaliaram os principais benefícios proporcionados como sendo redução de custo, defeito e tempo de projeto, melhoria do trabalho em equipe favorecendo a implantação da engenharia simultânea, melhoria da comunicação e envolvimento dos funcionários.

Outros benefícios também foram apontados, como, redução de mudanças em projetos e favorecimento de uma implantação da garantia da qualidade mais estável.

Quanto a dificuldades na implantação do método, os usuários no Brasil apontaram: Dificuldades de atribuir peso e interpretar requisitos dos clientes, conflito de opiniões, falta de treinamento, tamanho exagerado das matrizes, falta de recursos para conduzir a consulta a clientes, dificuldade de adaptar a cultura organizacional da empresa e longo tempo de aplicação.

Existe um consenso entre diversos autores, ao considerar a técnica do QFD bem estruturada, com procedimentos bem definidos e resultados favoráveis, sendo o método mais indicado para a fase de projeto informacional, porém seu uso deve ser avaliado em função dos recursos e do grau de dificuldade do projeto. Outra vantagem do método é a possibilidade de sua utilização em conjunto com outras ferramentas de apoio como o método Taguchi, análise de valor, análise de árvore de falhas, análise do modo de falha e efeito (FMEA).

Segundo Fonseca (2000), tem-se observado que o mesmo tem sido usado em grandes empresas, que dispunham de recursos para tal, e também quase na totalidade sobre produtos existentes e não em produtos totalmente novos, onde não existem modelos ou protótipos. O autor também afirma que seu uso não é um fator imperativo, e deverá ser avaliado pela equipe de projetos, dependendo da complexidade e das vantagens que a equipe obtenha com o método.

Outra forma de obtenção das especificações de projetos é através do uso de sistemas computacionais, incluindo técnicas de inteligência artificial, dentre estes, pode-se citar Fiod Neto ( 1993), Ogliari (1999), Fonseca (2000), e Lima (2003).

### **2.2.2 - Projeto Conceitual**

É a fase que a partir das necessidades detectadas, esclarecidas e quantificadas através das especificações de projetos, resulta em uma concepção para um produto que atenda estas necessidades.

Esta etapa segundo Back e Forcellini (2003) pode ser resumida em análise (funcional e decomposição) e síntese das soluções, e é composta de diversas tarefas e atividades, conforme representada pela figura 2.6.

O projeto conceitual determina o conceito do produto, por este motivo ele é tido como uma das fases mais importantes do processo de projeto, e as decisões tomadas nesta fase influenciam enormemente os resultados das demais fases, e do projeto como um todo. Por este motivo, é importante gerar várias alternativas de concepções e saber selecionar através de um método adequado, que melhor atenda as especificações de projeto.

A seguir, é mostrado em mais detalhes as tarefas e atividades que deverão ser realizadas nesta etapa.

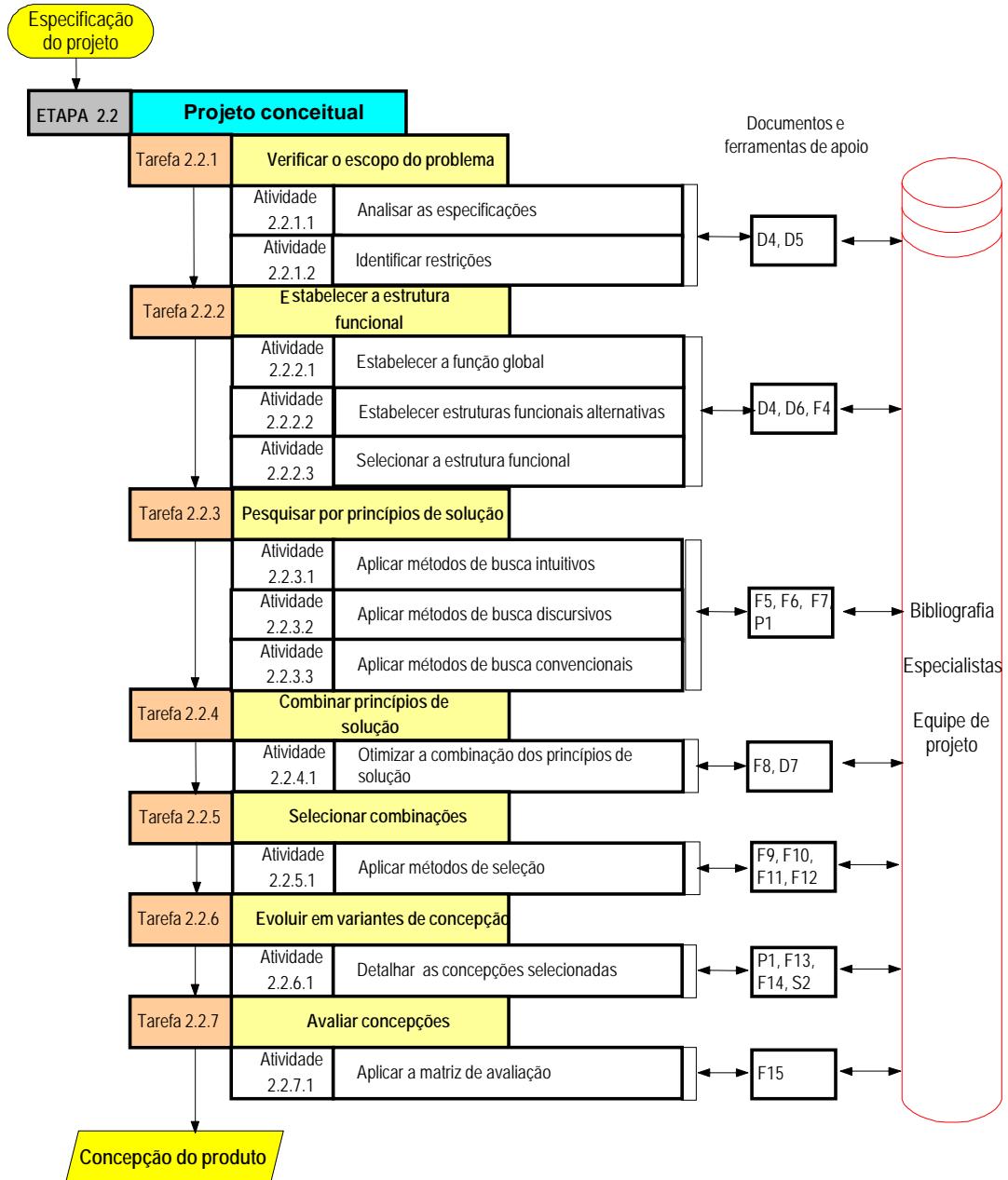


Fig. 2.6 - Etapa do projeto conceitual do NeDIP, segundo Back e Forcellini (2003).

#### 1<sup>a</sup> Tarefa: Verificar o problema.

Nesta etapa é utilizado de abstrações para avaliar o problema ou tarefa de projeto, deverá ser feito um estudo do problema e abrir caminho para soluções melhores. Deve-se cuidar para não incluir necessidades pessoais do projetista ou da empresa, que não coincidem com as necessidades do consumidor, ou resolver o problema antes de ser formulado.

Também são feitas tentativas de identificar restrições que poderão limitar o emprego de novas tecnologias.

## 2<sup>a</sup> Tarefa: Estabelecer a estrutura funcional

Aqui também é feita uma análise de forma abstrata. O objetivo é estabelecer as funções que o produto deverá desempenhar sem se preocupar com as soluções.

Pahl & Beitz (1996) descrevem para esta etapa o método da função síntese.

Nesta análise funcional têm-se os seguintes passos:

Definição da função global

Funções parciais

Funções elementares

Operações básicas

Os sistemas técnicos podem ser considerados como processos de transformação de estado e das propriedades de grandezas do tipo energia, material, e informações.

Este sistema é chamado de função global, e pode ser representado pela figura 2.7.



Fig.2.7 - Representação da função global do sistema, com as propriedades de entrada/saída.

Definição da função global:

Inicialmente deve-se descrever de forma sucinta a função global do sistema, feitas a partir das especificações de projeto obtidas.

Na função global tem-se a declaração da função do sistema, sem qualquer detalhe sobre as soluções ou como serão atingidas as soluções.

Nesta etapa devem-se ainda especificar as interfaces dos sistemas, ou seja, interfaces com sistemas técnicos periféricos, interface com o usuário e interface com o meio ambiente.

Desta forma tem-se a função global com todas as entradas e saídas.

Definição das funções parciais:

Após a definição da função global, deve-se desdobrar esta função em funções parciais, ou sub funções.

Estas sub funções de 2º nível podem ser desdobradas em sub funções do 3º nível, e assim sucessivamente, até atingir um nível de complexidade mínimo que seja adequado para se pesquisar princípios de soluções.

Como resultado tem-se uma estrutura com a função global, funções parciais, funções elementares, e as operações básicas.

Como resultado têm-se algumas alternativas de estruturas funcionais, que deverão ser avaliadas para selecionar a melhor alternativa.

Nesta etapa é difícil estabelecer um método eficaz de seleção da melhor alternativa, pois as informações neste estágio de desenvolvimento são ainda muito pequenas, mas podem-se confrontar as soluções com critérios de projetos pré-estabelecidos, e com as especificações de projeto.

Caso seja difícil optar por duas alternativas de estrutura funcional, é possível e devem-se trabalhar princípios de solução para as duas alternativas.

3ª Tarefa: Pesquisa por princípios de solução:

Nesta etapa pode-se fazer uma pesquisa na literatura técnica, utilizar um Catálogo de soluções, ou as diversas técnicas de criatividade, como Brainstorming, Analogia direta, Método 635, método Delphi, Sinergia.

Deve-se nesta etapa gerar o maior número possível de princípios de solução, que servirá como base para a seleção da melhor combinação de princípios para executar a função global.

4ª Tarefa: Combinação dos princípios de solução:

Deve-se nesta etapa combinar alguns princípios de solução, um método muito interessante é o método da análise morfológica.

Neste método os princípios de solução para cada função e sub-função são alocados em uma matriz morfológica e desta forma podem ser geradas várias combinações de solução para executar a função global.

Na figura 2.8 temos uma representação esquemática da matriz morfológica, com um princípio de solução selecionado.

Soluções \ Funções	1	2	3	4	5	...	n
F1	S <sub>11</sub>	S <sub>12</sub>	S <sub>13</sub>	S <sub>14</sub>	S <sub>15</sub>	...	S <sub>1n</sub>
F2	S <sub>21</sub>	S <sub>22</sub>	S <sub>23</sub>	S <sub>24</sub>	S <sub>25</sub>	...	S <sub>2n</sub>
F3	S <sub>31</sub>	S <sub>32</sub>	S <sub>33</sub>	S <sub>34</sub>	S <sub>35</sub>	...	S <sub>3n</sub>
F4	S <sub>41</sub>	S <sub>42</sub>	S <sub>43</sub>	S <sub>44</sub>	S <sub>45</sub>	...	S <sub>4n</sub>
...	...	...	...	...	...	...	...
F <sub>n</sub>	S <sub>n1</sub>	S <sub>n2</sub>	S <sub>n3</sub>	S <sub>n4</sub>	S <sub>n5</sub>	...	S <sub>nn</sub>

↓

Princípio de Solução

Fig.2.8 - Matriz Morfológica.

#### 5<sup>a</sup> Tarefa: Seleção dos princípios de solução:

Os princípios de solução devem ser selecionados para buscar a melhor alternativa dentre as geradas, para isto, segue-se algum método ou procedimento sistemático que auxilie o processo de decisão.

Segundo Back e Forcellini (2003), a seleção deverá ser feita através da comparação com algum tipo de informação, conhecimento, experiência ou outros requisitos ou, então, faz-se uma comparação dos conceitos entre si, caracterizando uma comparação relativa.

Como avaliação por comparação absoluta, têm-se as seguintes técnicas:

- Julgamento da viabilidade, baseado nas limitações tecnológicas, atendimento dos requisitos dos clientes, custos.
- Disponibilidade imediata de tecnologia.
- Passa / não passa, baseado nas necessidades dos clientes.

Como avaliação por comparação relativa, tem-se:

- Matriz de avaliação, baseado nas necessidades dos clientes: Utilizada para comparar conceitos entre si, medindo a capacidade de cada conceito atender as necessidades dos clientes, obtidas da fase do projeto informacional.

São fornecidos pontos para cada conceito comparado com as necessidades dos clientes. Serão selecionados os conceitos com maior pontuação.

Na figura 2.9, tem-se o exemplo de uma matriz de avaliação, baseada nas necessidades dos clientes.

<b>Necessidades dos clientes</b>	<b>Soluções</b>		1	2	3	...	n
	Peso	Aval1	Aval2	Aval3	....	Avaln	
Necessidade i							
Necessidade ii							
<b>Total <math>\Sigma</math> ( Peso x Aval)</b>							

Fig.2.9 - Matriz de Avaliação, baseada nas necessidades dos clientes.

- Matriz de avaliação, utilizando os requisitos de projeto. Neste caso, são atribuídos valores para cada critério do requisito de projeto e, desta forma, a solução que apresentar melhor pontuação total será a escolhida. Como os requisitos podem possuir tanto critérios quantitativos como qualitativos. Pode-se utilizar na matriz os dois critérios.

A matriz de avaliação dos requisitos de projetos utiliza o método da função critério, que consiste em inicialmente atribuir pesos  $p_i$  para cada requisito, de acordo com o seu grau de importância.

Para cada requisito, define-se o parâmetro do critério de avaliação, junto com a unidade de medida.

São definidos valores numéricos para os parâmetros de cada requisito da solução avaliada, estes valores podem ser para o peso, velocidade, potência, nível de ruído, dentre outros, e são preenchidos na coluna Parâmetro  $K_{ij}$ .

Na seqüência, defini-se os valores critérios para a avaliação, que podem ser fixados de 0 a 4, indicando se o requisito atende, ou não, uma excelência.

Na figura 2.10, tem-se um exemplo de matriz de avaliação aplicada a um motor, utilizando os requisitos de projetos.

Critério de avaliação		Parâmetros		Solução 1			Solução 2		
Requisito de projeto	pi	Nome	Kij Unid.	Parâm. Ki1	Valor vi1	pi vi1	Param. Ki2	Valor Vi2	pi vi2
Pequeno consumo de combustível	0,3	Consumo	$\frac{g}{Kwh}$	240	3	0,90	300	2	0,60
Baixo Peso	0,15	Relação peso/potencia	$\frac{Kg}{Kw}$	1,7	4	0,6	2,7	2	0,3
Fácil Fabricação	0,1	Facilidade Fundição	—	Regular	1	0,1	Bom	2	0,2
Vida longa	0,2	Vida	Km	80.000	2	0,4	150.000	3	0,6
						$\Sigma pivi1$			$\Sigma pivi2$

Figura 2.10 - Matriz de Avaliação, utilizando os requisitos de projeto, adaptado de Back (1983).

Então, são determinados os produtos (  $pi.vi$  ) para cada requisito e para cada alternativa de solução do projeto, calculando o valor da função critério:

$$F_j = \sum_{i=1}^n p_i \cdot v_{ij}$$

Onde n é o número de critérios e j indica a j-ésima alternativa de solução.

A melhor alternativa do projeto do produto será aquela que apresentar o maior valor da função critério F.

Caso as alternativas apresentarem valores de F muito próximos torna-se necessário representar em um diagrama, ou gráfico de barras, para cada alternativa os valores de  $pi.vi$ , e avaliar onde cada uma apresenta valores baixos.

Observa-se que a matriz de avaliação, utilizando os requisitos de projetos, é um método de avaliação baseada em critérios quantitativos, o que proporciona resultados mais precisos. No entanto, é necessário que o projeto tenha nesta fase um nível de detalhamento que permita o uso destes parâmetros, caso contrário, deve-se utilizar a matriz baseada nas necessidades dos clientes.

6<sup>a</sup> e 7<sup>a</sup> Tarefas: Evoluir em variantes de concepção e avaliar concepções.

Nestas etapas, devem-se detalhar as concepções selecionadas, caso sejam mais que uma, além de avaliar as concepções utilizando a matriz de avaliação.

### **2.2.3 - Projeto Preliminar**

Segundo Pahl e Beitz (1996), nesta fase, a partir da concepção do produto, o projeto é desenvolvido com o objetivo de obter o *lay-out* definitivo do produto, avaliando-se o arranjo geral e a compatibilidade espacial.

Nesta fase, tem-se a elaboração dos *lay-outs* preliminares e desenhos de formas, com *lay-outs* detalhados. Inclui-se, ainda, a definição da arquitetura do produto, realizada a partir da estrutura funcional obtida na fase anterior. E, segundo Baxter (2000), pode ser modular ou integrada, sendo que na arquitetura modular cada bloco é arranjado em módulos, os quais exercem funções completas e bem definidas.

A arquitetura modular tem as vantagens de padronizar os blocos e utilizá-los em diversos modelos de produtos. E a vantagem da manutenção, onde um bloco danificado pode ser facilmente localizado e substituído.

Já, na arquitetura integrada, tem-se o contrário da arquitetura modular, ou seja, os elementos funcionais são distribuídos em mais de um bloco.

Nesta etapa, podem-se utilizar algumas ferramentas de apoio, dentre elas sistemas CAD/CAE/CAM, permitindo modelar o produto em 3D e fazer algumas verificações de dimensional, cinemática e análise estrutural, através do método de elementos finitos. Enfim, todas as técnicas disponíveis poderão ser aplicadas, minimizando as possibilidades de erros.

Também, aqui, considera-se e utilizam-se os catálogos técnicos e normas técnicas relativas ao item e ao produto em questão, tendo sempre o cuidado das informações estarem atualizadas.

A figura 2.11 mostra o projeto preliminar utilizado no NeDIP, evoluindo da concepção do produto ao *lay-out* preliminar, incluindo todos os passos necessários e as ferramentas de apoio que poderão ser utilizadas.

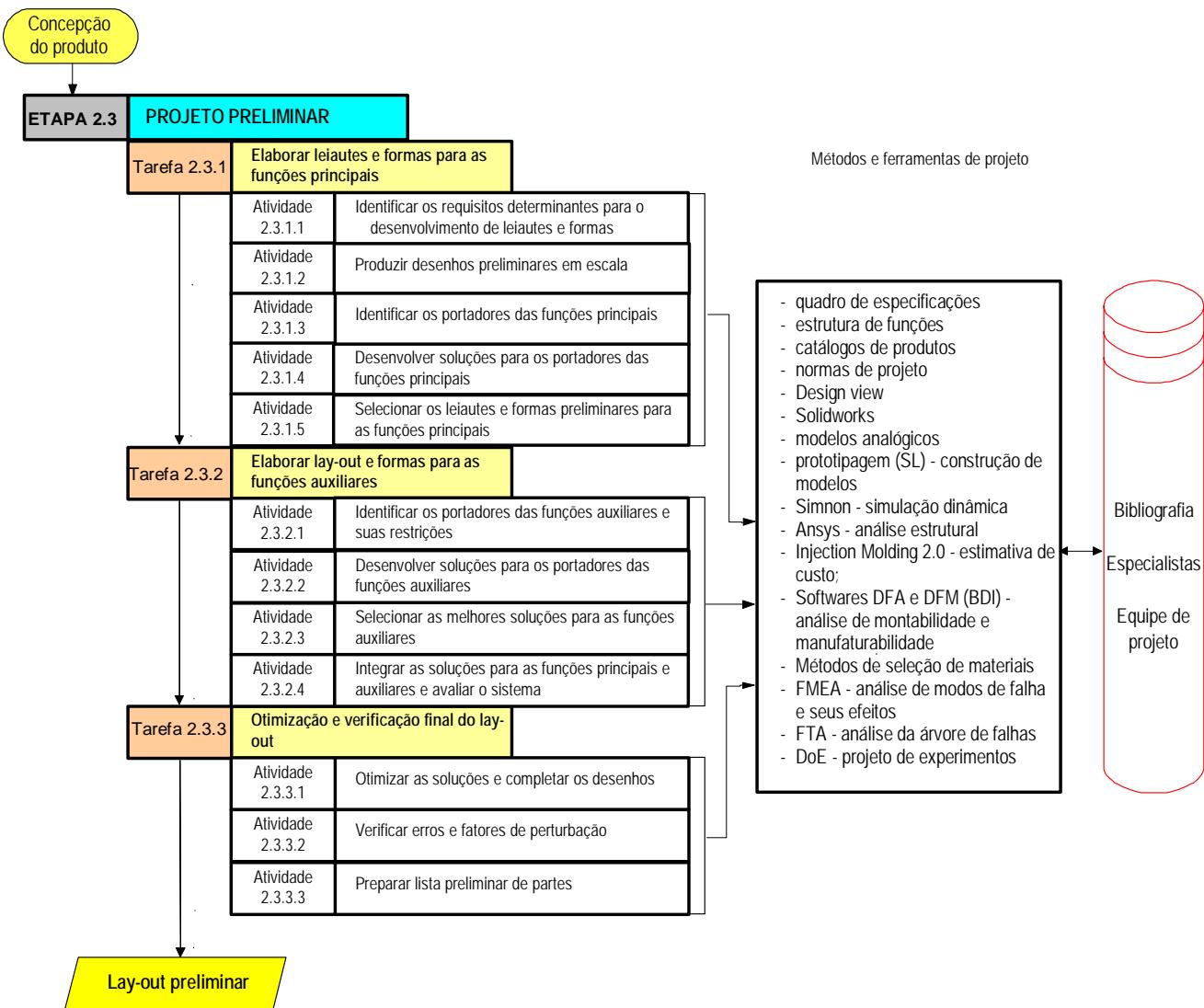


Fig.2.11 - Etapa do projeto preliminar do NeDIP, segundo Back e Forcellini (2003).

Baxter (2000) refere-se à etapa de projeto preliminar com sendo a etapa de configuração do projeto, segundo o autor esta fase evolui desde o projeto conceitual, passando pelos desenhos técnicos, até a construção, teste e avaliação do protótipo.

Na figura 2.12, têm-se as entradas e resultados desta fase. Nota-se, segundo o autor, que a saída desta fase são os desenhos e os resultados da análise dos testes efetuados, que serão à entrada da fase de projeto detalhado.

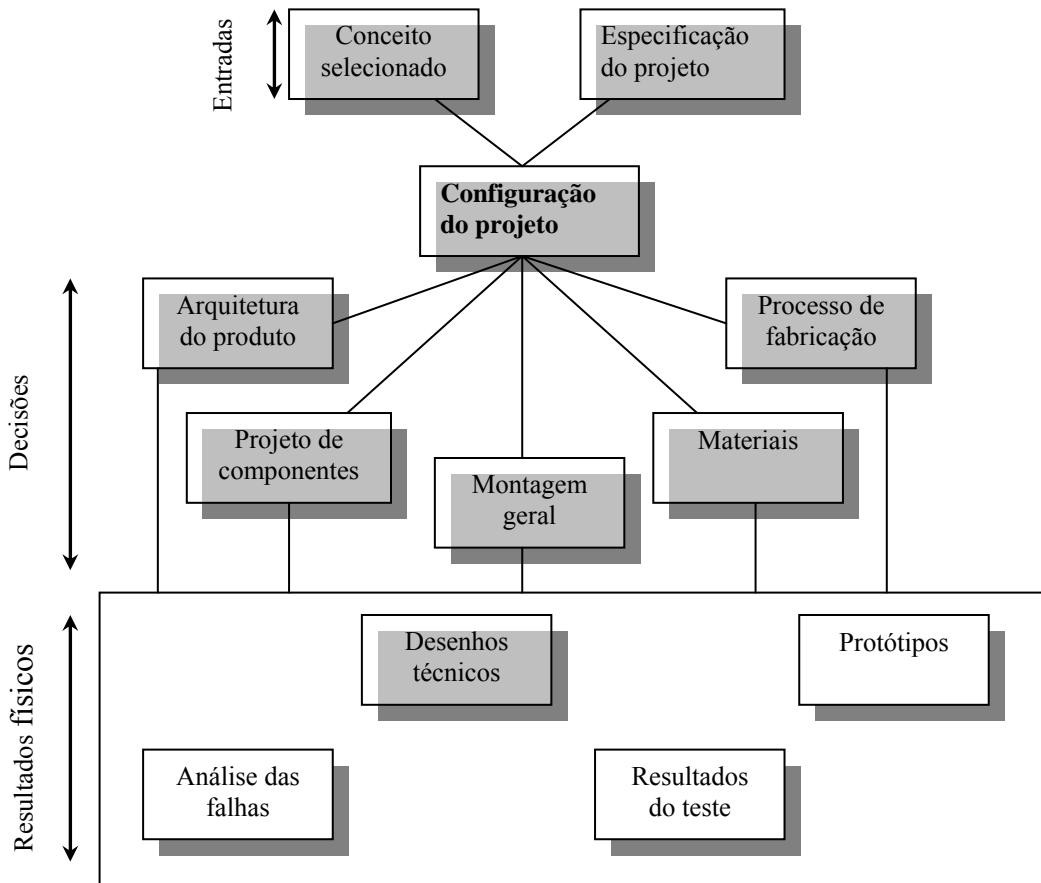


Fig. 2.12 - Entradas e resultados da fase de configuração do projeto preliminar, segundo Baxter (2000).

#### 2.2.4 - Projeto Detalhado

Para execução desta etapa, necessitam-se os conhecimentos de materiais e processos de fabricação.

Deverão ser definidos e detalhados todos os desenhos com dimensões, tolerâncias de todos os componentes, bem como a especificação completa de todos os materiais empregados.

Segundo Baxter (2000), no projeto detalhado determina-se como o produto deverá ser produzido, inclusive a decisão de quais componentes serão comprados de terceiros e quais serão fabricados na própria empresa.

Segundo Back e Forcellini (2003), o resultado da análise da falha executada na etapa anterior fornecerá uma indicação de como testar o produto.

Para aprovar o projeto deverá ser executado o teste do produto para validar o seu desenvolvimento, e também uma reavaliação da sua viabilidade econômica.

Os autores apresentam na figura 2.13 as tarefas que deverão ser realizadas nesta etapa.

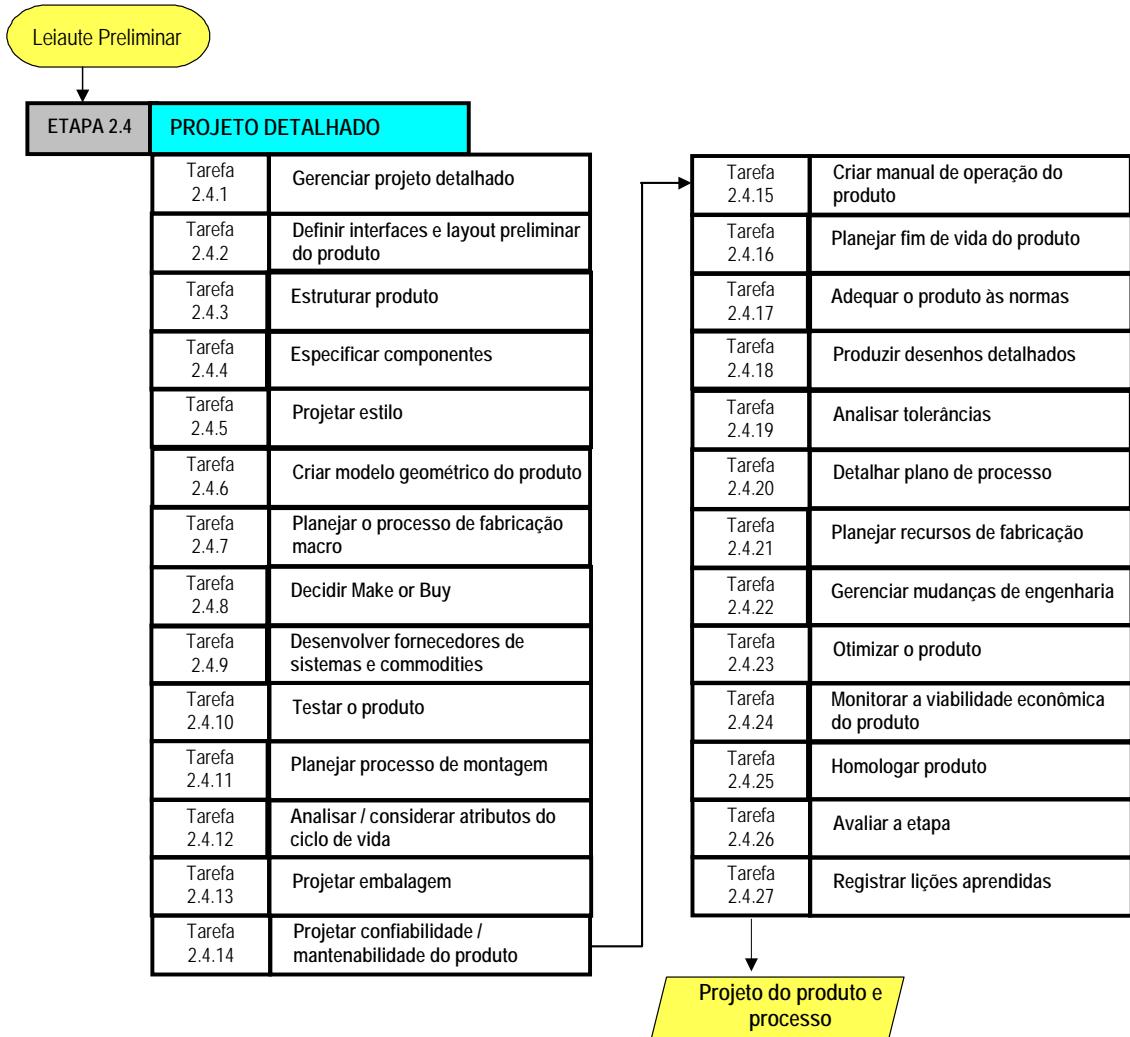


Fig. 2.13 - Etapa do projeto detalhado, segundo Back e Forcellini (2003).

Ao iniciar o projeto detalhado, deve-se ter em mãos os resultados da análise de falhas e testes de experimentos e/ou protótipos e teste físico, e dever-se-á empregar todos os esforços em determinar como o projeto deverá ser produzido. No mesmo, incorporam-se as instruções necessárias para fabricação do produto, que farão parte do documento final de especificação do produto. Também é necessário reavaliar o produto através de testes.

A figura 2.14 mostra o trabalho que deverá ser realizado no projeto detalhado, segundo Baxter (2000), com suas respectivas entradas e saídas.

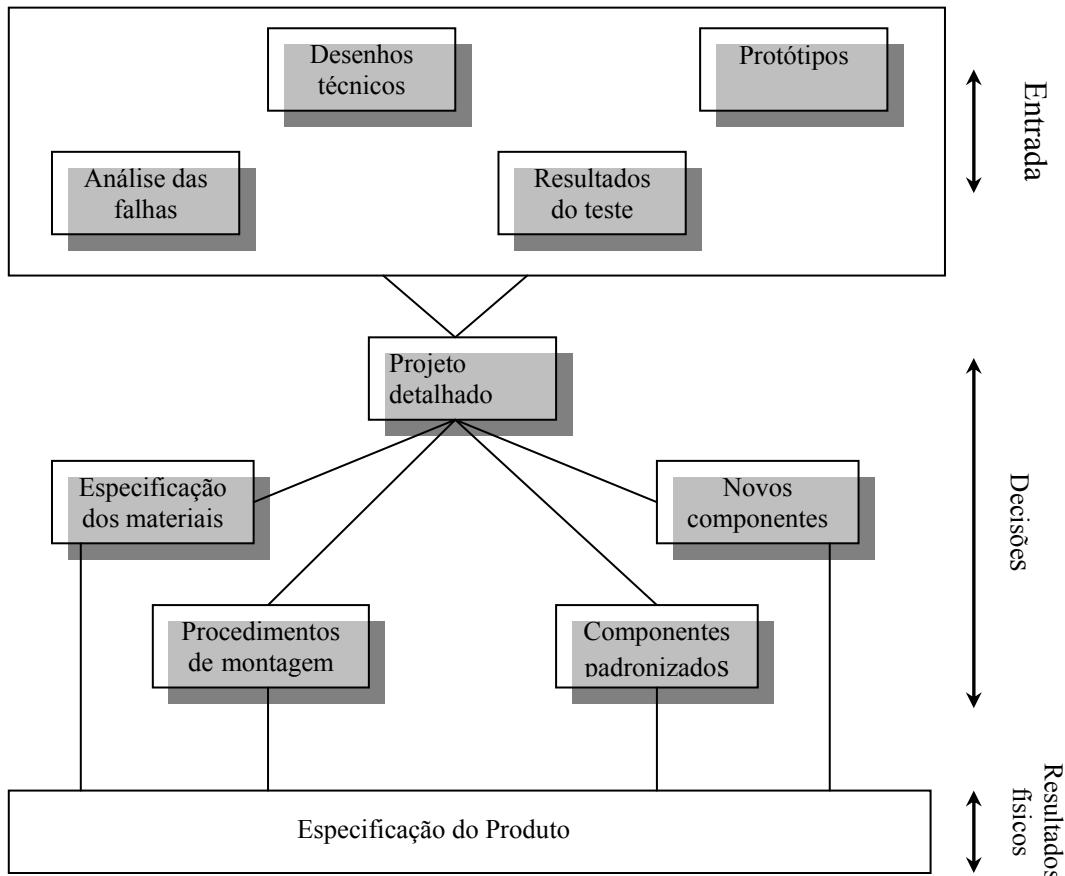


Figura 2.14 - Entradas e saídas do projeto detalhado segundo Baxter (2000)

Na figura de entradas e saídas proposta por Baxter, é mostrada uma forma diferenciada de visualizar as atividades de entrada, qual foi a transformação ocorrida na fase e qual o resultado final, também facilitando a definição de quais os controles deverão ser feitos para avaliar o processo.

A partir da metodologia apresentada, consideram-se os passos necessários e as entradas e saídas em cada fase do projeto, possibilitando definir os pontos de avaliação e controle necessários para sistematizar um modelo de avaliação. Porém, torna-se necessário estabelecer o modo de execução e os critérios utilizados na avaliação de cada fase.

Na seqüência, faz-se fazer um estudo dos métodos de avaliação de projetos existentes, visando sistematizar um modelo de avaliação que possa ser utilizada junto com o modelo de fases consensual apresentado.

### **2.3 - Métodos de Avaliação**

A avaliação de um projeto de produto pode assumir amplas dimensões, considerando aspectos mais diversos e, dentre eles, pode-se citar o mercado, meio ambiente, planejamento e gerenciamento de equipes, conformidade do projeto, financeiro, tempo.

O primeiro passo para se estabelecer um modelo de avaliação é identificar quais as dimensões, ou áreas chave, que melhor traduzem as atividades que se deseja controlar, ou seja, o que se deseja controlar.

Uma forma de se identificar às dimensões da atividade de projetos é proposta por Valeriano (1998), o qual afirma que a avaliação do projeto pode ser vista de acordo com uma visão ampla, como seguindo duas grandes áreas:

- a) A gerencial, sobre o programa do projeto, ou seja, as relacionadas ao prazo, controle dos custos de desenvolvimento, execução física, gestão da documentação técnica, coordenação das equipes e ambiente de desenvolvimento.
- b) A nível técnico, sobre a qualidade do produto, controle do *design*, avaliação de conformidade, requisitos físicos, funcionais, materiais, etc.

Valeri (2000) complementa, mostrando em seu estudo, que existe mais uma área relacionada à avaliação do projeto, que é a avaliação estratégica e que está relacionada, principalmente, ao mercado e ao portfolio de produtos da empresa.

O presente estudo tem por objetivo avaliar as dimensões a nível técnico do projeto do produto, que deverão estar alinhadas com os objetivos estratégicos da empresa.

Dentro da dimensão técnica do produto, encontra-se a avaliação da qualidade que, segundo Garvin (1992), pode ser avaliada quanto ao desempenho, às características do produto, à confiabilidade, à conformidade, à durabilidade, à estética e à qualidade percebida.

Uma forma de traduzir as metas estratégicas, no desenvolvimento do produto, é através do projeto informacional, quando o mesmo recebe o problema de projeto contendo os desejos que atenderão as necessidades estratégicas previamente avaliadas pela empresa.

Como existe um relacionamento entre as diversas áreas de avaliação de projetos, principalmente uma relação direta entre a avaliação estratégica e técnica, faz-se aqui um breve estudo de algumas dimensões, as quais poderão influenciar o processo de avaliação do projeto do produto. Desta forma é possível verificar a contribuição que os métodos de avaliação estratégico e gerencial podem trazer, ou influenciar na avaliação técnica do produto.

A seguir, apresenta-se as três principais linhas relacionadas à avaliação de projeto de produtos.

### **2.3.1 Avaliação estratégica**

A bibliografia mostra que existem vários estudos sobre a avaliação estratégica e o desempenho gerencial da área de projetos. Muitos destes trabalhos são liderados por profissionais das áreas de marketing, administração e economia.

A avaliação estratégica mostra através de um estudo do ambiente externo e do ambiente interno, como deve ser o posicionamento da empresa em relação ao desenvolvimento de produtos. E, que, segundo Baxter (2000), podem ser estratégias ofensivas, defensivas, tradicionais ou estratégias dependentes.

Em seu estudo sobre medidas de sucesso em projetos, Griffin (1996) mostra que as medidas de sucesso do projeto devem ser formuladas em função da estratégia da empresa, que pode ser prospectora, analisadora, defensiva ou reativa, incluindo o tipo de projeto do produto; e a autora classifica como inovação mundial, novo para a empresa, melhoria em produto existente, ampliação da linha e reposicionamento do mercado. O trabalho apresenta para cada estratégia e tipo de produto um conjunto de indicadores relacionados ao sucesso mercadológico, financeiro e técnico. Indicadores que iniciam com a satisfação do cliente, participação no mercado, meta de lucratividade, vantagem competitiva, requisitos de performance, indo até ao mercado, custo do desenvolvimento e inovatividade.

Os estudos de Griffin mostram uma visão mercadológica e estratégica do desenvolvimento de produtos, salientando o que deve ser feito para se obter um produto de sucesso. Porém, observa-se pouca contribuição de como fazer, o que seria mais relacionado a aspectos técnicos do desenvolvimento de produtos. Sua significativa contribuição, Griffin (1993), está em como mensurar o esforço necessário ao desenvolvimento de produto, propondo um conjunto de métricas para medir este esforço, e que podem ser utilizadas para o planejamento e gerenciamento do desenvolvimento do projeto.

Bond (2002) afirma que existe uma relação intrínseca entre indicadores de desempenho pertencentes a um sistema de medição de desempenho e a estratégia da empresa, com o objetivo geral de conduzir a empresa à melhoria de atividades, através do alinhamento do ambiente e os objetivos estratégicos.

O modelo de avaliação estratégica ressalta o desempenho no desenvolvimento do produto em relação às metas estabelecidas no planejamento estratégico, com um monitoramento por indicadores de desempenho.

Segundo Silva (2001), para uma empresa desempenhar bem o processo de desenvolvimento de produtos, torna-se necessário que a mesma tenha competência de gestão. Assim, propõe um método para avaliar o desempenho através da implementação de indicadores que monitoram estas competências.

O modelo proposto é composto de três módulos de diagnóstico: posicionamento diante das tendências de desenvolvimento de produtos, competências gerenciais no processo de desenvolvimento e planejamento de produtos, e opiniões individuais.

O autor recomenda um conjunto de indicadores, figura 2.15, para orientação das empresas na escolha de quais devem ser utilizados no processo de avaliação, e que são posteriormente agrupados e utilizados em seu modelo de diagnóstico. Observa-se que o quadro mostra indicadores de resultados e indicadores meio, ou seja, determinantes dos resultados.

Estes indicadores, segundo o autor, deverão ser utilizados dentro de um enfoque de melhoria contínua, de forma flexível, onde sua utilização pode ser ativada ou desativada.

	<b>Financeiro</b>	<b>Não-Financeiro</b>
<b>Resultado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Participação no mercado</li> <li>➤ Percentual da receita gerada por novos produtos</li> <li>➤ Receita de novos produtos</li> <li>➤ Meta de lucro</li> <li>➤ IRR/ROI</li> <li>➤ Crescimento da receita oriunda de novos produtos</li> <li>➤ Custo das devoluções de novos produtos</li> <li>➤ Valor dos pedidos dos novos produtos oriundos de novos clientes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Satisfação do cliente</li> <li>➤ Vantagem competitiva</li> <li>➤ Aceitação do cliente</li> <li>➤ Confiabilidade</li> <li>➤ Número de reclamações devido à qualidade de projeto</li> <li>➤ Tempo para desenvolvimento de novos produtos</li> <li>➤ Número de novos produtos</li> <li>➤ Número de novos clientes com pedidos de novos produtos</li> <li>➤ Pontualidade da entrega dos novos produtos</li> <li>➤ Relação dos novos produtos com total e produtos</li> <li>➤ Participação de componentes recicláveis</li> </ul>
<b>Meios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fluxo de recursos (investimento x tempo)</li> <li>➤ Percentual da receita investida no processo de desenvolvimento de novos produtos</li> <li>➤ Gastos com o desenvolvimento de novos produtos</li> <li>➤ Custo do protótipo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tempo para desenvolvimento de protótipos</li> <li>➤ Número de não-conformidades nos lotes piloto</li> <li>➤ Taxa de redução de peças</li> <li>➤ Taxa interna de não conformidade de novos produtos</li> <li>➤ Custo de não conformidade interna de novos produtos</li> <li>➤ Qualificação dos funcionários que atuam no desenvolvimento de produtos</li> <li>➤ Rotatividade dos envolvidos no processo de desenvolvimento de novos produtos</li> <li>➤ Performance dos fornecedores que participam do desenvolvimento de novos produtos</li> <li>➤ Número de componentes-padrão nos novos produtos</li> <li>➤ Mudanças no projeto para atender à capacidade do processo</li> <li>➤ Competências de gestão do processo de desenvolvimento de produtos</li> </ul>

Fig. 2.15 – Quadro Genérico de indicadores de processo de desenvolvimento de produtos, segundo Silva (2001).

O método de avaliação, proposto por Silva (2001), pode ser considerado de gerencial, ou seja, relacionado ao desempenho da equipe de desenvolvimento de produto. Além disso, pode-se pensar como método estratégico, quando avalia o mercado, a gestão e sua competência no desenvolvimento de produtos, no entanto, não traz contribuição de como avaliar tecnicamente o produto.

Kaplan e Norton (1997) apresentaram o método do *Balanced Scorecard* BSC, com o objetivo de traduzir a missão estratégica da empresa em quatro perspectivas diferentes: financeira, do cliente, dos processos internos, e do aprendizado e crescimento.

A utilização de indicadores no BSC é feita para articular a estratégia da empresa, comunicar a estratégia, e alinhar as iniciativas individuais, organizacionais e interdepartamentais, com o objetivo de atingir uma meta.

O BSC é um modelo de implementação da estratégia da empresa, e pode ser utilizado no desenvolvimento de produtos para auxiliar na elaboração de índices dentro das quatro perspectivas propostas. Dessa forma, é possível que os objetivos gerais sejam desdobrados em objetivos específicos, e estes, na forma de indicadores para serem utilizados no desenvolvimento de produtos.

A avaliação estratégica mostra o que deve ser feito para a empresa obter um produto de sucesso, porém, contribui pouco em como fazer, como obter esse sucesso. As metas estratégicas relacionadas ao produto a ser projetado deverão ser entregues à equipe de projeto do produto, na forma de problema de projeto. Estas deverão ser trabalhadas gradualmente na etapa de projeto informacional até se obter as especificações técnicas do produto, incluindo suas características e metas de desempenho.

### **2.3.2 Avaliação Gerencial**

A avaliação gerencial, através do modelo de gerencia de projetos, preocupa-se com a organização do ambiente de desenvolvimento do projeto, alocação dos recursos financeiros, materiais, físicos, competência da equipe, os prazos, ambiente de trabalho, utilização da engenharia simultânea, enfim, todo o gerenciamento das atividades que resultarão no novo produto.

Um sistema de avaliação gerencial normalmente utiliza indicadores para avaliar o tempo e custo de desenvolvimento do produto, os recursos utilizados, e a flexibilidade da equipe.

No projeto por fases, conforme o modelo consensual trabalhado, é fundamental que seja feito o planejamento detalhado de cada fase, além de uma avaliação periódica em relação ao resultado deste planejamento.

Existem diversos trabalhos publicados sobre este tema, como o trabalho de Maximiano (2003), sob o título de administração de projetos. Muitos destes trabalhos são baseados no guia PMBOK (2000) do PMI.

Por questão de foco e espaço não será abordado o modelo de administração de projetos, podendo-se consultar alguns dos trabalhos referenciados.

### **2.3.3 – Avaliação Técnica**

Foi visto que uma forma de avaliação de qualquer processo é a de utilização de indicadores. As pessoas envolvidas no determinado processo avaliam e implementam indicadores que em conjunto melhor representam o desempenho do processo em relação aos objetivos traçados.

As métricas são indicadores de desempenho que representam uma medida para o valor alvo e possibilitam a utilização de indicadores para avaliar novos produtos. Estes são julgados contra padrões diferentes de plano, objetivo, metas a até expectativas de um produto existente.

A vantagem na utilização de métricas para avaliar o processo está em transformar uma análise qualitativa em quantitativa. Neely (2000) propõe uma forma de desenvolver um conjunto de indicadores que monitoram o desempenho de uma atividade.

De acordo com o autor, o primeiro passo é obter um consenso sobre os objetivos do negócio, que a partir daí resultarão em dois grupos de indicadores, os indicadores de alto nível, que são os indicadores de resultados e os indicadores determinantes dos resultados, chamados de *Performance Drivers*.

A proposta de Neely (2000) pode ser observada pela figura 2.16.

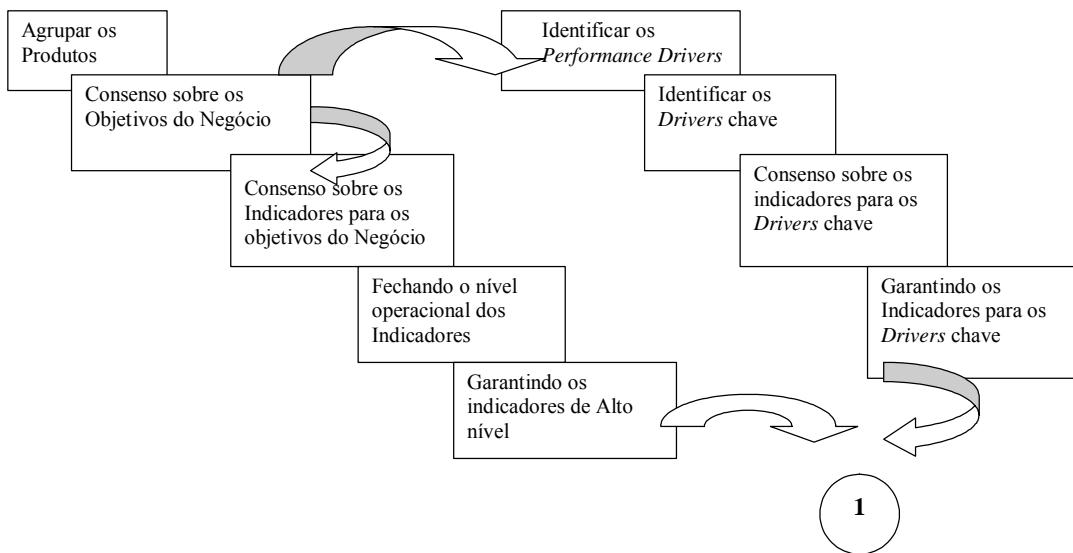


Fig 2.16 - Obtenção de indicadores para medição de desempenho, segundo Neely (2000)

Os indicadores de resultados informam sobre o passado, se os objetivos foram alcançados, ou não. Já os determinantes dos resultados indicam as tendências de desempenho futuro. Um sistema de avaliação, segundo o autor, deve combinar um conjunto de indicadores de resultados e de tendências.

Os indicadores de resultados procedem, principalmente, da análise estratégica e podem ser exemplificados como a participação no mercado, meta de lucro e vantagem competitiva. No que se refere aos determinantes de resultados, estes medem principalmente a qualidade, as características do produto, e a conformidade do processo.

É importante que os responsáveis pela análise estratégica informem, no problema de projeto, quais os objetivos, metas, do projeto e quais os indicadores utilizados na avaliação, contribuindo na formulação do problema e na elaboração da especificação do projeto informacional.

Xijuan et al (2002) propõem um conjunto de métricas para direcionar o processo de revisão de projetos. O método sugere que as tarefas de projetos tenham importâncias diferentes, ou seja, que seja possível priorizar quais as atividades tem um impacto maior sobre as outras e sobre a qualidade do projeto. A partir deste pressuposto, o autor propõe um conjunto de métricas que medem o grau de importância das tarefas e direcionam o processo de revisão. O método consiste em:

- Decompor o projeto em tarefas e definir o fluxograma de precedência, de acordo com a estrutura funcional do produto.
- Computar o grau crítico de cada tarefa, com uma fórmula para quantificar o grau de influência de uma tarefa nas demais atividades.
- Checar a possibilidade de ocorrência de erro, através de um histórico de erros e avaliação. Caso a tecnologia empregada seja nova, recai sobre a experiência da equipe com a tecnologia e o grau de erro em revisões anteriores.
- Computar o grau de inter-relação entre as atividades e sua dependência.
- Computar o grau de importância de cada tarefa.

Apesar da grande maioria dos trabalhos publicados relacionados a métodos de avaliação e métricas estarem focados na avaliação do projeto, a nível estratégico e gerencial, o trabalho de Xijuan et al (2003) mostra uma técnica útil para direcionar o processo de revisão, salientando a possibilidade de erro em cada tarefa, o que auxilia a equipe no direcionamento de seus esforços nas atividades críticas.

Os indicadores de desempenho são muito utilizados para monitorar o trabalho realizado no que se refere ao atendimento das estratégias e gerenciamento da atividade de projeto. Esses indicadores têm a grande vantagem de ser um método quantitativo, ao invés de qualitativo, o que torna o seu uso mais simples e mais preciso. Porém, existem poucos trabalhos que trata da utilização no processo criativo do projeto, talvez, devido a sua natureza criativa, o que dificulta a busca e implementação desses indicadores. De qualquer forma existe ainda muito espaço para se desenvolver indicadores no monitoramento do processo técnico de desenvolvimento de projetos.

Back (1983) propõe um método de avaliação por revisão do projeto, que segundo o autor deverá ser executado durante as atividades normais de projeto, ou seja, durante o trabalho realizado pelos projetistas diretamente envolvidos. Inclui, nesse caso, as revisões planejadas por uma equipe de revisão multifuncional, com especialistas de diversas áreas e campos de conhecimentos, conduzidos por um representante do projeto. O autor apresenta um método para a revisão por equipe que deve ocorrer preferencialmente em três fases: Após o projeto conceitual, após o projeto preliminar e após o protótipo e teste do produto.

O método apresentado consiste de:

- Preparação da reunião, levantamento de todas as informações necessárias, como desenhos, critérios, dados de revisões similares, concorrência, recursos,

cronograma. Estas informações deverão ser enviadas a cada membro da equipe de revisão em um prazo de dez dias antes da reunião.

- Início da reunião com apresentação do projeto em questão, contendo introdução, definição dos requisitos que o projeto deve satisfazer quanto a desempenho, segurança, custo, estilo, confiabilidade, lista de checagem, as soluções estudadas, a solução aplicada, dificuldades encontradas e como foram resolvidas.
- Análise, identificação de problemas, soluções e recomendações para as ações que deverão ser executadas, sejam de re-estudo ou resolução, que deverão ser acatadas ou não pela equipe de projetos, comprovando os motivos da decisão.

A proposta do autor mostra em linhas gerais o que deve ser avaliado, quem deve avaliar e quais as principais diretrizes da avaliação. Porém, a mesma proposta não contempla a revisão da fase inicial do projeto e não mostra mais detalhes de como fazer a revisão e quais os critérios utilizados para a avaliação.

Weber (2001), ao analisar o processo de projeto observou que podem ocorrer algumas falhas, em etapas chave, elaborando um fluxograma representado pela figura 2.17. Este fluxograma mostra cada fase do desenvolvimento de produto e algumas possibilidades de erros, que deverão ser trabalhados para evitar que aconteçam, e também pode servir de base para a implementação de indicadores que monitorem e avaliem cada etapa do projeto.

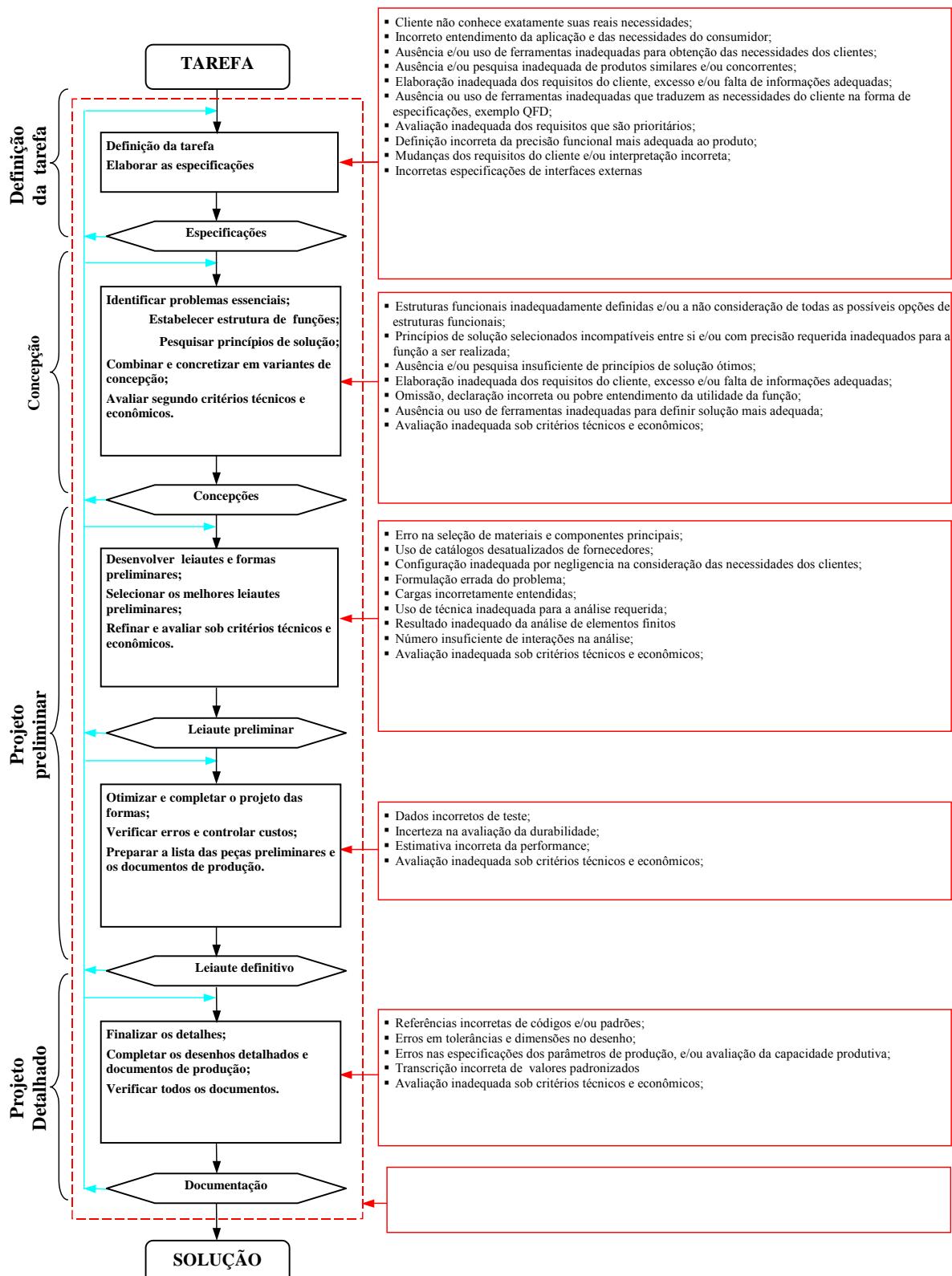


Fig. 2.17 - Possibilidade de falhas no processo de desenvolvimento de produtos, segundo Weber (2001).

### 2.3.3.1 - Gates

Um conceito em relação à avaliação do processo de revisão por fases está na utilização de *Gates*, também chamado de *Gateway*, ou *Stage-Gate*. Segundo Cooper (1994) os *Gates* são pontos de verificação e decisão, ou seja, pontos de checagem para o controle de qualidade do processo, onde são verificados se certos pré requisitos foram atingidos, e condicionado sua aprovação a continuidade da próxima etapa.

Segundo o autor, o processo de revisão de fases evoluiu a partir do processo desenvolvido pela Nasa, nos anos 60, denominado de *Phased Project Planning* - PPP, chamado posteriormente de *Phased Review Process*.

O processo consiste em separar o desenvolvimento do produto em fases e fazer revisões ao final de cada fase, no qual são localizados os *Gates*, verificando se os pré-requisitos foram atingidos, caso contrário o projeto não pode continuar.

A vantagem do método é de disciplinar o processo de projeto, garantir que todas as tarefas sejam cumpridas e reduzir os riscos do projeto. Traz como desvantagem o fato de trabalhar isoladamente o processo técnico do projeto, sem considerar o negócio como um todo e com pouco ou nenhum envolvimento de profissionais das demais áreas da empresa.

Segundo Cooper (1990), o sistema de revisão de fases por *Gates* evoluiu para um sistema multifuncional, envolvendo profissionais de diversas áreas e departamentos, além da engenharia, ficando mais abrangente e cobrindo todo o ciclo de desenvolvimento do produto, desde a idéia do produto até a sua produção e lançamento. Desta forma, o sistema incorporou conceitos de engenharia simultânea e uma forte orientação para o mercado.

Na figura 2.18, tem-se uma representação genérica do processo de revisão de fases segundo Cooper (1990).

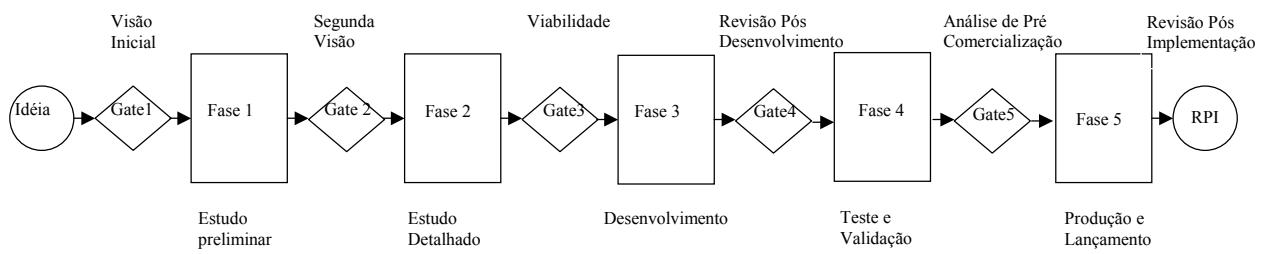


Fig. 2.18 – Processo de Revisão de fases por *Gates*, adaptado de Cooper (1990).

A avaliação de cada *Gate* é executada por uma equipe de avaliação denominada por Cooper (1990) de *Gatekeeping group*. Essa equipe é multidisciplinar e multifuncional, com membros da área de engenharia, marketing, vendas, produção e administração. Pode, inclusive, apresentar mudanças na sua composição de um *Gate* para outro, incorporando, por exemplo, um especialista em determinada área. Porém, torna-se necessário cuidar com a coesão e continuidade do grupo.

Segundo o autor, o processo de decisão na avaliação do *Gate* é feito em duas partes, na primeira o projeto é avaliado de acordo com os critérios definidos, sendo a decisão baseada somente na conformidade do projeto, se o mesmo é considerado bom ou não. Na segunda decisão, deve-se considerar o portfólio de produtos, a priorização dos recursos e a estratégia da empresa.

Conforme pode ser observado na figura 2.18, a lógica proposta abrange desde a idéia do produto até o lançamento e pós-lançamento, envolvendo e integrando no processo as áreas de engenharia, marketing, produção, financeiro e a alta administração. Apesar da abrangência do método, observa-se também uma falta de profundidade, na qual a fase de desenvolvimento do projeto é vista e avaliada como uma etapa única, sem avaliar os seus desdobramentos, suas tarefas e sub-tarefas. Desta forma, o método não responde como avaliar de forma completa o processo de projeto, ficando uma lacuna a ser preenchida, para a sistematização de um modelo, utilizando a mesma lógica de fases, que avalie passo a passo o processo de projeto.

Cooper (1994) também propõe uma nova geração de *Gates* com uma lógica não rígida e sim fluida e adaptável, ou seja, com fases superpostas para aumentar a velocidade e as decisões condicionais, não absolutas, flexível, dependendo do projeto. Desta forma, segundo o autor, são resolvidos os problemas da geração anterior, como no caso de um projeto parar e esperar a aprovação da fase anterior para iniciar a nova atividade, aumentando o tempo de desenvolvimento de produtos e a falta de flexibilidade. Projetos simples e complexos têm que passar pelo mesmo processo formal de avaliação.

Esta nova geração proposta, apesar de buscar resolver algumas dificuldades do método anterior, cria grandes dificuldades na sistematização de um modelo de avaliação do processo de projeto, pois as decisões são condicionais, o que as tornam complexas e sofisticadas, e as fases fluidas e sobrepostas tornam difícil a localização exata do *Gate* para a avaliação.

Pahl & Beitz (1996) também propõem critérios de avaliação entre as fases, seguindo a lógica dos *Gates*, denominado de *Quality Gates*. Em cada fase, tem-se a aprovação de um *Gate* como condicionante para seguir adiante. Eles propõem no início de cada fase uma *checklist* para verificar os objetivos a serem atingidos e, no final, uma nova *checklist* com os

itens a serem avaliados, para verificar se os objetivos foram atingidos. Trata-se de uma revisão de fases, porém, os autores não trazem maiores informações a respeito de como fazer a avaliação de cada fase, o que exatamente deve ser avaliado e quais os critérios deverão ser utilizados.

Valeri (2000) apresenta um estudo sobre revisão de fases em desenvolvimento de produtos dentro de uma indústria automotiva, trata-se de um projeto de grande porte onde trabalham cerca de setenta pessoas.

O projeto estudado utiliza revisão de fases por *Gates*, o sistema é composto de seis fases, que são avaliados por nove *Gates*, chamados pela empresa de *Gateways*. Na figura 2.19, tem-se uma representação do modelo estudado.

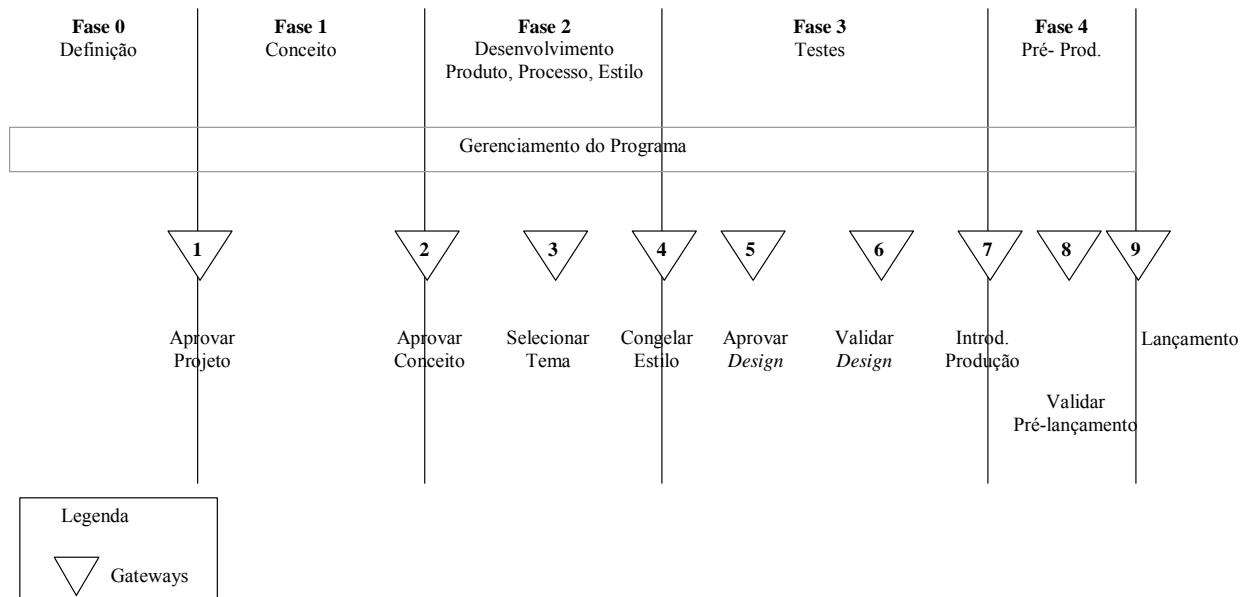


Fig. 2.19 - Modelo de fases e *Gateway*, adaptado de Valeri (2000).

A sistemática de *Gates* tem como característica a utilização de duas equipes distintas para fazer a avaliação de cada *Gate*, as equipes de avaliação são:

- Equipe de Projeto: Também chamada de time de projetos, é uma equipe variável, flexível e multifuncional. A equipe responsável pelo projeto é responsável pela avaliação e os membros da equipe variam de uma fase para outra.

- Comissão de Produtos (CP): É a segunda equipe de avaliação, é um grupo formado por membros da diretoria envolvidos diretamente com o produto, e são responsáveis por avaliar como o projeto contribui com as metas da empresa.

A primeira equipe a avaliar o processo é a equipe de projeto, e depois de tomada a decisão o resultado vai para a comissão do produto, onde é avaliado e dado o parecer final.

As decisões da equipe podem ser:

- Projeto aprovado e continua para a próxima fase.
- Projeto continua, porém de forma condicional, aprovado um plano de ação para resolver as pendências.
- *Gate* reprovado estabelece um plano de recuperação com um novo prazo e é marcada uma nova avaliação do *Gate*.
- Congelar o projeto, esta decisão normalmente é tomada pela CP por motivos estratégicos.
- Projeto reprovado, neste caso o projeto é cancelado.

Na figura 2.20, representa-se o processo de avaliação de um *Gate*, que segundo o autor a empresa denomina de *Gateway*. Segundo a figura os *deliverables* são avaliados pelo time de projetos, segundo critérios de passagem. Após a decisão, são avaliados pela comissão de produtos utilizando a experiência estratégica.

Os *deliverables* são os produtos a serem avaliados, que segundo Valeri (2000) são os resultados de atividades realizadas, como um desenho, um estudo ou um documento, cada *Gate* contém os seus *deliverables*.

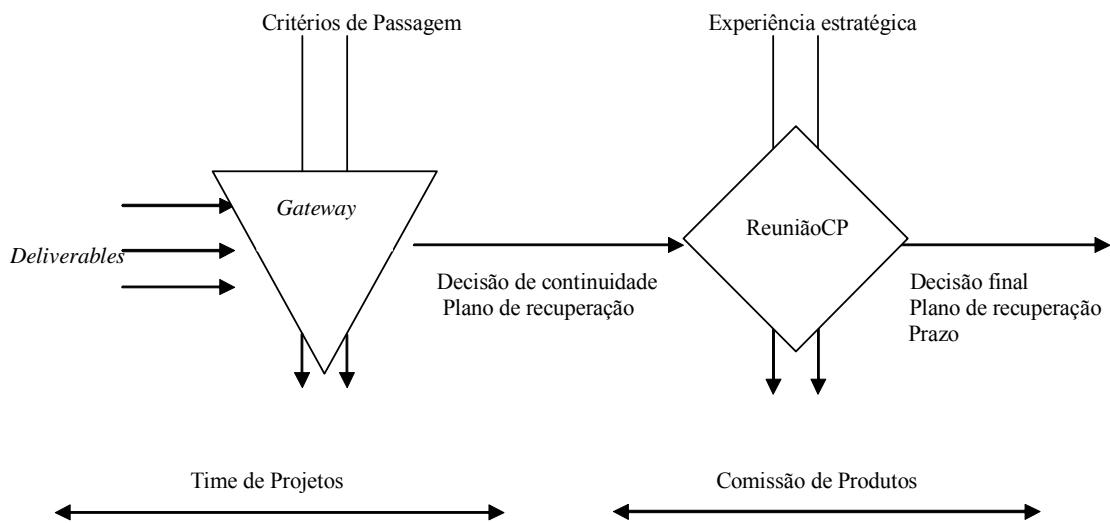


Fig.2.20 - Processo de *Gateway* segundo Valeri (2000).

Os critérios de passagem no estudo não estão muito claros, segundo Valeri (2000), não se sabe exatamente quais são os critérios para aprovar ou rejeitar o *deliverables* e o *Gate*, e a decisão é realizada com base no conhecimento e experiência da equipe de avaliação.

O modelo estudado tem algumas características, como processo integrado, envolvendo várias áreas da empresa, constituindo-se de fases, *Gates*, e *deliverables* bem definidos. Inclui-se um modelo que a empresa avaliou ser mais adequada para o seu produto e mercado, valorizando a estratégia, através de uma segunda equipe de revisão estratégica, denominada de equipe de comissão de produtos.

Observa-se, no modelo apresentado na fig.2.19, que a fase de projeto e desenvolvimento do processo são avaliadas por poucos *Gates*. Tem-se uma avaliação com pouco nível de detalhamento e períodos entre as avaliações muito longos, o que torna o controle pouco eficiente. Para resolver este problema faz-se as revisões técnicas dos projetos, que são revisões paralelas executadas pela equipe de projetos, e que não possuem uma sistematização clara e bem definida.

Diversas empresas vêm utilizando a lógica de *Gates* para a avaliação dos seus processos. Phillips et al (1999) realizaram um estudo comparativo sobre a utilização dos *Gates* em seis grandes indústrias, Bombardier, Kodak, General Electric, Lucas Industries, Rolls-Royce e Motorola. Na análise, mostraram que existem algumas semelhanças e diferenças na sua utilização. As principais observações foram:

- O número de *Gates* varia em cada indústria, empresas que procuram obter atributos diferenciados para seus produtos, onde a velocidade no lançamento do produto é fator determinante para o sucesso. Buscam reforçar a fase inicial, com forte orientação para o cliente, utilizando mais *Gates* no início do desenvolvimento. É o caso da Kodak (6 fases), a G.E. (10 fases) e a Bombardier (7 fases).
- As empresas estudadas utilizam revisões intermediárias dentro dos *Gates*.
- As empresas que utilizam revisões de fases dentro de um ambiente de engenharia simultânea, com equipes multifuncionais, utilizam menos *Gates* e as empresas que trabalham em um ambiente funcional necessitam e utilizam um número maior de *Gates*.

Isto é explicado, segundo os autores, devido ambiente de engenharia simultânea proporcionar maior interação entre as pessoas, aumentando as suas responsabilidades e obtendo maior adesão ao projeto, o que aumenta a sua revisão interna, seja formal ou informal. Já, as empresas departamentalizadas necessitam de um maior controle no projeto, e consequentemente mais *Gates*.

Alguns autores como Cooper (2002) e Griffin (1996) afirmam que a fase inicial do projeto é a que mais influencia na possibilidade do produto ser um sucesso, por ser a etapa em que se deve ouvir o cliente.

Cooper (2002) afirma que, apesar do conceito de foco no cliente ser uma afirmação consensual, 75% dos produtos lançados falham na pesquisa de mercado, sendo esta a etapa mais negligenciada. O autor afirma que a maior diferença entre produto bem sucedido e mal sucedido é relacionada à etapa inicial do projeto, isto é, no projeto informacional, na definição do problema de projeto, suas metas, objetivos, valor alvo.

Segundo o autor, nesta etapa, uma boa definição, além de ser a chave do sucesso, aumenta a velocidade de desenvolvimento de todo o projeto, daí a necessidade de um bom controle na passagem deste *Gate*.

Estas afirmações fazem sentido, pois, se a equipe de projeto trabalhar em um projeto mal especificado, com objetivos que não atendam as necessidades do mercado e da empresa, o mesmo poderá ser um produto tecnicamente bem resolvido, mas, um provável fracasso comercial.

Nos estudos de *Gates* apresentados, verificou-se que cada empresa faz a adaptação para atender as suas necessidades, porém a base do método permanece inalterada. Observou-se também que os níveis de detalhamentos das avaliações geralmente são baixos, e a

responsabilidade sobre o projeto recai sob a responsabilidade da revisão técnica da engenharia, que muitas vezes não são bem sistematizadas.

Desta forma, torna-se possível e interessante estender a lógica dos *Gates* com mais detalhes até a etapa de desenvolvimento do projeto, avaliando as suas fases, tarefas e subtarefas, o que será apresentado no modelo proposto desta dissertação e apresentado no capítulo 3.

## **2.4 - Ferramentas da qualidade em projetos**

Atualmente, com os sistemas de qualidade total, existe uma grande preocupação e busca pela excelência. Estes sistemas, que podem ser utilizados nas mais diversas atividades humanas, utilizam diversas ferramentas, dentro de um gerenciamento da rotina.

Harrington (1997) mostra a importância de um sistema de avaliação para gerenciar e monitorar um processo, e complementa que a melhor pessoa para fazer a medição é quem realiza a atividade; neste caso, a própria equipe de projeto. Segundo o autor, um bom sistema de medição impulsiona o desempenho, e auxilia na melhoria do processo medido, e é a chave para promover melhorias.

O autor afirma a necessidade de ter um processo de projeto do produto bem organizado e utilizar técnicas eficientes como o QFD, para garantir que as exigências dos consumidores sejam definidas e cumpridas. Aponta, ainda, o FTA e FMEA como ferramentas para garantir a confiabilidade do produto.

O FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), análise do modo e efeito das falhas, e o FTA (Fault Tree Analysis), análise da árvore de falhas, são métodos estruturados de análise de projetos de produtos e processos, que avaliam de forma sistemática e padronizada as possíveis falhas, mostrando quais as consequências e orientando quanto a medidas preventivas. O método FMEA é requisito obrigatório para a norma QS 9000 e de grande utilidade para as análises críticas exigidas nas normas ISO 9000. Segundo Helman et al (1995), o FMEA e FTA são aplicáveis nas seguinte situações:

- Melhoria de um produto ou processo já em operação, a partir da identificação das causas das falhas ocorridas e seu posterior bloqueio.
- Detecção e bloqueio das falhas potenciais na fase de projeto de produtos.
- Detecção e bloqueio das causas das falhas potenciais em produtos e processos já em operação.

No FMEA, analisa-se o problema de baixo para cima, ou seja, a partir da causa, em direção ao efeito. Procura-se determinar modos de falhas de componentes mais simples, as suas causas e como afetam os níveis superiores do sistema.

No FTA, o raciocínio é de cima para baixo, ou seja, a falha do sistema é denominada de evento de topo e é decomposta para os níveis inferiores, como galhos de uma árvore. Neste método, parte-se do efeito até chegar à causa.

Ambos os métodos analisam as falhas e a confiabilidade do sistema, sendo que no FMEA faz-se uma identificação das falhas críticas em cada componente, suas causas, consequências e uma hierarquia das falhas; no FTA faz-se uma identificação das causas primárias das falhas e uma relação lógica entre as falhas primárias e a falha final do produto.

## **2.5 - Conclusão:**

Neste capítulo foi visto que a bibliografia disponível aponta métodos para avaliação de projeto de produtos, porém de forma genérica, superficial, que não contemplam a qualidade técnica do projeto do produto, ou são ferramentas isolados para situações específicas.

O modelo de desenvolvimento de projetos que mais se aproxima do padrão defendido por diversos autores, é o modelo de fases consensual, proposto por Ferreira (1997) e Ogliari (1999) e utilizado no NeDIP. Por este motivo, foi o modelo selecionado para servir como padrão de referência para a elaboração de um modelo de avaliação do processo de projeto.

O modelo dos *Gates*, apesar de estar sendo empregada para avaliar o processo de projeto de forma superficial, é adequado para sistematizar um modelo de avaliação do processo de projeto. Utiliza-se o modelo de fases consensual, porque segue uma lógica de avaliação por fase, e os *Gates*, na qual os produtos de cada fase são julgados de acordo com critérios; neste caso critérios relacionados a metas, qualidade e custo.

Para a sistematização do modelo, identificam-se quais os resultados de cada tarefa e sub-tarefas deverão ser avaliadas, e quais os critérios utilizados na avaliação.

Desta forma, é viável a sistematização de um modelo que avalie cada fase do projeto do produto, utilizando a lógica dos *Gates*.

O modelo exposto no próximo capítulo é capaz de apontar onde e quando há uma tendência do projeto por em risco os objetivos traçados, servindo de apoio à equipe e aos responsáveis na busca da realização de um projeto de qualidade.

## CAPÍTULO 3 – MODELO DE AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE PROJETO

### 3.1 Introdução

Este capítulo apresenta o modelo proposto para avaliar o processo de projeto de produtos mostrado na figura 2.3.

Um processo de avaliação pode ser visto como um processo de comparação, utilizando modelos de referência, metas e objetivos, como critérios de julgamento que serão utilizados para julgar se uma determinada atividade atende ou não os requisitos.

O processo de projeto devido a sua natureza criativa está submetido a fortes influências psicológicas e comportamentais, incluindo as experiências pessoais prévias dos envolvidos, o que torna o processo difícil de roteirizar e, consequentemente, de difícil avaliação.

Porém, é possível, através de um processo sistematizado, considerando os objetivos e as especificações definidas e/ ou obtidas durante o próprio projeto, utilizar um modelo que garanta o êxito dessas especificações, e que a utilize como padrão de referência para cada etapa do projeto.

O modelo de avaliação deverá verificar se todos os passos necessários ao desenvolvimento do projeto foram cumpridos e atenderam os objetivos propostos. Desta forma, dará uma contribuição significativa quanto à possibilidade do produto ser um sucesso.

O modelo apresentado a seguir, baseada na lógica de revisão de fases, também chamada de *Phase Gates*, avalia cada etapa do projeto e condiciona o prosseguimento à aprovação da etapa anterior. Utiliza como referência o modelo de fase consensual proposto por Ferreira (1997), Ogliari (1999), e utilizado no NeDIP.

### 3.2 Proposta de um modelo de avaliação por revisão de fases

O modelo sistematizado consiste em um processo de revisão e avaliação por fases, seguindo a lógica dos *Gates*, dentro de um modelo de projeto por fases consensual no qual, ao final de cada fase do projeto, é definido um *Gate* ou ponto de checagem.

Cada *Gate* recebe da fase anterior as informações, chamadas de *deliverables*, conforme Valeri (2000), que serão avaliadas e julgadas segundo critérios de passagem

definidos. Se atender aos critérios dá-se continuidade a próxima fase, caso contrário, deve-se voltar e refazer a fase anterior.

Na figura 3.1, observa-se um fluxograma com todas as fases do processo de projeto, incluindo as posições de cada *Gate*. Pode-se observar que foi utilizado como base o modelo consensual, mostrando cada etapa onde será feita uma avaliação, bem como a posição dos *deliverables*.

A convenção adotada denomina de fase cada uma das quatro divisões do processo de projeto, sendo a primeira fase o projeto informacional, a segunda fase o projeto conceitual, a terceira fase o projeto preliminar e a quarta fase o projeto detalhado. Esta denominação facilita a elaboração do presente modelo, e foi utilizada por diversos autores como Arend (2003), Lima (2002), Fonseca (2000).

Cada *Gate* recebe os *deliverables* contendo todas as informações necessárias para fazer a avaliação, e também os critérios específicos para fazer a avaliação.

De acordo com o modelo proposto tem-se:

- *Deliverables* são os produtos a serem avaliados e que serão entregues ao respectivo *Gate*, podem ser desenhos, uma matriz morfológica, uma matriz de avaliação, um relatório, ou outro conjunto de informações necessárias.
- Critérios, que vão determinar como será feita a avaliação do *deliverable*, são na sua grande maioria relacionados à qualidade, como completeza, conformidade, operacionalidade, validade, praticabilidade, dentre outros.

Inicialmente, foram definidos quais são os *deliverables* de cada fase, obtidos através da identificação de quais são os resultados das atividades realizadas na fase, baseado no modelo de processo de projeto do NeDIP, representado na figura 2.3.

Uma vez definidos os *deliverables* da fase foi proposto um conjunto de critérios mínimos para proceder a sua avaliação.

Para realizar a avaliação prevê-se uma equipe avaliadora, composta de membros da própria equipe de projeto e membros externos. Equipe que deverá ser multifuncional e que pode sofrer alguma variação de uma fase para outra, porém, o líder e alguns membros não deverão sofrer alteração, procurando sempre manter a coesão do grupo. O tamanho da equipe deve variar de acordo com o volume e a complexidade do projeto.

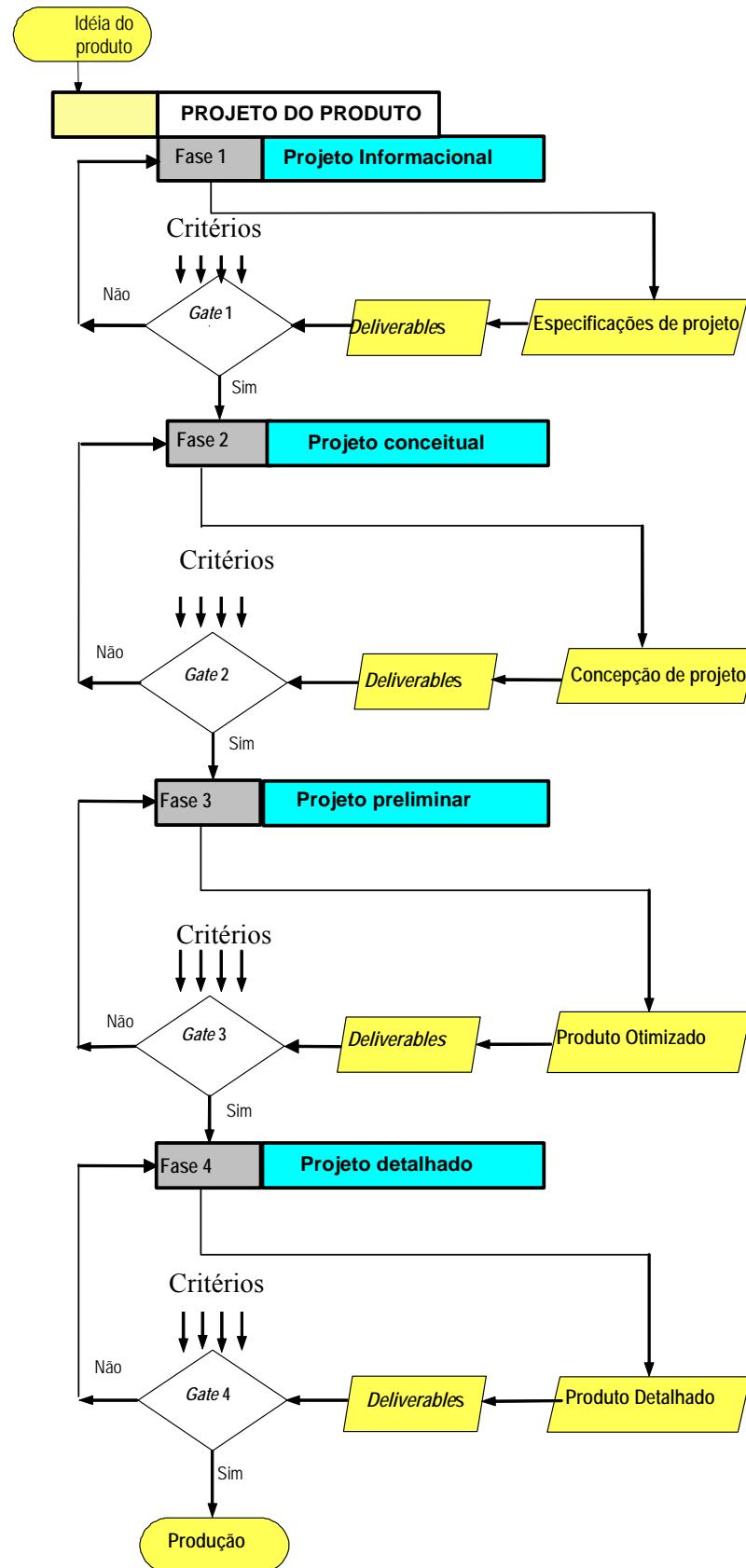


Fig. 3.1- Modelo de avaliação do processo de projeto por fases consensual.

Na seqüência, tem-se o procedimento da avaliação de cada *Gate*, quais os *deliverables* e os critérios mínimos utilizados na avaliação.

No anexo 1, tem-se um questionário de apoio à equipe de avaliação, contendo os *deliverables* de cada fase e os critérios mínimos de avaliação proposto.

### **3.2.1 Avaliação do *Gate 1* - Projeto Informacional**

A primeira fase do projeto é a de projeto informacional, nesta fase tem-se como saída as especificações de projeto, que deverão conter a descrição do produto a ser projetado, as especificações, os requisitos, as metas, os objetivos e restrições.

O projeto informacional tem uma grande importância na avaliação, porque o seu resultado é composto principalmente de requisitos e metas que o projeto deverá atender e servir de parâmetro para avaliar as próximas fases do processo de projeto. Nessa fase, é fundamental que contenha os requisitos que consideram cada cliente do ciclo de vida do produto; desta forma contendo metas que cobrem todo o ciclo de vida do produto.

A avaliação deste *Gate1* é feita a partir da conclusão da fase de projeto informacional, onde o resultado desta fase é compilado na forma de *deliverables*, que serão entregues a equipe de avaliação que deverá julgá-los segundo os critérios.

Os *deliverables* desta fase foram obtidos através dos resultados das atividades do projeto informacional representado pela figura 2.5. Avaliando a fase propôs-se que os *deliverables* sejam:

- a) Definição do problema de projeto;
- b) necessidades;
- c) requisitos dos usuários;
- d) requisitos de projetos;
- e)especificações de projeto.

A definição dos critérios de avaliação utilizados nesta fase foi baseada nas propriedades que as especificações de projetos devem possuir, que segundo Rozemburg & Eekels (1995) são completeza, validade, operacionalidade, não redundância, concisão, e praticabilidade.

Nesta fase, necessita-se toda uma atenção especial quanto à tendência de se queimar etapas, ou seja, a tentação de seguir para a próxima fase (projeto conceitual) tendo apenas uma definição do problema de projeto, obtida geralmente do departamento de marketing.

Na figura 3.2, tem-se uma representação do processo de avaliação do projeto informacional, mostrando quais são os *deliverables* e quais são os critérios para avaliação utilizados nesta fase.

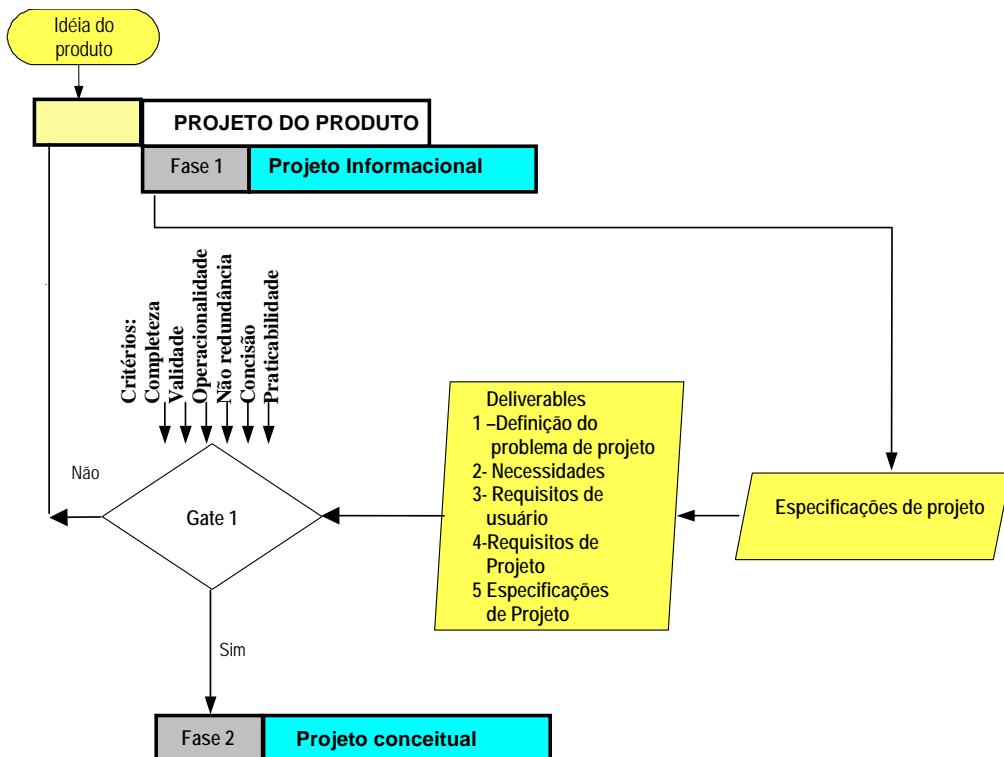


Fig.3.2 - Avaliação do Projeto Informacional.

Seguem os *deliverables* desta fase junto com as recomendações e critérios de avaliação.

*Deliverable 1:* Definição do problema de projeto.

Deve-se apresentar para a equipe avaliadora o problema de projeto revisado, contendo objetivos, metas, tipo de produto, tipo de projeto (original, re-projeto, adaptativo, ou de desenvolvimento), volume planejado de fabricação, desejos explícitos e restrições.

Também, disponibiliza-se as informações iniciais que a equipe de projeto recebeu da área de marketing ou do contratante do projeto, e as pesquisas adicionais sobre o produto, como empresas fabricantes, produtos concorrentes, usuários e mercado.

Os critérios de avaliação deste *deliverable* são:

Critério: Completeza

Verifica-se a ordem do projeto, no caso deve estar completa, revisada e complementada pela equipe de projeto. Inclui todas as informações, conforme solicitação deste *deliverable*.

Verificar se foram feitas pesquisas sobre o produto, como patentes, produtos similares, tecnologias disponíveis, de forma abrangente e completa.

#### Critério: Validade

Os objetivos e metas devem estar adequados, reais, realizáveis, e expressar as metas estratégicas da empresa.

#### Critério: Não redundância

Os objetivos e metas não devem estar redundantes nem contraditórios.

#### Critério: Concisão

Os números de objetivos e metas devem estar na quantidade necessária para definir o problema e expressas de forma simples e direta.

### *Deliverable 2: Necessidades*

#### Critério: Completeza

Define-se o ciclo de vida do produto, considerando aspectos como tipo de produto e projeto, funcionamento, uso, manutenção e desativação.

Cada fase do ciclo de vida deve estar associada aos respectivos clientes externos e internos, além de definida os atributos do produto, que são as características que os produtos deverão ter.

A equipe de projeto apresenta, para cada atributo do produto e ciclo de vida, as necessidades, o que pode ser feito através de uma matriz, contendo o ciclo de vida x atributo x necessidade, ou através de uma listagem contendo o ciclo de vida e as necessidades.

As necessidades devem ser preferencialmente obtidas diretamente com os clientes envolvidos, porém esta não é uma condição imperativa, se não for possível pode ser utilizado a experiência da equipe de projetos para o levantamento das necessidades.

No quadro 2.1, mostrou-se uma classificação dos atributos do produto, que poderão ser úteis no levantamento das necessidades.

#### Critério: Concisão

As necessidades devem estar agrupadas, sem repetições e escritas de forma direta e somente devem ser consideradas aquelas consideradas relevantes.

### *Deliverable 3: Requisitos do usuário*

#### Critério: Completeza

As necessidades devem estar convertidas em requisitos do usuário, o que é feito reescrevendo estas necessidades de forma mais direta, utilizando verbos como ser, estar, ter, e identificando quais requisitos são geradores de funções no produto.

#### Critério: Concisão

Os requisitos do usuário devem estar escritos de forma breve, direta e sem repetições.

#### *Deliverable 4 : Requisitos de projetos.*

#### Critério: Completeza

Os requisitos devem ser priorizados (hierarquizados), segundo um método, que poderá ser o QFD ou outro método para esta finalidade.

Deve-se apresentar pela equipe de projetos os requisitos do usuário transformados em requisitos de projetos, definindo parâmetros mensuráveis para o produto.

Os requisitos de projetos podem ser apresentados na forma de uma planilha ou através de uma matriz, e são a base para se elaborar as especificações de projeto.

#### Critério: Concisão

Os requisitos de projetos devem estar escritos de forma breve, direta e sem repetições.

#### *Deliverable 5: Especificações de projeto do produto*

#### Critério: Completeza

As especificações devem conter para cada requisito de projeto as suas respectivas metas, objetivos, método de avaliação, restrições e informações complementares quando for o caso.

As especificações devem conter objetivos válidos em todas as áreas de interesse dos usuários.

#### Critério: Validez

Os objetivos e metas devem ser adequados e reais.

#### Critério: Operacionalidade.

Os objetivos e metas devem fornecer critérios para avaliação do produto nas próximas fases, servindo de apoio para guiar as decisões das próximas fases do projeto.

#### Critério: Não redundância

Os objetivos e metas não devem ser redundantes nem contraditórios.

#### Critério: Concisão

O número de objetivos deve estar na quantidade necessária e expressa de forma simples e direta.

Os objetivos e metas devem estar bem claros e em linguagem de engenharia.

#### Critério: Praticabilidade

É necessário que os objetivos e metas sejam passíveis de serem implementados e contenham metas atingíveis.

### **3.2.2 Avaliação do Gate 2 - Projeto Conceitual**

O projeto conceitual inicia após o projeto informacional, considerando os objetivos, metas e restrições definidas na especificação do projeto, buscando gerar a melhor concepção. A fase de projeto conceitual ocupa-se principalmente em criar e selecionar, dentre os vários conceitos gerados do produto, aquele que melhor atende as especificações de projeto.

A avaliação está baseada na entrega do projeto conceitual, com todas as informações necessárias, incluindo o processo de definição da concepção do produto, se foram criadas alternativas de soluções e utilizados critérios bem estruturados para gerar e selecionar estas alternativas.

O modelo propõe que os *deliverables* desta fase sejam as estruturas funcionais geradas, a matriz morfológica, a matriz de avaliação dos princípios de solução e a concepção do projeto selecionado. Estes *deliverables* são os resultados das atividades do projeto conceitual, obtidos através da análise da fase mostrada na figura 2.6.

Para a definição do critério de avaliação foi considerado que o projeto deve ser realizado de forma completa, ou seja, devem ser realizadas todas as etapas de forma completa. As técnicas utilizadas devem estar em conformidade com a correta aplicação das técnicas, e o resultado das atividades em conformidade com as metas estabelecidas no projeto informacional.

Desta forma, os critérios de avaliação mínimos propostos são:

- a)completeza;
- b)conformidade com as especificações de projeto;
- c) conformidade quanto à aplicação correta das técnicas utilizadas no projeto conceitual.

Na figura 3.3, tem-se uma representação da avaliação do projeto conceitual, mostrando os *deliverables* e os critérios utilizados nesta fase.

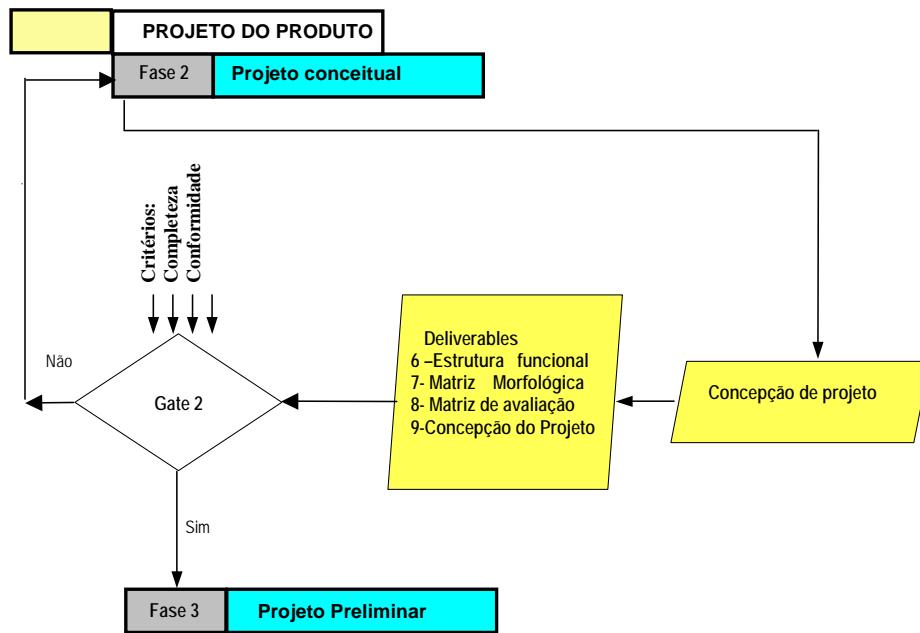


Fig.3.3 Avaliação do Projeto Conceitual

Os *deliverables* e critérios de avaliação, junto com algumas recomendações para este *Gate*, são:

*Deliverable 6:* Estruturas funcionais geradas.

Devem-se apresentar as estruturas funcionais geradas, se for mais que uma, e a matriz de decisão, para selecionar a estrutura.

Critério: Completeza

A estrutura funcional gerada deve conter a função global, as funções parciais e as funções elementares, de modo a representar funcionalmente o produto a ser projetado.

Critério: Conformidade

A estrutura funcional selecionada deve ser aquela com maior potencial para se desenvolver uma solução, dentro das especificações do projeto informacional, que podem incluir aspectos do tipo funcional, estético, precisão, compacticidade, confiabilidade, custo e manutenibilidade.

*Deliverable 7:* Matriz Morfológica

Com a estrutura funcional selecionada para o produto, apresenta-se a matriz morfológica com os princípios de soluções gerados.

O método de geração de soluções pode ser escolhido pela equipe de projetos, e deve-se buscar a geração de uma grande variedade de princípios de soluções.

#### Critério: Completeza

A matriz apresenta diversos princípios de soluções gerados, de acordo com as funções e sub-funções desenvolvidas na análise funcional.

#### Critério: Conformidade

Os princípios de soluções gerados devem respeitar e não conflitar com os requisitos, objetivos, metas e restrições das especificações do projeto informacional.

Na combinação dos princípios de soluções, para a obtenção das concepções, considerase os aspectos como a compatibilidade dos sistemas e a precisão requerida, e as concepções geradas devem estar prontas para serem avaliadas na matriz de avaliação.

#### *Deliverable 8: Matriz de avaliação das concepções*

#### Critério: Completeza

A avaliação das concepções pode ser feita através de uma das duas formas:

- Através da matriz de avaliação, utilizando as necessidades dos clientes, quando o nível de detalhamento do projeto conceitual for baixo, com as necessidades dos clientes obtidas no projeto informacional, conforme figura 2.9.
- Matriz de avaliação, utilizando os requisitos de projetos, caso o projeto conceitual tiver um nível de detalhamento que possibilite a comparação com critérios quantitativos, conforme figura 2.10.

Verifica-se se a matriz está completa, se foi avaliada cada concepção e para cada necessidade do cliente ou requisito de projetos, atribuído pesos, o valor da avaliação e obtido a pontuação total para cada solução avaliada.

#### Critério: Conformidade

A concepção selecionada deve atender a especificação de projetos, apresentada no *deliverable 5*.

A matriz de avaliação deve estar bem elaborada, para cada especificação os valores corretamente atribuídos e totalizados.

A concepção selecionada deve ser avaliada quanto à viabilidade, disponibilidade de tecnologia e quanto ao critério passa não passa, utilizando as necessidades dos clientes.

#### *Deliverable 9: Concepção do projeto*

#### Critério: Completeza

A concepção do projeto selecionada deve estar clara e conter as informações necessárias para prosseguir a nova etapa, como um desenho esquemático do projeto, contendo o princípio de funcionamento do produto como um todo e as suas funções e subfunções.

#### Critério: Conformidade

A concepção do projeto selecionada deve estar em conformidade com as especificações de projetos e elaborada de forma clara e de fácil interpretação.

### **3.2.3 Avaliação do *Gate* 3 - Projeto Preliminar**

O projeto preliminar detalha a concepção gerada e selecionada no projeto conceitual, até obter o layout geral e das partes. Nesta etapa, também, prevê-se a realização e teste de um protótipo para avaliar o produto.

A avaliação deste *Gate* é relacionada ao cumprimento das especificações do projeto, quanto ao funcionamento, a correta utilização das técnicas de projeto empregadas, quanto à análise de falhas do produto e atendimento das metas de custo.

O produto também deve atender as normas referentes ao mercado a que ele se destina. Para isto, a equipe de projeto realiza uma pesquisa das normas referentes ao produto e elabora uma *checklist* com as exigências destas normas.

Os *deliverables* desta fase são os resultados das atividades do projeto preliminar, que são os desenhos preliminares, o memorial de cálculo e instruções de produção e montagem, a matriz de avaliação quanto aos requisitos de projeto, a análise de falhas, o resultado dos testes e a planilha de avaliação de custos.

Os critérios de avaliação são os mesmos da fase anterior, e foram adicionados mais dois critérios, confiabilidade do projeto e do produto, obtidos através de técnicas de análise de falhas e custos.

Desta forma, os critérios propostos para avaliação deste *Gate* são:

- a)completeza;
- b)conformidade com as especificações de projeto, e quanto à aplicação correta das técnicas utilizadas no projeto conceitual.
- c)confiabilidade
- d)custos

Na fig.3.4, tem-se uma representação da avaliação do projeto preliminar, mostrando os *deliverables* e os critérios utilizados nesta fase.

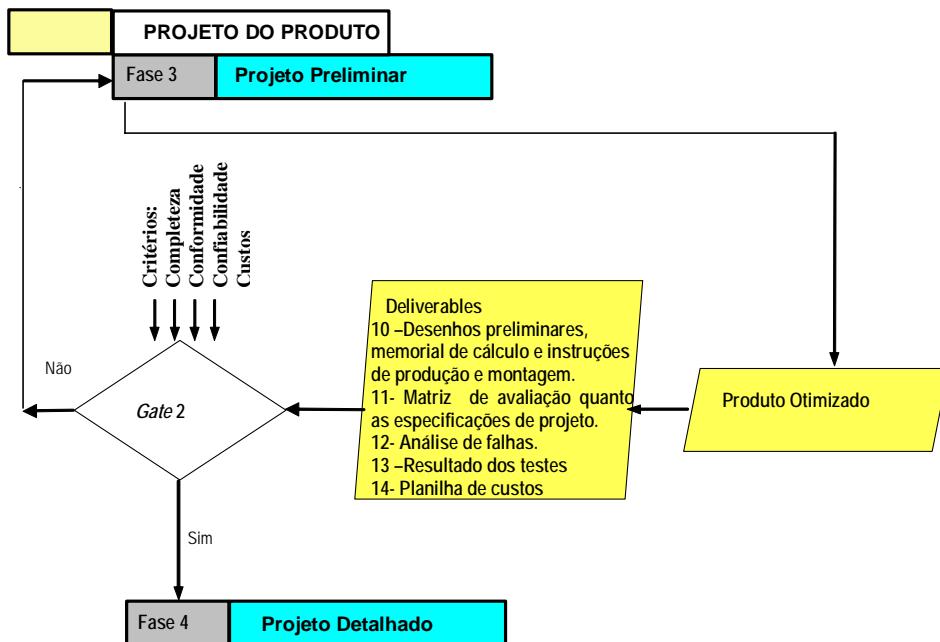


Fig.3.4 Avaliação do Projeto Preliminar

Neste *Gate*, os *deliverables* são avaliados de acordo com os seguintes critérios.

*Deliverable* 10: Desenhos preliminares, memorial de cálculo e instruções gerais de produção e montagem.

Critério: Completeza

Os desenhos e instruções apresentados contem todos os sistemas e subsistemas em escala e são suficientemente claros para que se possa verificar o funcionamento do produto, e uma avaliação preliminar da sua produção, e montagem.

No dimensionamento dos componentes devem-se utilizar as técnicas de análise, envolvendo aspectos de resistência dos materiais. Faz-se uma análise preliminar da montabilidade e manufaturabilidade do produto.

Critério: Conformidade

Os desenhos devem ser checados quanto ao arranjo geral, compatibilidades espaciais do produto e funcionamento.

O projeto do produto deve ser avaliado quanto às exigências contidas nas normas, sejam elas de segurança, ou diretrizes para o projeto, fabricação, utilização, montagem e descarte, para isto deverão ser verificados a *checklist* das normas apresentadas pela equipe de projeto.

O memorial de cálculo, dimensionamento e seleção de componentes executado no projeto realizam-se segundo as técnicas de análise, envolvendo aspectos de resistência dos materiais, princípios de seleção de componentes, ou softwares de apoio como análise estrutural por elementos finitos, e programas de simulação dinâmica.

A equipe de avaliação avalia se foram utilizados os princípios de dimensionamento e seleção mencionados e verifica a habilidade da equipe na utilização destas ferramentas.

A seleção de componentes terceirizados deve ser feita através de catálogos técnicos atualizados dos fornecedores ou desenvolvida em conjunto com os fornecedores. A equipe de projeto apresenta o *lay-out* e a especificação técnica do componente em um documento aprovado pelo fornecedor.

As instruções para produção e montagem, feitas através de uma análise de montabilidade e manufaturabilidade do produto, explicam, em linhas gerais, como o produto vai ser produzido e montado, e algumas recomendações. A equipe de avaliação analisa a sua viabilidade, porém a avaliação detalhada deve ser feita na etapa de projeto detalhado.

#### *Deliverable 11: Matriz de avaliação quanto às especificações do projeto informacional*

É necessário verificar o projeto preliminar quanto ao atendimento das especificações de projetos contidas no projeto informacional. Para isto, deve-se utilizar uma matriz de avaliação quanto ao atendimento dos requisitos das especificações de projetos, incluindo as metas, requisitos e restrições.

##### Critério: Completeza

Deve existir uma matriz de avaliação comparando o projeto preliminar com as especificações de projetos, elaborada de forma completa, considerando todos os requisitos contidos nas especificações.

##### Critério: Conformidade

O projeto preliminar avaliado deve atender as especificações de projeto e a matriz deve estar elaborada de forma simples e clara.

#### *Deliverable 12: Análise de falhas.*

O método de análise de falhas do projeto do produto FTA e/ou o método de análise dos modos e efeitos das falhas FMEA deve estar pronta e apresentada à equipe responsável pela avaliação do projeto.

#### Critério: Completeza

A equipe de avaliação verifica se o FMEA apresenta uma análise completa, contendo cada item, sua função, as falhas possíveis, os controles, a ação corretiva e o resultado da implementação da ação corretiva. No caso do FTA verificar a árvore de falhas, a probabilidade de falhas, as recomendações e contramedidas propostas.

#### Critério: Conformidade

Verifica-se a conformidade do projeto, avaliando as possíveis falhas e os índices de criticidade iniciais e após a implementação das recomendações.

#### Critério: Confiabilidade

Verifica-se a confiabilidade do produto, através dos índices de criticidade, antes e após as ações recomendadas para redução da probabilidade e gravidade das falhas.

#### *Deliverable 13: Relatório de resultado dos testes*

A avaliação dos resultados dos testes do produto, segundo Arend (2003), deve ser precedida por um planejamento e, posteriormente, feito o registro dos resultados e definido as ações corretivas, gerando um relatório contendo os resultados e atualizações necessárias. O planejamento dos testes deverá se basear nos resultados da análise de falhas por FTA ou FMEA.

Se não for possível ou viável a construção de um protótipo, podem-se utilizar modelos para avaliação, como o modelo analógico, que segundo Back [1983], é aquele que se comporta como o original ou obedece às mesmas leis de ação. Pode ser simplificado, apresentando a mesma resposta que o produto final, pode, ainda, ser construído em escalas diferentes do produto original. Além disso, é possível a utilização de prototipagem virtual, com simulações computacionais.

#### Critério: Completeza

Verificar se existe um documento, relatório completo, contendo os resultados e recomendações necessárias para a adequação do produto as metas de desempenho, estabelecidas nas especificações do projeto e no planejamento do teste.

#### Critério: Conformidade

O protótipo pode ser testado quanto a sua resistência estrutural e funcionamento, no produto inteiro ou testando individualmente componentes ou subsistemas do produto. O resultado deve atender as metas estabelecidas no planejamento do teste, e as especificações.

#### Critério: Confiabilidade

O produto deve ter um comportamento confiável, principalmente, nos pontos avaliados na análise de falhas como sendo de maior risco.

#### *Deliverable 14: Planilha de custos*

#### Critério: Completeza

Apresenta-se uma tabela comparativa do custo aberto em sistemas e subsistemas e, se necessário, mostra-se os custos dos componentes. Os custos que não puderem ser obtidos com exatidão devem ser estimados.

#### Critério: Conformidade

O cálculo do custo considera os custos diretos, indiretos e os impostos que incidem sobre o produto, estando corretamente calculados.

#### Critério: Custos

O projeto mostra que atende as metas de custos estabelecidos no projeto informacional.

### **3.2.4 Avaliação do *Gate 4 - Projeto Detalhado***

Este *Gate* avalia se as informações necessárias para a fabricação do produto foram incorporadas ao projeto, se contém análise da produtibilidade e as tolerâncias dimensionais das peças em função do processo produtivo.

A avaliação é finalizada, comparando os resultados obtidos e as especificações de projeto contidas no projeto informacional, principalmente, relacionadas à meta de custos e atendimento das especificações.

Os *deliverables* deste *Gate*, obtidos a partir do resultado das atividades de projeto detalhado, conforme observado na figura 2.13, são: Desenhos detalhados com tolerâncias e ajustes, instruções para o processo de fabricação, estrutura do produto com lista dos sistemas, subsistemas, componentes e especificação dos materiais, homologação de fornecedores e matéria prima, planilha de custos, matriz de avaliação quanto ao atendimento das especificações de projeto e o material de suporte do produto.

Como critérios de avaliação deste *Gate* foram definidos a completeza, conformidade, confiabilidade e custos.

Na fig.3.5 tem-se uma representação da avaliação do projeto preliminar, mostrando os *deliverables* e os critérios utilizados nesta fase.

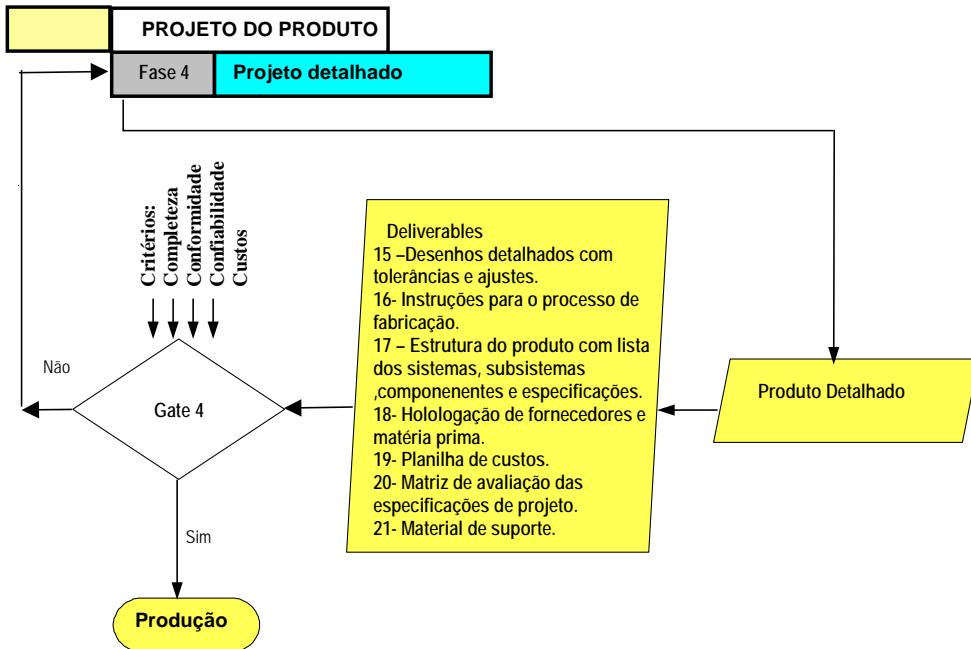


Fig.3.5 Avaliação do Projeto Detalhado

Neste *Gate*, têm-se os *deliverables* que são avaliados de acordo com os critérios da seguinte forma:

*Deliverable* 15: Desenhos detalhados com tolerâncias e ajustes.

Critério: Completeza

Os desenhos são executados dentro das normas vigentes de desenho técnico, com todas as informações quanto ao dimensional, contendo as devidas vistas, cortes e cotas, tolerâncias e legenda com as devidas informações.

Critério: Conformidade

O projeto deve estar rigorosamente correto quanto às regras de tolerâncias e ajustes, pois, estes afetam diretamente a qualidade do produto, interferindo no seu funcionamento e também posteriormente são utilizados no controle de qualidade na produção.

As tolerâncias e ajustes contidos nos componentes e subsistemas garantem o funcionamento do produto, devem ser economicamente viáveis e tecnicamente possíveis de serem produzidas na linha de produção planejada.

É fundamental que o projetista escolha o ajuste adequado para cada sistema e subsistema, utilizando a NBR 6158 (1995), que podem ser dos tipos com folga, incerto ou com interferência.

A seleção do campo de tolerância dimensional deve ser a mais adequada ao grau de ajuste desejado. A seleção feita baseia-se no tipo de produto e na função desempenhada pelo componente ou subsistema.

Além das tolerâncias dimensionais, também, é necessário estabelecer para os componentes mais críticos as tolerâncias geométricas de forma, orientação, posição e batimento, de acordo com as especificações contidas na norma NBR 6409 (1997).

Na avaliação deste *deliverable*, o responsável pela equipe de projetos deve mostrar que no projeto detalhado foram utilizadas corretamente as regras acima mencionadas.

#### *Deliverable 16: Instruções para o processo de fabricação*

##### Critério: Completeza

Verificar se existe um plano de processo de fabricação detalhado, contendo todos os recursos necessários à fabricação.

A equipe de projetos pode apresentar o FMEA ou FTA do processo, contendo as recomendações e planos de ações visando bloquear as falhas críticas.

##### Critério: Conformidade

As instruções contidas no processo de fabricação devem estar corretas, serem suficientes para a fabricação e baseados na avaliação técnica da capacidade produtiva de cada equipamento.

#### *Deliverable 17: Estrutura do produto com lista dos sistemas, subsistemas, componentes e especificação dos materiais.*

##### Critério: Completeza

A documentação será verificada criteriosamente, principalmente a lista de materiais (BOM – Bill of material).

É necessário que a especificação dos materiais, além de indicar o tipo de matéria prima utilizado, indica a dureza e o tipo de tratamento da matéria prima e do componente produzido.

##### Critério: Conformidade

Faz-se uma revisão detalhada da documentação da BOM.

A especificação dos materiais na BOM deve respeitar a definição do material, obtidas na etapa de cálculo e dimensionamento dos componentes, contido no projeto preliminar e revisadas na fase de projeto detalhado. Devem-se cumprir as regras de especificação da matéria prima e componentes, sejam estes normalizados ou definidos pelo próprio fabricante fornecedor.

*Deliverable 18: Homologação de fornecedores e matéria prima.*

Critério: Completeza

Todos os fornecedores devem estar avaliados quanto a sua capacidade de produção, de acordo com a quantidade e qualidade. Para isto, necessita-se uma amostra do componente comprado junto com os resultados da avaliação do fornecedor e homologação da amostra.

Os componentes terceirizados contem todas as informações quanto aos critérios de controle de qualidade, seja este controle feito na própria empresa ou no terceirizado.

*Deliverable 19: Planilha de custos.*

Critério: Completeza

Apresenta-se uma tabela comparativa, contendo todos os itens do projeto e o custo aberto em sistemas, subsistemas e componentes.

Critério: Conformidade

O projeto deve mostrar que atende as metas de custo estabelecidas no projeto informacional.

O cálculo do custo deve considerar os custos diretos, indiretos e os impostos que incidem sobre o produto.

Critério: Custos

Os resultados finais do custo devem ser comparados com as metas iniciais do projeto. É importante avaliar a viabilidade econômica do produto, se necessário revendo também as metas iniciais, principalmente, em projetos com uma longa duração. Pois, é possível a ocorrência de mudanças no cenário externo, como o surgimento de produtos concorrentes com custos mais competitivos do que quando do início do projeto.

*Deliverable 20: Matriz de avaliação quanto ao atendimento das especificações de projeto.*

Critério: Completeza

Deve existir uma matriz ou tabela contendo todas as especificações do projeto informacional e uma avaliação do projeto detalhado, quanto ao atendimento destas especificações.

#### Critério: Conformidade

A avaliação final do projeto deve ser feita tomando como base os objetivos e especificações contidas no projeto informacional.

Esta avaliação utiliza a matriz de avaliação quanto ao atendimento dos requisitos das especificações de projetos, incluindo as metas, requisitos e restrições, conforme representação na figura 2.10.

#### *Deliverable 21: Material de suporte do produto*

#### Critério: Completeza

Avalia a existência e a qualidade dos manuais de instalação, operação, manutenção e descarte do produto e treinamento do produto.

#### Critério: Conformidade

As instruções devem estar escritas de forma clara, objetiva e com as informações necessárias.

### **3.3 Relatório da avaliação por *Gate***

No anexo 2, tem-se um formulário para relatar a avaliação de cada *Gate*. No mesmo, tem-se um campo para avaliação de cada *deliverable* e comentários a respeito de cada critério da avaliação, junto com um campo para as conclusões finais sobre a avaliação.

Caso o resultado do processo de avaliação seja “aprovado”, o objetivo do relatório é mostrar a equipe de projeto quais os pontos favoráveis e críticos encontrados durante o processo de avaliação. Acrescentam as recomendações que servem de base para melhorias futuras, desta forma como registro das lições aprendidas durante o processo.

Um outro objetivo é mostrar, caso o resultado do processo de avaliação resulte em “não aprovado”, quais os pontos críticos encontrados, quais as não conformidades e o que deve ser feito para corrigir, o que é mostrado nas conclusões e recomendações contidas no relatório de avaliação.

Com o resultado do projeto a equipe decide o que fazer, se o resultado avaliação for “aprovado” a equipe deve continuar para a próxima etapa e se for “reprovado” é necessário

refazer a etapa, corrigindo as não conformidades encontradas e seguindo as recomendações apontadas. Caso a equipe resolva dar continuidade na etapa seguinte do projeto, mesmo com o resultado “reprovado”, deve apresentar um parecer de quais os pontos fracos encontrados e dos riscos do projeto.

### **3.4 Conclusão**

A presente proposta cumpre o seu objetivo de sistematizar um modelo de avaliação do processo de projeto, envolvendo em detalhes cada fase do projeto. Utiliza-se a lógica dos *Gates* dentro de um processo de projeto por fases consensual, e tendo como apoio várias ferramentas e técnicas isoladas, tudo integrado em um modelo de avaliação único.

A utilização de *Gates*, dentro do modelo de fases consensual, permitiu uma avaliação detalhada do processo de projeto, o que não é possível somente com o modelo de *Gates* disponível na bibliografia, no qual o projeto é considerado como uma etapa única.

A revisão por fases garante que os problemas serão resolvidos no momento apropriado, não permitindo que se tenha a continuidade do projeto contendo falhas, o que resultaria em retrabalhos muito maiores nas etapas seguintes. Caso o problema não for diagnosticado, existe a possibilidade de prejuízos ainda maiores no futuro.

O modelo proposto traz ainda a característica de forçar a equipe a cumprir todos os passos consensualmente tidos como fundamental ao desenvolvimento do projeto, garantindo a completeza do projeto e induzindo a realização de revisões durante o trabalho. Evita-se, assim, que surjam problemas durante a avaliação do *Gate*.

O método consiste em, ao final de cada etapa, fazer uma avaliação do *Gate*. Se este for aprovado, deve-se dar continuidade ao projeto, caso contrário volta-se à etapa anterior. Esta recomendação de voltar à etapa anterior poderá ser seguida ou não pelos responsáveis do projeto, porém, se não for seguida, o mesmo terá sido alertado sobre as possibilidades de insucesso e se responsabilizará pelo resultado final.

Um processo de projeto possui sempre incertezas quanto ao resultado final, ou seja, não é garantido que o produto vai atender seus objetivos e se tornar um sucesso. No entanto, com o modelo de avaliação proposto aumentam significativamente a probabilidade de o projeto ser bem sucedido.

## CAPÍTULO 4 – ESTUDO DE CASO

### 4.1 - Introdução

Para validar a sistemática proposta, desenvolveu-se um projeto a partir de uma metodologia de avaliação em uma empresa que realiza projetos de produtos na cidade de Jaraguá do Sul, no estado de Santa Catarina.

A empresa selecionada possui profissionais especializados em desenvolvimento de máquinas, tanto para produção em massa quanto máquinas especiais, únicas para um determinado cliente.

O produto selecionado é classificado, conforme Pahl & Beitz (1996), como sendo um projeto adaptativo.

O projeto foi avaliado dentro da metodologia proposta, cada fase, dentro da lógica dos *Gates*, conforme proposta da metodologia apresentada no capítulo 3.

A ordem de projeto solicitada pelos promotores do projeto consiste em projetar uma máquina para cortar amostras de tecido para mostruário.

A equipe de avaliação foi composta por um membro da equipe de projetos, um membro externo e, também, por um especialista em processos de fabricação, durante a avaliação da fase de projeto detalhado.

O projeto executado e avaliado foi uma máquina para corte de tecido, mostrada na figura 4.1, contendo uma mesa móvel com movimento alternado, obtido através de um conjunto de biela-manivela acionado por um motor e redutor. O corte do tecido é obtido através de uma lâmina fixa, através de um efeito guilhotina.

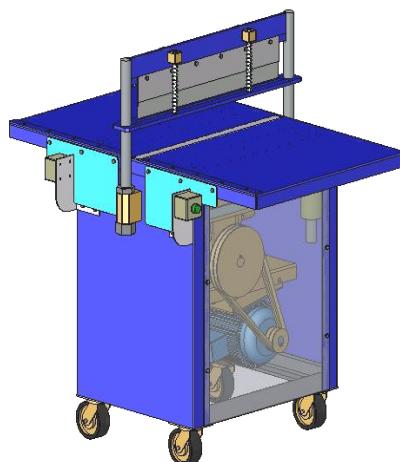


Fig.4.1- Máquina para corte de tecido avaliada.

#### **4.2 – Resultados da Avaliação do *Gate 1*: Projeto Informacional.**

No projeto informacional, defini-se o problema de projeto e as transformações sucessivas de informações até a obtenção das especificações de projetos, avaliados através do *Gate 1*.

No anexo 3, tem-se os *deliverables* do *Gate 1*, que são a definição do problema de projeto, a matriz necessidades, os requisitos do usuário, os requisitos de projetos e as especificações de projetos.

A seguir são apresentadas as avaliações de cada *deliverable*, de acordo com os critérios definidos e apresentados no capítulo 3.

##### *Deliverable 1: Definição do problema de projeto*

O projeto foi aprovado quanto à definição do problema de projeto. Os critérios avaliados foram:

###### Critério: Completeza

Conforme pode ser observado na definição do problema de projeto, anexo 3, o documento contém a ordem de projeto, descrevendo o problema de projeto, os objetivos, metas e as restrições exigidas, sendo consideradas como as informações mínimas para a equipe de projeto entender o problema e trabalhar a sua complementação.

A definição do problema de projeto foi complementada pela equipe de projetos que apresenta, no mesmo documento, uma classificação do tipo de produto, como sendo máquina têxtil, o tipo de projeto, adaptativo. Apesar da tecnologia de corte de tecidos existir em outros tipos de máquinas, a mesma deverá ser adaptada para a criação de uma máquina nas características exigidas.

Também, foram apresentados os volumes de fabricação, como sendo de pequenas séries, a tecnologia de fabricação, através do processo de dobragem de chapas, soldagem e usinagem, uma pesquisa sobre os concorrentes similares e sobre a existência de patente requerida.

As informações obtidas e trabalhadas pela equipe de projetos, apresentadas no problema de projeto, foram aprovadas quanto ao critério completeza. Nesse aspecto, consideraram-se os desejos explícitos dos promotores do projeto e as informações mínimas necessárias para se familiarizar com o problema e continuar as outras etapas do projeto informacional, nas quais serão levantadas e transformadas informações.

#### Critério: Validade

A ordem de projeto, contida no problema de projeto, foi aprovada quanto ao critério validade, como coerente e realizável. A equipe de projeto atribui esta coerência ao fato de que a ordem de projeto foi definida em conjunto com os promotores do projeto. A tecnologia de fabricação especificada também é realizável.

#### Critério: Não redundância

A definição do problema de projeto foi aprovada quanto a este critério e, conforme pode ser observado no anexo3, a mesma apresenta uma descrição do problema com os objetivos, metas e restrições escritos de forma não redundante e nem contraditórios. Assim, as informações adicionais levantadas pela equipe de projetos, a classificação do tipo de produto e projeto, o volume e a tecnologia de fabricação complementam as informações do problema de projeto estão escritas de forma objetiva e não redundante.

#### Critério: Concisão

A descrição do problema de projeto foi aprovada quanto a este critério, porque conforme pode ser observado, a ordem de projeto com os objetivos e metas estão concisos, e escritos de forma objetiva, simples e direta, contêm os desejos explícitos dos promotores do projeto e a quantidade de informações suficientes para definir o problema de projeto.

#### *Deliverable 2: Necessidades*

O processo de levantamento das necessidades foi elaborado segundo a metodologia proposta por Fonseca (2000), o qual sugere que a equipe de projetos defina diretamente as necessidades, utilizando como auxílio uma lista contendo os atributos desejáveis de um produto.

As necessidades apresentadas podem ser observadas na matriz contida no anexo 3, chamada de matriz necessidades / requisitos do usuário, e foram avaliadas pelos seguintes critérios:

#### Critério: Completeza

A matriz contendo as necessidades foi aprovada quanto ao critério completeza, pois contém necessidades que cobrem todas as fases do ciclo de vida do produto.

Conforme pode ser observado, a matriz contém o ciclo de vida do produto, considerando os clientes externos e internos, e para cada fase do ciclo de vida foram apresentadas necessidades, de acordo com os atributos desejáveis do produto, como funcionamento, ergonomia, segurança, confiabilidade, normalização e modular.

Foi proposto um conjunto de necessidades mínimas que o produto deve atender, cobrindo todas as fases do ciclo de vida, considerando somente os atributos considerados mais importantes em cada fase.

#### Critério: Concisão

As necessidades foram aprovadas a partir do critério concisão, pois foram todas escritas de forma direta e sem repetições, com frases curtas, utilizando verbos como ser, estar, ter ou outro verbo formador de função, conforme pode se observado na matriz.

#### *Deliverable 3: Requisitos do Usuário*

Como as necessidades foram escritas diretamente pela equipe de projetos, estão em formato padrão, utilizando verbos como ser, estar, ter. Considerados como requisitos do usuário, sem necessidade de conversão, conforme pode ser observado na matriz necessidades / requisitos do usuário contido no anexo 3.

#### Critério: Completeza

Os requisitos do usuário, que são as necessidades escritas dentro da linguagem dos projetistas, foram aprovados quanto ao critério completeza por cobrir todas as fases do ciclo de vida do produto.

#### Critério: Concisão

Conforme mencionado, as necessidades e, portanto, os requisitos, estão expressos de forma simples e direta e foram aprovados quanto a este critério.

#### *Deliverable 4: Requisitos de Projetos*

#### Critério: Completeza

Os requisitos de projetos, apresentados nas matrizes contidas no anexo 3, foram elaborados a partir dos requisitos do usuário.

Para cada requisito do usuário, dispostos na coluna da matriz, foram definidos requisitos de projetos mensuráveis, apoiados pela matriz contendo em sua linha os possíveis atributos específicos, como geométrico (forma, configuração, dimensão, acabamento, ajustes, textura, fixações), material, peso, forças, cinemática, e energia. Para cada requisito foram usados somente os atributos específicos adequados.

A matriz apresenta requisitos de projetos para todos os requisitos do usuário, cobrindo todas as fases do ciclo de vida do produto, e, portanto, contém requisitos válidos em todas as áreas de interesse dos usuários. Por este motivo, os requisitos de projetos foram aprovados quanto ao critério completeza.

#### Critério: Concisão

Os requisitos de projetos foram aprovados quanto ao critério concisão porque estão em forma direta e objetiva, através da utilização de frases curtas.

#### *Deliverable 5: Especificações de projeto do produto*

#### Critério: Completeza

As especificações de projeto, contidas no anexo 3, contém cada requisito de projeto, o objetivo (meta), como avaliar e as saídas indesejáveis (restrições).

As especificações de projeto, também, contêm requisitos válidos cobrindo todo o ciclo de vida do produto, por estes motivos foram aprovadas quanto ao critério completeza.

#### Critério: Validez

As especificações foram aprovadas quanto ao critério validez, conforme pode ser observado, são coerentes com o problema de projeto, todos os objetivos e metas foram considerados realizáveis, e não houve metas impossíveis nem improváveis de serem atingidas.

As especificações contêm requisitos e metas objetivas, diretas e realizáveis como, por exemplo, “Ter altura entre 0,95m e 1,1m”.

#### Critério: Operacionalidade

As especificações foram aprovadas quanto ao critério operacionalidade, pois fornecem meios para a avaliação posterior do projeto do produto, conforme pode ser observado, para cada requisito foi definido o seu objetivo, e o método de avaliação, bem como algumas observações e cuidados que devem ser tomados.

#### Critério: Não redundância

As especificações, com objetivos e metas, obtidos a partir dos requisitos que foram escritos de forma direta, objetiva e não redundante, não são repetitivos nem contraditórios, e, portanto foram aprovados quanto a este critério.

#### Critério: Concisão

O número reduzido de especificações com metas, mesmo cobrindo interesses de todo o ciclo de vida do produto, facilita a avaliação posterior do projeto.

As especificações com objetivos e metas também estão escritos de forma direta, simples, e, portanto foram aprovados quanto a este critério.

#### Critério: Praticabilidade

Todas as especificações de projetos avaliadas são passíveis de serem implementadas, contém objetivos atingíveis e metas mensuráveis ou de fácil implementação como “Facilidade de ligar e desligar”. Por este motivo, foram aprovadas quanto ao critério praticabilidade.

#### Comentários referentes à avaliação do *Gate 1: Projeto Informacional*

A utilização das matrizes necessidades facilitou o processo de elaboração das especificações de projetos, as necessidades levantadas diretamente pela equipe de projetos já foram elaboradas em linguagem técnica, direta, cobrindo todo o ciclo de vida do produto. Caso a equipe de projeto optasse pela obtenção das necessidades diretamente com o cliente, utilizando formulários tipo *checklist*, seria mais trabalhosa a conversão das necessidades em requisitos do usuário.

O processo de obtenção das especificações de projetos utilizado se mostrou bastante eficiente, devido à facilidade obtida com a utilização das matrizes de obtenção dos requisitos e elaboração das especificações de projetos. Este processo mostrou-se adequado para empresas do tipo pequeno porte e para projeto de produto de baixa demanda e com volume de produção individual, que foi o caso aqui estudado, conforme definido no problema de projeto.

Estes fatores contribuíram na realização de um projeto informacional, avaliado positivamente pela metodologia, de acordo com os critérios estabelecidos.

#### **4.3 – Resultados da Avaliação do *Gate 2: Projeto Conceitual***

No anexo 4, tem-se os *deliverables* do *Gate 2*, que são a estrutura funcional, a matriz morfológica, a matriz de avaliação das concepções e a concepção do projeto. Os resultados dos critérios de avaliação foram:

##### *Deliverable 6: Estrutura Funcional*

###### Critério: Completeza

A estrutura funcional gerada foi aprovada quanto ao critério completeza, porque, como pode ser observado, a mesma contém a função global, decomposta em funções parciais e, esta, em algumas funções elementares. A estrutura também contém as funções para todas as operações de corte do tecido, desde a alimentação até o corte e retirada do tecido.

###### Critério: Conformidade

A estrutura funcional foi aprovada quanto ao critério conformidade pelos seguintes motivos:

A função global foi corretamente decomposta em funções parciais, e estas foram escritas em linguagem direta, compostas de um verbo e um substantivo.

Conforme pode ser observado, a estrutura funcional está apresentada num nível onde é possível trabalhar um princípio de solução da função, desta forma estando apropriada para ser utilizada na matriz morfológica.

A estrutura funcional apresentada também permite desenvolver soluções que atendam todas as especificações de projetos.

#### *Deliverable 7: Matriz Morfológica*

##### Critério: Completeza

A matriz morfológica, mostrada no anexo 4, apresenta soluções em números satisfatórios, para cada função parcial da estrutura funcional.

Conforme pode ser observado na matriz contida no anexo 4, foram geradas várias funções para fixar tecido, o tipo de ferramenta de corte, e o princípio de acionamento do sistema de corte, que são as principais funções, e que vão determinar o princípio de funcionamento da máquina.

Foram geradas três concepções para o produto e a matriz morfológica apresentada foi aprovada quanto ao critério completeza.

##### Critério: Conformidade

A matriz morfológica foi aprovada quanto ao critério conformidade pelos seguintes motivos:

Apresenta soluções para cada função, de acordo com a seqüência obtida da estrutura funcional. Os princípios de soluções apresentadas na forma de representação gráfica estão bem visíveis.

Em alguns casos a matriz morfológica desdobra as funções parciais em funções mais elementares, obtendo assim soluções para todas as funções e subfunções da máquina.

As concepções geradas não apresentam problemas de compatibilidade e precisão, estando prontas para serem avaliadas quanto às especificações de projetos.

#### *Deliverable 8: Matriz de Avaliação das concepções.*

A avaliação do princípio de solução foi feita utilizando a matriz de avaliação com as necessidades dos clientes, conforme apresentado na matriz contida no anexo 4.

##### Critério: Completeza

A matriz apresentada foi aprovada, sendo considerada de forma bem completa, e clara, avaliando cada concepção de acordo com as especificações de projetos.

A matriz avalia cada concepção de acordo com cada especificação do projeto, na qual se atribui peso e valor da avaliação, a pontuação total foi obtida do somatório do produto peso pela avaliação.

#### Critério: Conformidade

A matriz de avaliação encontra-se bem elaborada, as concepções foram avaliadas de acordo com todas as especificações de projetos. A concepção de número um obteve a maior pontuação, sendo avaliado com nota mínima de oito em cada especificação, o que demonstra a sua superioridade em relação às demais concepções.

Os valores atribuídos na avaliação de cada especificação foram considerados adequados e bem estimados para as três concepções.

O conceito aprovado foi avaliado positivamente quanto a sua viabilidade, disponibilidade de tecnologia e a matriz considerada aprovada no critério conformidade.

#### *Deliverable 9: Concepção do Projeto*

#### Critério: Completeza

A concepção do projeto escolhida, concepção de número um, contida no anexo 4, contém as informações mínimas necessárias para desenvolver o projeto preliminar, incluindo os princípios de funcionamento do produto e as suas respectivas funções e sub-funções.

#### Critério: Conformidade

A concepção está em conformidade com as especificações de projetos, pois a menor nota atribuída a uma especificação foi oito, conforme pode ser verificado na matriz de avaliação das concepções.

A concepção também está clara e de fácil interpretação, mostrando o princípio de funcionamento da máquina e de cada subsistema, sendo aprovada quanto ao critério conformidade.

#### Comentários referentes à avaliação do *Gate 2: Projeto Conceitual*

O *Gate 2*, considerado aprovado pela equipe de avaliação, apresenta a estrutura funcional completa do produto, a matriz morfológica com vários princípios de soluções, a matriz de avaliação das soluções e a concepção que melhor atende as especificações de projetos, sendo todos avaliados e aprovados quanto aos critérios de completeza e conformidade.

#### **4.4 – Resultados da Avaliação do Gate 3: Projeto Preliminar**

No anexo 5, tem-se os *deliverables* do *Gate 3*, que foram avaliados segundo os seguintes critérios:

*Deliverable* 10: Desenhos Preliminares, memorial de cálculo e instruções gerais de produção e montagem.

##### Critério: Completeza

O *deliverable* foi aprovado quanto ao critério completeza pelos seguintes motivos:

O projeto apresenta desenhos em escala para todos os sistemas e subsistemas, contendo informações mínimas para a avaliação do produto e construção do protótipo para teste. No anexo 5, tem-se alguns exemplos do padrão de desenho elaborado na fase de projeto preliminar.

Os sistemas críticos como mancais, guias, eixos e buchas possuem tolerâncias para garantir o controle de qualidade, e permitem a construção de um protótipo com condições reais de trabalho.

O projeto contém memorial de cálculo dos componentes considerados críticos, como eixo, mancal, bucha, uniões e dimensionamento do acionamento motor redutor, e polia e correia.

Além do exposto, apresenta um quadro com algumas instruções gerais com recomendações para a fabricação dos componentes e cuidados gerais na montagem, que serão utilizados na construção do protótipo. A tabela contém apenas as principais recomendações, e entende-se que nesta fase a ausência de um plano de processo detalhado deverá ser suprida pelo maior acompanhamento da equipe de projeto na construção do protótipo.

##### Critério: Conformidade

O *deliverable* foi aprovado quanto ao critério conformidade, pelos motivos abaixo expostos.

O projeto representado nos desenhos possui um bom arranjo geral, uma boa compatibilidade espacial e um bom princípio de funcionamento; elaborado em estrutura modular de concepção simples, de acordo com as especificações de projetos, conforme pode ser observado no desenho contido no anexo 5.

Os desenhos apresentados obedecem a uma representação técnica com desenhos em escala, contendo vistas dos sistemas e subsistemas, e em alguns casos apresenta também uma perspectiva isométrica facilitando a visualização do projeto.

O projeto utiliza normas técnicas referentes ao produto, principalmente, normas relativas à segurança, como proteção das partes móveis e acionamento por dois botões, no qual o operador mantém as duas mãos ocupadas, evitando possíveis acidentes com a lâmina de corte.

Fez-se a análise estrutural dos componentes, utilizando as técnicas de mecânica dos sólidos, sendo executada e revisada por uma equipe técnica qualificada na empresa.

Para a seleção dos componentes de terceiros, utilizou-se catálogos técnicos atualizados ou dados obtidos pela internet. Os componentes selecionados tiveram as suas especificações confirmadas pelo fabricante.

Conforme pode ser observado nos desenhos, o produto possui boa montabilidade, e manufaturabilidade, devido a sua forma construtiva com estrutura modular simples; e também devido à utilização de uniões simples com parafusos. Os pontos críticos são as estruturas soldadas e o alinhamento das guias, que deverão ser executadas com maior controle.

*Deliverable 11: Matriz de Avaliação quanto as Especificações do Projeto Informacional*

**Critério: Completeza**

A matriz apresentada possui todas as especificações do projeto informacional e uma avaliação do projeto preliminar quanto ao cumprimento destas especificações.

Conforme pode ser observado, a matriz de avaliação apresenta uma avaliação completa, considerando cada requisito de especificação de projeto, objetivo, meio de avaliação e resultado alcançado pelo projeto preliminar, incluindo a aprovação ou não. Por este motivo, a matriz de avaliação foi aprovada quanto ao critério completeza.

**Critério: Conformidade**

Conforme pode ser observado na matriz, todos os objetivos das especificações de projetos foram alcançados. A matriz apresentada está elaborada de forma simples e clara, com a utilização de parâmetros mensuráveis nos objetivos facilitou a avaliação e, portanto, a matriz foi aprovada quanto ao critério conformidade.

*Deliverable 12: Análise de Falhas*

A análise de falhas, realizada através do método de FMEA do projeto do produto, foi apresentado à equipe de avaliação, conforme anexo 5.

**Critério: Completeza**

O FMEA apresentado foi aprovado quanto ao critério completeza, pois foi analisado cada componente, sua função, o modo, causa e efeito da possível falha. Inclui-se os controles,

os índices de criticidade atuais, a ação corretiva e os novos índices de criticidade obtidos após as medidas implantadas.

#### Critério: Conformidade

A análise, considerada conforme, apresenta as possíveis falhas do produto e ações para reduzir a probabilidade e a gravidade das falhas. As principais ações recomendadas e executadas referem-se à realização de testes para verificar, nas condições reais de trabalho, o comportamento mecânico, a segurança no trabalho com o equipamento e a eficácia do sistema de corte. Também, foram recomendadas ações quanto à revisão de cálculo de tensões em componentes críticos e especificações de materiais.

#### Critério: Confiabilidade

De acordo com os novos índices de criticidades obtidos no FMEA, após a implantação das medidas de melhorias, os riscos de problemas com o equipamento são bastante baixos e, portanto, aprovadas quanto ao critério confiabilidade.

#### *Deliverable 13: Resultados dos testes*

Realizaram-se testes de funcionamento no protótipo do produto, em condições reais de operação, durante três dias.

O planejamento dos testes e os resultados obtidos foram apresentados em uma tabela única, facilitando a visualização, conforme pode ser observado no anexo 5.

Os resultados dos testes foram avaliados de acordo com os seguintes critérios

#### Critério: Completeza

Os testes realizados no protótipo do produto foram planejados e realizados, baseados nos resultados e recomendações apresentados na análise do FMEA.

O resultado dos testes, aprovado quanto ao critério completeza, foram avaliados o desempenho e funcionamento do produto e dos componentes individuais.

O desempenho e funcionamento do produto foram avaliados de acordo com as especificações de projetos, conforme pode ser observado na primeira folha do planejamento e resultado dos testes. Depois, avaliou-se cada componente crítico, de acordo com as recomendações apresentadas na análise de FMEA, baseadas nas especificações de projetos.

Por fim, o resultado dos testes, contendo os resultados obtidos e, em alguns casos, como a faca, recomendações necessárias para melhorar a confiabilidade do produto.

#### Critério: Conformidade

A realização dos testes foi considerada adequada pela equipe de avaliação e o produto em conformidade com as especificações.

Conforme pode ser observado, os testes apresentam resultados favoráveis para a grande maioria dos itens avaliados, porém alguns itens contêm recomendações para a adequação do produto, como segurança, através da fixação de nova carenagens para evitar risco de prensagem das mãos entre a mesa e a estrutura da máquina.

De acordo com os testes, o produto atende as metas estabelecidas, necessitando apenas pequenos ajustes conforme mencionado.

#### Critério: Confiabilidade

O protótipo foi testado quanto a sua resistência estrutural e quanto ao funcionamento, porém não foram programadas atividades para testar a durabilidade dos componentes, seja ao desgaste ou durabilidade e eficácia da lâmina de corte.

Assim, a equipe de avaliação concluiu que os testes não foram aprovados quanto ao critério confiabilidade do produto.

#### *Deliverable 14: Planilha de Custos*

#### Critério: Completeza

Elaborou-se uma planilha preliminar com os custos para cada sistema, subsistema e componentes do produto, apresentada em parte no anexo 5.

A planilha apresentada foi considerada completa pela equipe de avaliação porque, conforme pode ser observado, a mesma contém os custos diretos, o custo de cada sistema e subsistema, que a empresa denomina de conjunto, os custos dos componentes utilizados na montagem final e custo da mão de obra de montagem. A planilha apresenta ainda os custos indiretos, os impostos, a comissão e o custo final do produto, no qual somente não está incluso o percentual de lucro.

#### Critério: Conformidade

A estimativa de custo foi considerada bem elaborada, e, portanto, avaliada como em conformidade pela equipe de avaliação, pois, contém o custo de todos os componentes utilizados no projeto, mostrando que os custos foram calculados em detalhes, empregando uma metodologia para o cálculo.

O critério de cálculo de custos adotado pela empresa é o mesmo que a empresa utiliza no projeto detalhado, com a única diferença que nesta etapa os custos dos componentes não passam por uma negociação final, o que pode ainda proporcionar uma redução de custos.

#### Critério: Custos

A planilha e, consequentemente, o produto foram aprovados quanto ao critério custos por atender a meta estabelecida no projeto informacional.

#### Comentários referentes a avaliação do *Gate* 3: Projeto Preliminar

A fase do projeto preliminar foi bem elaborada, contendo todos os desenhos, memorial de cálculo, instruções. A avaliação realizou-se levando em conta o atendimento dos requisitos estabelecidos no projeto informacional e, por fim, elaborou-se uma análise de falhas por FMEA.

O problema maior surgiu quando foram planejados e executados os testes no protótipo. O planejamento e execução dos testes não incluíram os testes de desgaste dos componentes.

A equipe de projeto alegou que não existia tempo disponível no cronograma do projeto para a realização de testes de desgaste e que foram utilizados muitos componentes padrões, cujos comportamentos já foram previamente testados pelo fornecedor, sendo os componentes analisados pelos cálculos de resistência dos materiais.

A equipe de avaliação entendeu que o comportamento dos componentes na máquina pode diferir do comportamento especificado pelo fornecedor, e que componentes como a lâmina de corte deve ser testada em situação real.

Por este motivo, a equipe de avaliação concluiu que o *Gate* foi aprovado condicionalmente, devendo o teste ser estendido por um período maior.

### **4.5 – Resultados da Avaliação do *Gate* 4: Projeto Detalhado**

No anexo 6, tem-se os *deliverables*, que foram avaliados neste *Gate*.

#### *Deliverable* 15: Desenhos detalhados com tolerâncias e ajustes

#### Critério: Completeza

Os desenhos detalhados foram aprovados quanto ao critério completeza porque contém todos os sistemas, subsistemas e componentes fabricados. Os mesmos possuem todas as informações dimensionais, contendo as devidas vistas, cortes e cotas, tolerâncias dimensionais, geométricas, forma e posição, e a legenda contendo a posição e os códigos das peças, conforme pode ser observado em alguns exemplos no anexo 6.

#### Critério: Conformidade

Os desenhos foram aprovados quanto ao critério conformidade, pois foram executados dentro das normas vigentes de desenho técnico, permitem visualizar o produto corretamente, identificar cada sistema, subsistema e componente, contendo as devidas tolerâncias.

As tolerâncias e ajustes foram definidos primeiro baseados nos critérios de funcionamento do produto e depois quanto à viabilidade econômica e à adequação com a capacidade produtiva planejada, sendo aprovados no critério conformidade.

#### *Deliverable 16: Instruções para o processo de fabricação*

##### Critério: Completeza

As instruções para o processo de fabricação, exemplificadas no anexo 6, foram aprovadas quanto ao critério completeza, pois, possuem as informações mínimas necessárias para a produção do produto. Foram elaboradas e apresentadas, separadamente, instruções para todos os processos utilizados no produto e para cada componente produzido, incluindo os processos que envolvem trabalhos com chapa, com operações com guilhotina e dobradeira, instruções para usinagem de peças, instruções para soldagem e para montagem dos sistemas e subsistemas.

Todas as instruções contêm os componentes, subsistemas e sistemas envolvidos no processo, as operações que deverão ser realizadas, os equipamentos, gabaritos, meios de controle utilizados e as referências com os documentos adicionais que são utilizados no processo, como normas internas e externas.

##### Critério: Conformidade

As instruções contidas no processo de fabricação foram aprovadas, consideradas corretas e suficientes para a produção do produto, pois, contêm as informações mínimas para a produção, baseados na avaliação técnica da capacidade produtiva de cada equipamento.

Foram avaliadas as especificações dos componentes, tolerâncias dimensionais, tolerâncias de forma e posição, dureza, tipo de material durante a análise da capacidade produtiva e viabilidade de produção.

O plano de produção foi elaborado, utilizando informações de projeto, definindo qual tipo de equipamento tem as condições técnicas para produzir o componente de acordo com a especificação; contém, também, instruções de como produzir e controlar a fabricação de cada componente.

As instruções permitem ainda estabelecer um controle do processo de produção, pois, todos os componentes possuem um processo definido, com as informações contidas nas instruções e referenciando desenhos e normas.

*Deliverable 17:* Estrutura do produto com lista dos sistemas, subsistemas, componentes e especificação de materiais.

Critério: Completeza

A lista de materiais elaborada e revisada pela equipe de projetos está completa, indicando os sistemas, subsistemas e os componentes com as matérias primas utilizadas, dimensões, quantidades, as especificações dos materiais, o tratamento superficial e a dureza.

Critério: Conformidade

A lista de materiais utiliza as especificações obtidas de normas técnicas, e as especificações de fornecedores, estando considerada adequada.

*Deliverable 18:* Homologação de fornecedores e matéria prima.

Critério: Completeza

Foi apresentada uma lista completa com todos os fornecedores, o material fornecido e a sua homologação, conforme pode ser observado na tabela apresentada em parte no anexo 6.

Critério: Conformidade

A lista apresentada está bem elaborada, contém cada item, o código, a descrição, e os fornecedores homologados, que segundo a empresa é feito de acordo com critérios como sistema de qualidade implantado, e fornecimento de amostra para teste.

A lista de homologação foi considerada aprovada quanto ao critério conformidade.

*Deliverable 19:* Planilha de custos

Critério: Completeza

A planilha apresentada foi considerada completa pela equipe de avaliação porque, conforme pode ser observado, a mesma contém os custos diretos, o custo de cada sistema e subsistema, os custos dos componentes utilizados na montagem final e custo da mão de obra de montagem. A planilha apresenta ainda os custos indiretos, os impostos, a comissão e o custo final do produto, onde somente não está incluso o percentual de lucro.

Critério: Conformidade

A planilha de custo foi considerada bem elaborada, e, portanto avaliada como em conformidade pela equipe de avaliação, pois contém o custo de todos os componentes utilizados no projeto, mostrando que os custos foram calculados em detalhes, empregando uma metodologia para o cálculo.

Critério: Custos

A planilha de custos apresenta uma pequena redução de custo em relação à estimativa do projeto informacional. Isso se deve ao fato de que os custos nesta etapa foram negociados com os fornecedores, e como não houve mudanças na meta do projeto informacional o resultado da planilha atende ao critério custos.

*Deliverable 20:* Matriz de avaliação quanto ao atendimento das especificações de projeto.

A planilha da avaliação do projeto detalhado quanto ao atendimento das especificações de projetos, contida no anexo 6, é semelhante à apresentada na fase de projeto preliminar, uma vez que não houve mudanças substanciais no produto de uma fase para outra. A única diferença entre as planilhas é referente ao requisito custos, onde no projeto detalhado tem-se o custo real e atualizado.

#### Critério: Completeza

A matriz de avaliação quanto ao atendimento das especificações de projeto está completa, assim como a matriz apresentada no projeto preliminar.

#### Critério: Conformidade

O projeto avaliado atende as especificações do projeto, assim como a planilha apresentada na fase de projeto preliminar.

*Deliverable 21:* Material de suporte do produto

#### Critério: Completeza

O material de suporte do produto foi aprovado quanto ao critério completeza, pois contém as informações necessárias à instalação, operação e manutenção do produto escritas em formato de um manual.

#### Critério: Conformidade

O manual está escrito de forma clara e objetiva, contendo as informações básicas necessárias à instalação, operação e manutenção do produto e, portanto, aprovado quanto ao critério conformidade.

#### Comentários referentes a avaliação do *Gate 4: Projeto Detalhado*

O *Gate 4* foi aprovado pela equipe de avaliação. A fase de projeto detalhado foi bem elaborada, pois contém todos os desenhos dentro das normas, todas as informações necessárias à produção, incluindo a estrutura do produto. Os custos atendem as metas e o projeto atende as especificações do projeto informacional.

#### **4.6 - Considerações Finais**

A metodologia proposta se mostrou eficaz em avaliar o projeto e apontar quais os pontos devem melhorar, apesar deste ser o primeiro caso de implantação com restrita experiência da equipe de avaliação.

O *Gate 1* foi apontado pela equipe de projetos como sendo o mais difícil, no qual as informações não estão devidamente organizadas e a equipe de projeto teve pouca familiaridade com as ferramentas empregadas.

O *Gate 2* foi aprovado por atender os critérios mínimos necessários para a aprovação, porém, a equipe de projeto demonstrou certa dificuldade na utilização de algumas ferramentas, o que pode ser resolvido mediante treinamentos específicos.

O problema ocorrido no *Gate 3*, com falta de tempo para execução do teste, foi causado por deficiência no planejamento, onde não foram alocados recursos suficientes para a realização dos testes necessários, sejam recursos materiais e prazos. Este problema deve ser solucionado futuramente com um melhor gerenciamento do projeto, acompanhado por uma metodologia de avaliação gerencial.

Por este motivo, fez-se uma aprovação condicional do *Gate 3*, e os testes foram finalizados durante *Gate 4*, sendo aprovado e finalizado, neste caso, sem causar atrasos consideráveis no projeto.

O melhor resultado da avaliação foi no *Gate 4*, o que provavelmente se deu em virtude do melhor preparo técnico dos profissionais de projetos para executar as atividades do projeto detalhado.

A sistematização apresentada tem como característica exercer um controle maior sobre a atividade de projeto, consequentemente tornando-o mais disciplinado e organizado, porém, sem perder a criatividade, pois estimula a utilização de técnicas de criatividade.

A grande abrangência do método torna a sua implantação trabalhosa, principalmente se a equipe não estiver disciplinada na utilização de metodologia de projeto. Porém, a forma como está sistematizada favorece o gerenciamento do projeto e facilita a implantação de uma

metodologia de projeto, pois mostra quais atividades devem ser executadas, entregues em que etapas, considerando quais os critérios utilizados para a sua aprovação.

## CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES

### 5.1 - Conclusões

A presente dissertação teve como objetivo sistematizar um modelo de avaliação do processo de projeto de produtos, que possa ser utilizada no processo produtivo de máquinas industriais, em projetos de novos produtos e re-projetos de produtos existentes.

Apesar do modelo proposto estar focado em máquinas industriais, ou seja, máquinas destinadas ao uso no processo produtivo industrial, é possível, mediante pequenos ajustes, utiliza-lo em outros tipos de produtos.

Com base na literatura pesquisada, pretendeu-se organizar as várias formas de avaliação de projetos e suas dimensões, e verificar a relação entre elas. Apresentou-se, ainda, o modelo de projetos por fases consensual, que serviu de base para sistematização do processo de avaliação de projeto do produto.

Foram propostos os parâmetros mínimos para a avaliação do projeto informacional, baseado em critérios, como completeza, validade, operacionalidade, não redundância, concisão e praticabilidade. Salientou-se, ainda, a avaliação das demais fases com critérios que contemplam o atendimento das metas do projeto informacional, como conformidade, custo e completeza na realização do projeto.

A sistematização de avaliação proposta tem ainda como característica a utilização de diversas técnicas e métodos isolados em um modelo único, para avaliar o processo de projeto. Prevendo, no seu início, a utilização das metas estratégicas referentes ao produto, através do problema de projeto, foram utilizadas no modelo para avaliar a conformidade com as metas.

Verificou-se que, para o êxito do projeto, é necessário que o mesmo esteja apoiado em um sistema de planejamento e gerenciamento, no qual contemple a avaliação dos recursos utilizados, o custo de desenvolvimento e prazos sistemáticos que dão o suporte necessário à equipe de projetos obter recursos para o desenvolvimento técnico do projeto.

Como pontos positivos na implantação do modelo, têm-se:

- O projeto do produto mais focado no cliente, ao contribuir na avaliação da fase do projeto informacional e ao utilizar o resultado do projeto informacional como meta a ser alcançada nas demais fases do projeto.

- Organização e disciplina na atividade de projeto que, ao entregar o projeto em partes, em forma de *deliverables*, facilita o gerenciamento do projeto.
- Definição do que deve ser avaliado, mostrando quais atividades deverão ser entregues em formato de *deliverables* e quando deve ocorrer a avaliação, mostrando a localização de cada *Gate*.
- Critérios mínimos de como avaliar o resultado de cada atividade, organizado em forma de *deliverables*.
- Sistematização da avaliação do processo de projeto e não da avaliação da equipe de projeto, o que facilita a sua implantação.
- Identificação, por parte da empresa, das dificuldades da equipe de projeto, possibilitando a mesma investir em treinamentos e buscar melhorar as habilidades e o desempenho da equipe.
- O ajuste do modelo a sua necessidade, introduzindo novos critérios de avaliação, uma vez que no modelo proposto foram utilizados critério mínimos de avaliação.

A proposta apresentada atende aos objetivos de sistematização de um modelo de avaliação técnica do processo de projeto. A aplicação do modelo, mesmo em um primeiro e único estudo de caso, mostrou sua viabilidade, fazendo com que o projeto do produto avaliado se tornasse mais organizado e as avaliações se realizassem em cada *Gate* conforme planejado.

Como pontos de potencial para melhorias, têm-se:

- Integrar a metodologia de avaliação técnica do processo de projeto com a metodologia de avaliação de projetos estratégica e gerencial.
- Utilizar critérios quantitativos para auxiliar a avaliação.
- Utilizar critérios para avaliar a necessidade de treinamento para a equipe de projeto.

Com a aplicação prática do presente trabalho, observou-se que, para projetar um produto, torna-se necessária uma área de conhecimento muito ampla, e o projetista deve conhecer muitas técnicas, assim como os avaliadores, ficando clara a dificuldade da equipe. Porém, uma vez definido as técnicas utilizadas essa dificuldade pode ser resolvida mediante treinamentos específicos.

Observou-se, ainda, que alguns *deliverables* utilizam técnicas de difícil avaliação e sua análise detalhada aumentaria o tempo e o custo do projeto, uma vez que uma avaliação é considerada um processo de controle que não agrega valor. É o caso, por exemplo, da análise estrutural do produto, mostrando que uma revisão e avaliação dos cálculos por parte da equipe de avaliação é praticamente inviável. Uma provável solução para este problema seria a equipe de avaliação verificar se foram realizados os cálculos e utilizada a técnica correta de dimensionamento, tendo como apoio um sistema de avaliação por competência, o qual indique se a equipe de projeto tem habilidade para executar determinada atividade.

## 5.2 – Sugestões para Trabalhos Futuros

- Propor a utilização de critérios como conformidade para indicadores quantitativos, auxiliando na avaliação.
- Integrar a metodologia de avaliação técnica do processo de projeto com uma metodologia de avaliação de projetos estratégica e gerencial.
- Integrar a avaliação técnica por fase com um modelo de avaliação por competência e estudar o nível de detalhamento necessário no processo de avaliação de cada *deliverable*, em função da competência da equipe.
- Incluir na metodologia a avaliação de todo o processo de desenvolvimento do produto, desde a definição do produto a ser projetado, a produção, pré-lançamento e lançamento do produto, integrando as áreas de marketing, engenharia, produção, financeira e alta administração.
- Implementar um sistema computacional, utilizando o modelo proposto, para orientar e auxiliar no processo de avaliação do projeto.

## REFERÊNCIAS

AREND, L. **Sistematização das fases de Projeto Preliminar e Detalhado do Desenvolvimento de Produtos e sua aplicação no domínio Máquinas Agrícolas.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), UFSC, Florianópolis, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6158: Sistemas de tolerâncias e ajustes.** Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6409: Tolerâncias geométricas - Tolerâncias de forma, orientação, posição e batimento – Generalidades, símbolos, definições, e indicações em desenhos.** Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9000: Coletânea de normas de sistema de gestão da qualidade.** Rio de Janeiro. 2001.

BACK, N.; FORCELLINI, F.A. **Projeto de Produtos.** Apostila (Disciplina de Projeto Conceitual e Projeto para Manufatura do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica). UFSC, Florianópolis, 2003.

BACK, N. **Metodologia de Projeto de Produtos Industriais.** Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Dois, 1983, 399 p.

BAXTER, M. **Projeto de Produto. Guia prático para o design de novos produtos,** 2.ed. São Paulo: Editora Edgar Blucher , 2000, 260 p.

BOND, E. **Medição de desempenho para gestão de produção em um cenário de cadeia de suprimentos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), USP, São Carlos, 2002.

CARNAVALLI, J.A. **Implantação do QFD no Brasil: Base metodológica e resultados do piloto.** Congresso Brasileiro de Desenvolvimento de Produtos. Florianópolis, 2001.

COOPER, R.G. **Third-generation new product process.** Journal of Product Innovation Management, v.11, p.3-14, jan 1994.

COOPER, R. G; et al. **Optimizing the stage Gate process – What best practice companies are doing,** v.45, n.5, 2002.

COOPER, R. G.; Kleinschmidt, E.J – Stage Gate Process for new product success – **Innovation Management U3** – Copenhagen – Disponível em:  
<http://www.u3.dk/articledownload.asp>

FERREIRA, C. V. **Estimativa de Custos de produtos na fase de projeto conceitual: Uma metodologia para seleção da estrutura funcional e da alternativa de solução.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), UFSC, Florianópolis, 1997.

FONSECA, A. J. H. **Sistematização do processo de elaboração das especificações de projetos industriais e sua implementação computacional.** Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), UFSC, Florianópolis, 2000.

GARVIN, D.A. **Gerenciando a qualidade: A visão estratégica e competitiva.** Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 1992.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering design: a systematic approach.** 2 ed. Londres: Springer Verlag London Limited, 1996.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa,** São Paulo: Ed. Atlas, 1996. 159 p.

GRIFFIN, A. Metrics for measuring product development cycle time, **Jounal of Product Inovation Managemnt**, v.10, p.291-308, sep1993.

GRIFFIN, A. PDMA Success measurement project recommended measures for product development success and failure, **Jounal of Product Inovation Managemnt**, v.13, p478-496, 1996.

HARRINGTON, H. **Gerenciamento Total da melhoria contínua: a nova geração da**

**melhoria de desempenho.** São Paulo: Ed Makron Books, 1997.

**HELLMAN, H.; Andery, P.R.P. Análise de falha, aplicação dos métodos de FMEA – FTA.** Belo Horizonte – MG, Fundação Christiano Ottoni.

**HUBKA, V.; EDER, W. E. Theory of Technical Systems: a Total Concept Theory for Engineering Design.** London: Springer-Verlag, 1988.

**KAPLAN, R.S.; NORTON, D.P. A estratégia em ação: Balanced Scorecard.** Harvard Business School Press: Ed. Campus, 1997.

**LIMA,L.M.B. Modelagem de informações para a Fase de projeto informacional de produtos..** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) UFSC, Florianópolis, 2002.

**MAXIMIANO, A. C. Administração de Projetos,** São Paulo: Ed Atlas.

**NEELY, A.; et al. Performance measurement system design. International Journal of Production Economics.** V.20, n.10, p.1119-1145, 2000.

**OGLIARI, A. Sistematização da concepção de produtos auxiliada por computador com aplicações no domínio de componentes de plástico injetados.** Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), UFSC, Florianópolis, 1999.

**PHILLIPS, R. A comparative study of six stage-Gate approaches to product development, Integrated Manufacturing Systems.** 10/5 , p.289-297, disponível em: <http://www.emerald-library.com>

**PMBOK – A guide to the project management body of knowledge,** Upper Darby:PMI 2000.

**ULLMAN, D. G. The Mechanical Design Process.** New York: McGraw-Hill, 1992.

WEBER, C. J. **Metodologia de desenvolvimento de produtos de precisão com ênfase no uso de sistema de ajuste** – Dissertação (Mestrado em engenharia Mecânica), UFSC, Florianópolis, 2001.

SILVA, C. E. **Método para avaliação do desempenho do processo de desenvolvimento de produtos** – Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), UFSC, Florianópolis, 2001.

VALERI, S.G. **Estudo do processo de revisão de fases no processo de desenvolvimento de produtos em uma indústria automobilística**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) USP, São Carlos, 2000.

Valeriano, D.L. **Gerência em projetos**. São Paulo, ed Makron Books, 1998.

XIJUAN,L. ; YINGLIN,W.; SHOUWEI, Jiang. A metrics based task analysis model for design review planning – **Design Studies** , Elsevier Science ltd– Vol 24 N. 4 , 2003

## ANEXO 1

<b><i>DELIVERABLES E CRITÉRIOS DE PASSAGEM NO GATE 1:</i></b> <b>PROJETO INFORMACIONAL</b>			
<i>Deliverable 1:</i> Definição do problema de projeto	<b>Respons.</b>	<b>Aceito Sim/Não</b>	<b>Observações</b>
<p><b>Critério:</b> Completeza</p> <p>1.1- Existe uma ordem de projeto revisada, contendo objetivos, metas, tipo de produto, tipo de projeto, volume planejado de fabricação, desejos explícitos e restrições?</p> <p>1.2- Foram levantadas informações sobre o projeto referente a patentes, tecnologias disponíveis, meios de fabricação e produtos similares?</p> <p><b>Critério:</b> Validade</p> <p>1.3- A ordem de projeto está adequada ao problema de projeto, é coerente e contém objetivos e metas reais, realizáveis?</p> <p><b>Critério:</b> Não redundância</p> <p>1.4- Os objetivos e metas não são redundantes, nem contraditórios?</p>			

<b><i>DELIVERABLES E CRITÉRIOS DE PASSAGEM NO GATE 1:</i></b> <b>PROJETO INFORMATACIONAL</b>			
<b><i>Deliverable 1:</i></b> Definição do problema de projeto	<b>Respons.</b>	<b>Aceito Sim/Não</b>	<b>Observações</b>
<b>Critério:</b> Concisão  1.5- A descrição do problema de projeto está expressa de forma simples e direta e com objetivos e metas na quantidade necessária?			
<b><i>Deliverable 2:</i></b> Necessidades	<b>Respons.</b>	<b>Aceito Sim/Não</b>	<b>Observações</b>
<b>Critério:</b> Completeza  2.1 - Foram definidos o ciclo de vida, os clientes externos e internos do produto como base no tipo de produto, projeto, características de funcionamento, uso, manutenção e a desativação?  2.2 - Existe uma matriz ou planilha bem elaborada com cada fase do ciclo de vida, os atributos desejados e as necessidades?  <b>Critério:</b> Concisão 2.3 – As necessidades estão escritas de forma direta, sem repetições?			

<b><i>DELIVERABLES E CRITÉRIOS DE PASSAGEM NO GATE 1: PROJETO INFORMACIONAL</i></b>			
<b><i>Deliverable 3:</i></b> Requisitos do Usuário	<b>Respons.</b>	<b>Aceito Sim/Não</b>	<b>Observações</b>
<b>Critério:</b> Completeza 3.1- As necessidades foram todas convertidas em requisitos do usuário, utilizando verbos diretos como ser, estar, ter?			
<b>Critério:</b> Concisão 3.2 – Os requisitos do usuário estão escritos de forma breve, direta e sem repetições?			
<b><i>Deliverable 4:</i></b> Requisitos de projetos	<b>Respons.</b>	<b>Aceito Sim/Não</b>	<b>Observações</b>
<b>Critério:</b> Completeza 4.1- Foi utilizado um método estruturado para análise e priorização dos requisitos de projetos?  4.2- Foram definidos parâmetros mensuráveis para cada requisito do projeto?  4.3 – Os requisitos de projetos cobrem todas as fases do ciclo de vida do produto?			

<b><i>DELIVERABLES E CRITÉRIOS DE PASSAGEM NO GATE 1:</i></b> <b>PROJETO INFORMACIONAL</b>			
<i>Deliverable 5:</i> Especificações de projeto do produto	<b>Respons.</b>	<b>Aceito Sim/Não</b>	<b>Observações</b>
<p><b>Critério:</b> Completeza</p> <p>5.1- A especificação de projeto está completa, contendo a descrição do projeto, os requisitos, objetivos, metas, e restrições?</p> <p>5.2 – As especificações contêm requisitos válidos em todo o ciclo de vida do produto?</p> <p><b>Critério:</b> Validade</p> <p>5.3- A especificação de projeto está adequada ao problema de projeto, é coerente e contém objetivos e metas reais, realizáveis?</p> <p><b>Critério:</b> Operacionalidade</p> <p>5.4 - As especificações fornecem meios para a avaliação do projeto do produto nas próximas fases.</p>			

<b><i>DELIVERABLES E CRITÉRIOS DE PASSAGEM NO GATE 1:</i></b> <b>PROJETO INFORMACIONAL</b>			
<i>Deliverable 5:</i> Especificações de projeto do produto	<b>Respons.</b>	<b>Aceito Sim/Não</b>	<b>Observações</b>
<p><b>Critério:</b> Não redundância</p> <p>5.5- Os objetivos e metas não são redundantes, nem contraditórios?</p> <p><b>Critério:</b> Concisão</p> <p>5.6- Os objetivos e metas estão bem claros, na quantidade necessária, e expressos em linguagem de engenharia?</p> <p><b>Critério:</b> Praticabilidade</p> <p>5.7- A especificação de projeto contém os requisitos com objetivos e metas passíveis de serem implementados e contendo metas atingíveis?</p>			

<b><i>DELIVERABLES E CRITÉRIOS DE PASSAGEM NO GATE 2:</i></b> <b>PROJETO CONCEITUAL</b>			
<b><i>Deliverable 6:</i></b> Estruturas funcionais geradas	<b>Respons.</b>	<b>Aceito Sim/Não</b>	<b>Observações</b>
<p><b>Critério:</b> Completeza</p> <p>6.1- A estrutura funcional gerada contém a estrutura global, as funções parciais, funções elementares e as funções básicas?</p> <p><b>Critério:</b> Conformidade</p> <p>6.2- A estrutura funcional selecionada apresenta um bom potencial para desenvolver soluções que atendam as especificações de projetos?</p>			
<b><i>Deliverable 7:</i></b> Matriz morfológica	<b>Respons.</b>	<b>Aceito Sim/Não</b>	<b>Observações</b>
<p><b>Critério:</b> Completeza</p> <p>7.1- Foi montado para a função e subfunção escolhida, uma matriz com princípios de soluções pesquisados?</p> <p>7.2- Foram utilizados métodos para geração de soluções, como brainstorming, analogia direta, catálogo de soluções, dentre outros?</p> <p>7.3 – Foram geradas diversas soluções para cada função?</p>			

<b><i>DELIVERABLES E CRITÉRIOS DE PASSAGEM NO GATE 2: PROJETO CONCEITUAL</i></b>			
<b><i>Deliverable 7:</i></b> Matriz morfológica	<b>Respons.</b>	<b>Aceito Sim/Não</b>	<b>Observações</b>
<b>Critério:</b> Conformidade 7.3- Na combinação dos princípios de soluções, foram consideradas a compatibilidade dos sistemas e a precisão requerida? 7.4- Os princípios de soluções gerados respeitam e não conflitam com as especificações de projetos?			
<b><i>Deliverable 8:</i></b> Matriz de avaliação dos princípios de soluções	<b>Respons.</b>	<b>Aceito Sim/Não</b>	<b>Observações</b>
<b>Critério:</b> Completeza 8.1- O princípio de solução avaliado foi baseado em uma matriz de avaliação utilizando as necessidades dos clientes, ou no método da matriz de avaliação quanto aos requisitos de projeto, sendo executados de forma bem elaborada? 8.2- O conceito aprovado foi avaliado segundo o critério da viabilidade e disponibilidade de tecnologia? <b>Critério:</b> Conformidade 8.3- A matriz de avaliação está bem elaborada e em conformidade com as especificações de projeto?			

<b><i>DELIVERABLES E CRITÉRIOS DE PASSAGEM NO GATE 2:</i></b> <b>PROJETO CONCEITUAL</b>			
<i>Deliverable 9:</i> Concepção do Projeto	<b>Respons.</b>	<b>Aceito</b> <b>Sim/Não</b>	<b>Observações</b>
<p><b>Critério:</b> Completeza</p> <p>9.1 A concepção do produto selecionada está clara e contém as informações necessárias para a etapa do projeto preliminar, como o princípio de solução para as funções?</p> <p><b>Critério:</b> Conformidade</p> <p>9.2 – A concepção de projeto especificada está em conformidade com as especificações de projetos?</p> <p>9.3 – A concepção de projeto está clara, mostrando o princípio de funcionamento da máquina e seus subsistemas?</p>			

<b><i>DELIVERABLES E CRITÉRIOS DE PASSAGEM NO GATE 3:</i></b> <b>PROJETO PRELIMINAR</b>			
<i>Deliverable 10:</i> Desenhos preliminares, memorial de cálculo e instruções gerais de produção e montagem.	<b>Respons.</b>	<b>Aceito</b> <b>Sim/Não</b>	<b>Observações</b>
<p><b>Critério:</b> Completeza</p> <p>10.1 – Os desenhos contêm todos os sistemas e subsistemas em escala?</p> <p><b>Critério:</b> Conformidade</p> <p>10.2- Os desenhos possuem um bom arranjo geral, o produto possui boa compatibilidade espacial e funcionamento, e contém todos os sistemas e subsistemas em escala.</p> <p>10.3- O projeto foi elaborado dentro das normas técnicas vigentes para o produto e mercado na qual ele se destina?</p> <p>10.4 A equipe de projetos possui conhecimento e habilidade para utilizar ferramentas de análise estrutural?</p> <p>10.4-Os componentes foram corretamente dimensionados para os esforços estáticos e dinâmicos?</p> <p>10.5 – Os componentes e matérias primas utilizadas de terceiros foram selecionados a partir de catálogos técnicos atualizados e suas informações foram confirmadas pelos fornecedores?</p> <p>10.5-Foi feita uma análise da montabilidade e manufaturabilidade e atende as especificações?</p>			

<b><i>DELIVERABLES E CRITÉRIOS DE PASSAGEM NO GATE 3: PROJETO PRELIMINAR</i></b>			
<i>Deliverable 11:</i> Matriz de avaliação quanto aos requisitos do projeto informacional	<b>Respons.</b>	<b>Aceito Sim/Não</b>	<b>Observações</b>
<p><b>Critério:</b> Completeza</p> <p>11.1 – Foi gerada uma matriz para comparar o projeto preliminar quanto ao atendimento das especificações de projetos?</p> <p><b>Critério:</b> Conformidade</p> <p>11.2 – O projeto preliminar atende as especificações de projetos, incluindo as metas, objetivos e restrições?</p> <p>11.3 – A matriz está elaborada de forma simples e clara, utilizando parâmetros mensuráveis, e com a correta totalização dos resultados?</p>			

<b><i>DELIVERABLES E CRITÉRIOS DE PASSAGEM NO GATE 3:</i></b> <b>PROJETO PRELIMINAR</b>			
<i>Deliverable 12:</i> Análise de falhas	<b>Respons.</b>	<b>Aceito</b> <b>Sim/Não</b>	<b>Observações</b>
<p><b>Critério:</b> Completeza</p> <p>12.1- O FMEA apresenta uma análise completa contendo cada item, sua função, as falhas possíveis, os controles, a ação corretiva e o resultado da implementação e da ação corretiva</p> <p><b>Critério:</b> Conformidade</p> <p>12.2 – O projeto foi simulado, revisado e avaliado segundo técnicas de análise de falhas como FMEA ou FTA, e foram apreentadas ações para reduzir as probabilidade e gravidade das falhas?</p> <p>12.3- No caso do FTA, foi verificada a árvore de falhas, a probabilidade de falhas, as recomendações e contramedidas propostas?</p> <p><b>Critério:</b> Confiabilidade</p> <p>12.4- A análise de falhas apresenta resultados favoráveis?</p>			

<b><i>DELIVERABLES E CRITÉRIOS DE PASSAGEM NO GATE 3:</i></b> <b>PROJETO PRELIMINAR</b>			
<i>Deliverable 13:</i> Resultado dos testes	<b>Respons.</b>	<b>Aceito</b> <b>Sim/Não</b>	<b>Observações</b>
<p><b>Critério:</b> Completeza</p> <p>13.1- O teste foi devidamente planejado, baseado nos resultados do FMEA e FTA e representa corretamente o produto testado?</p> <p>13.2- Existe um documento relatório completo, contendo os resultados e recomendações necessários para a adequação do produto as metas de desempenho estabelecidas.</p> <p><b>Critério:</b> Conformidade</p> <p>13.3 - O relatório contendo os resultados dos testes mostra que o produto está adequado às metas de desempenho estabelecidas, caso contrário contém as recomendações necessárias para a adequação do produto as metas?</p> <p><b>Critério:</b> Confiabilidade</p> <p>13.4 – Os testes demonstram a confiabilidade do protótipo?</p>			

<b><i>DELIVERABLES E CRITÉRIOS DE PASSAGEM NO GATE 3: PROJETO PRELIMINAR</i></b>			
<b><i>Deliverable 14:</i></b> Planilha dos custos	<b>Respons.</b>	<b>Aceito Sim/Não</b>	<b>Observações</b>
<p><b>Critério:</b> Completeza</p> <p>14.1- Foi elaborada uma planilha de custos preliminar para os sistemas, subsistemas e componente?</p> <p><b>Critério:</b> Conformidade</p> <p>14.2- A estimativa de custo está bem elaborada, considera os custos diretos, indiretos, e os impostos que incidem sobre o produto, estando corretamente calculados?</p> <p><b>Critério:</b> Custo</p> <p>A estimativa de custo atende a meta definida no projeto informacional?</p>			

<b><i>DELIVERABLES E CRITÉRIOS DE PASSAGEM NO GATE 4:</i></b> <b>PROJETO DETALHADO</b>			
<i>Deliverable 15:</i> Desenhos detalhados com tolerâncias e ajustes	<b>Respons.</b>	<b>Aceito</b> <b>Sim/Não</b>	<b>Observações</b>
<p><b>Critério:</b> Completeza</p> <p>15.1 – Os desenhos foram executados para todos os sistemas, subsistemas e componentes fabricados, dentro das normas vigentes de desenho técnico, com todas as informações quanto ao dimensional, e as devidas vistas, cortes e cotas?</p> <p><b>Critério:</b> Conformidade</p> <p>15.2- O projeto foi executado dentro das normas vigentes e está dentro das regras de tolerâncias e ajustes?</p> <p>15.3As tolerâncias e ajustes foram tecnicamente definidos e avaliados segundo critérios de performance do produto, econômicos e capacidade produtiva?</p>			

<b><i>DELIVERABLES E CRITÉRIOS DE PASSAGEM NO GATE 4:</i></b> <b>PROJETO DETALHADO</b>			
<i>Deliverable 16:</i> Instruções para o processo de fabricação	<b>Respons.</b>	<b>Aceito</b> <b>Sim/Não</b>	<b>Observações</b>
<p><b>Critério:</b> Completeza</p> <p>16.1- Existe um plano de processo de fabricação detalhado, contendo todas as instruções necessárias à fabricação? A documentação técnica está toda pronta?</p> <p>16.2- Foi feita a análise de produtibilidade, viabilidade, capacidade produtiva, considerando as especificações dos componentes, como tolerâncias de forma e posição, dureza e material?</p> <p>16.3- Foi apresentado o FMEA ou FTA do processo, contendo as recomendações, e planos de ações visando bloquear as falhas críticas?</p> <p><b>Critério:</b> Conformidade</p> <p>16.4- As instruções contidas no processo de fabricação foram consideradas bem elaboradas e contém as informações mínimas para o processo de fabricação?</p>			

<b><i>DELIVERABLES E CRITÉRIOS DE PASSAGEM NO GATE 4: PROJETO DETALHADO</i></b>			
<b><i>Deliverable 17:</i></b> Estrutura do produto com lista dos sistemas, subsistemas, componentes e especificação dos materiais. (BOM)	<b>Respons.</b>	<b>Aceito Sim/Não</b>	<b>Observações</b>
<p><b>Critério:</b> Completeza</p> <p>17.1- A lista de materiais (BOM) está toda completa, e foi criteriosamente revisada pela equipe de projetos?</p> <p><b>Critério:</b> Conformidade</p> <p>17.2- A BOM utiliza as especificações corretas dos materiais, utilizando os padrões definidos por normas ou especificações de fornecedores?</p>			
<b><i>Deliverable 18:</i></b> Homologação de fornecedores e matéria prima	<b>Respons.</b>	<b>Aceito Sim/Não</b>	<b>Observações</b>
<p><b>Critério:</b> Completeza</p> <p>18.1-Todos os fornecedores foram avaliados e homologados quanto a sua capacidade de produção, de acordo com a quantidade e qualidade do fornecimento?</p> <p>18.2 - A amostra fornecida foi avaliada e homologada?</p> <p><b>Critério:</b> Conformidade</p> <p>18.3 – A listagem apresentada está bem elaborada?</p>			

<b><i>DELIVERABLES E CRITÉRIOS DE PASSAGEM NO GATE 4: PROJETO DETALHADO</i></b>			
<b><i>Deliverable 19:</i></b> Avaliação dos custos	<b>Respons.</b>	<b>Aceito Sim/Não</b>	<b>Observações</b>
<b>Critério:</b> Completeza 19.1- A re-avaliação dos custos do produto atendem a metas?			
<b>Critério:</b> Conformidade 19.2- Foi feita uma análise atual da viabilidade econômica do produto e o resultado foi positivo?			
<b>Critério:</b> Custos 19.3 – O custo atende a especificação de projeto?			
<b><i>Deliverable 20:</i></b> Matriz de avaliação quanto ao atendimento das especificações de projeto.	<b>Respons.</b>	<b>Aceito Sim/Não</b>	<b>Observações</b>
<b>Critério:</b> Completeza 20.1- Foi utilizado a matriz de avaliação quanto ao atendimento dos requisitos das especificações de projetos contendo as metas, requisitos e restrições?			
<b>Critério:</b> Conformidade 20.2- O projeto foi reavaliado e atende as exigências das especificações de projetos ?			

<b><i>DELIVERABLES E CRITÉRIOS DE PASSAGEM NO GATE 4: PROJETO DETALHADO</i></b>			
<b><i>Deliverable 21:</i></b> Material de suporte do produto	<b>Respons.</b>	<b>Aceito Sim/Não</b>	<b>Observações</b>
<p><b>Critério:</b> Completeza</p> <p>21.1 - Foram elaborados os manuais de instalação, operação, manutenção e descarte do produto, de forma completa?</p> <p><b>Critério:</b> Conformidade</p> <p>21.2 - O manual está escrito de forma clara, objetiva e contém as informações básicas necessárias à instalação, operação e manutenção do produto</p>			

**ANEXO 2**

<b>RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DO GATE</b>		<b>Data:</b>
<i>Gate :</i>  <i>Deliverable:</i>	<b>Avaliador responsável:</b>	
<b>Critério:</b>	<b>Observação:</b>	
<b>Recomendações e conclusões:</b>		

**ANEXO 3*****Deliverables do Gate1: Projeto Informacional***

*Deliverable 1:* Problema de projeto

*Deliverable 2 - 3:* Matriz necessidades / Requisitos do usuário

*Deliverable 4:* Requisitos de projetos

*Deliverable 5:* Especificações de projeto do produto

*Deliverable 1*

<b>Empresa:</b> Prodesign	<b>PROBLEMA DE PROJETO</b>	<b>Data:</b> 08/09/2003
------------------------------	----------------------------	----------------------------

**PROJETO:** Projetar uma máquina para corte de tecidos de mostruário com baixo custo, baseado em princípios de máquinas de cortar tecidos existentes, e que atenda as seguintes exigências:

- ✓ Cortar tecidos com comprimento de até 570 mm.
- ✓ Cortar vários tecidos simultaneamente com até 120 mm de espessura total.
- ✓ Ser fácil de fabricar.
- ✓ Possuir pouca e fácil manutenção.
- ✓ Cortar tecidos rapidamente, e com boa produtividade.
- ✓ Ser fácil de operar.
- ✓ Apresentar boa segurança para o usuário.
- ✓ Ser fácil de movimentar no local de trabalho.
- ✓ Ter um custo, incluindo os impostos e excluindo os lucros de no máximo R\$ 8500,00

**TIPO DE PRODUTO:** Máquina têxtil

**TIPO DE PROJETO:** Projeto Adaptativo

**VOLUME DE FABRICAÇÃO:** Produção de pequena série

**TECNOLOGIA DE FABRICAÇÃO:** Dobramento, Soldagem, usinagem

**INFORMAÇÕES LEVANTADAS:** A máquina não possui concorrentes similares nacionais, somente importadas.

Fabricantes e catálogos de máquinas importadas.

## MATRIZ NECESSIDADES / REQUISITOS DO USUÁRIO

*Deliverable 2 - 3*

<b>Atributos Básicos</b>	Funcionamento	Ergonomia	Economia	Segurança	Confiabilidade	Normalização	Modular
<b>Ciclo de Vida</b>							
Projeto			- Utilizar materiais com baixo custo.		- Identificar os sistemas críticos.	- Utilizar componentes padronizados.	- Projetar com estrutura modular.
Fabricação dos componentes		- Ter componentes leves.	-Ter materiais comerciais com baixo custo. - Ser rápido de fabricar.	-Sem cantos vivos		- Utilizar materiais normalizados.	
Montagem		-Ter fácil montagem. -Ter módulos leves.	-Ser fácil e rápido de montar.	-Ter montagem segura.			
Transporte		-Ter facilidade de transportar manualmente.	-Ter facilidade de transporte.				
Função	-Cortar diferentes espessuras e vários tecidos ao mesmo tempo. - Cortar até 570 mm.comprimento - Cortar até 3 m de tecido por min.		- Ser leve.		-Ter sistema de corte durável		- Ter estrutura modular.
Uso	- Ter sistema de medição do tecido. - Ter acionamento fácil.	- Ter indicações de como usar. - Ter altura e acesso fácil para o trabalho.	-Ser leve. -Ter baixo consumo de energia.	- Ter proteção das partes móveis. - Ter acionamento com duas mãos. - Ser isento de cantos vivos. - Ter indicação de cuidados ao uso.	- Não apresentar defeitos.		
Manutenção	- Ter troca fácil do sistema de corte.	- Ter componentes de fácil acesso para manutenção.	- Ter manutenção rápida e fácil.	- Ter ferramentas apropriadas para desmontagem.	-Ter taxa de falhas mínima.	-Utilizar materiais normalizados	- Ter módulos facilmente substituíveis.

## REQUISITOS DE PROJETOS

*Deliverable 4*

Atributos Específicos	Geométricos	Material	Peso	Forças	Cinemática	Energia
Requisitos do Usuário						
- Cortar diferentes espessuras e vários tecidos ao mesmo tempo. - Cortar comprimento de até 570 mm.	Espessura de corte de até 120 mm. Comprimento de corte de até 570 mm.					
- Ter sistema de medição do tecido. - Ter acionamento fácil.	Mesa com escala Botão de comando com fácil acesso.					
- Cortar 3 m de tecido por min. - Ter troca fácil do sistema de corte.	Lâmina substituída em no máximo 10 min.				Velocidade de corte de 1 ciclo em 5s.	
- Ter componentes leves. - Ter módulos leves.	Estrutura modular simples.		Módulos com no máximo 35Kgf			
-Ter fácil montagem.	Estrutura modular simples.					
-Ter facilidade de transportar manualmente.	Com rodízios.					
- Ter indicações de como usar.	Instruções afixadas na máquina.					
- Ter altura e acesso fácil para o trabalho.	Altura da mesa entre 0,95m e 1,1m					
- Ter componentes de fácil acesso para manutenção.	Estrutura modular simples Tampa de fechamento ampla					

## REQUISITOS DE PROJETOS

Deliverable 4

Atributos Específicos Requisitos do Usuário	Geométricos	Material	Peso	Forças	Cinemática	Energia
-Ter materiais comerciais com baixo custo.	Materiais padrão, normalizados.	Aço carbono				
- Ser rápido de fabricar.	Peças simples.	Aço carbono				
-Ser fácil e rápido de montar.	Unões simples. Estrutura modular simples.					
-Ter facilidade de transporte.	Rodízios.					
- Ser leve.			Peso leve, no máximo de 200 Kgf			
-Ter baixo consumo de energia.	Acionamento elétrico.	Motor elétrico				2 Cv
- Ter manutenção rápida e fácil.	Estrutura modular simples. Unões simples.					
-Ter montagem segura.	Estrutura modular simples. Módulos leves.					
- Ter proteção das partes móveis.	Carenagem nas partes móveis. Proteção das partes móveis					
- Ter acionamento com duas mãos.	Batoeira acionada com duas mãos.					
- Ser isento de cantos vivos.	Cantos vivos, isento.					

**REQUISITOS DE PROJETOS***Deliverable 4*

<b>Atributos Específicos</b>	Geométricos	Material	Peso	Forças	Cinemática	Energia
<b>Requisitos do Usuário</b>						
- Ter indicação de cuidados ao uso.	Instruções de cuidados afixados no equipamento.					
- Ter ferramentas apropriadas para desmontagem.	Ferramentas para manutenção e montagem. Uniões simples normalizadas.	Padrão normalizado				
- Ter sistema de corte durável.	Sistema de corte durável.	Aço especial				
-Ter taxa de falhas mínima.	Confiabilidade					
- Ter estrutura modular.	Estrutura modular simples					
- Ter módulos facilmente substituíveis.	Estrutura modular simples. Uniões simples					

## ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO DO PRODUTO

*Deliverable 5*

<b>ESPECIFICAÇÃO / REQUISITO</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>AVALIADOR / SENSOR</b>	<b>EVITAR / SAÍDAS INDESEJÁVEIS</b>	<b>OBSERVAÇÕES</b>
Espessura de corte	- Permitir cortar tecidos com espessura variável em até 120 mm total.	Paquímetro	- Sistemas complexos.	
Comprimento de corte	- Cortar até 570 mm de comprimento.	Trena		
Capacidade de corte	- Cortar 12 ciclos por min.	Cronômetro		
Sistema de corte	- Durabilidade de 15000 ciclos de trabalho.	Cronômetro	- Reafiar a faca várias vezes.	
Altura da mesa	- Altura entre 0,95 m e 1,1 m	Trena	-Medidas fora do objetivo.	- Obter facilidade no trabalho e ergonomia
Mesa com escala	- Medição do tecido a ser cortado.	Inspeção visual	- Dificuldade de medir o tecido.	
Botão de acionamento duplo manual	- Facilidade de ligar e desligar. Segurança.	Inspeção visual e testes físicos	- Botões em local de difícil acesso. - Acionamento não simultâneo dos botões	- O operador deverá acionar o botão com as duas mãos simultaneamente.
Estrutura modular simples	- Ter módulos leves, com até 35 Kgf - Ter módulos de fácil montagem e desmontagem.	Balança Teste de montagem	- Manutenção complicada. - Módulos de alto custo. - Módulos pesados.	
Uniões simples	- Facilidade, rapidez e segurança na montagem e desmontagem.	Inspeção visual Teste de montagem	- Uniões complexas. -Uniões não normalizadas.	

## ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO DO PRODUTO

*Deliverable 5*

<b>ESPECIFICAÇÃO / REQUISITO</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>AVALIADOR / SENSOR</b>	<b>EVITAR / SAÍDAS INDESEJÁVEIS</b>	<b>OBSERVAÇÕES</b>
Peças simples	- Rapidez e baixo custo de fabricação. - Materiais padrão normalizados.	Simplicidade	- Peças complexas.	
Ferramentas de montagem e manutenção.	- Projetar para a utilização de ferramentas universais.	Teste montagem e manutenção	- Ferramentas especiais.	
Tampas e carenagens amplas e removíveis	- Facilitar a manutenção e montagem.	Inspeção visual	- Difícil acesso para manutenção e montagem.	
Carenagens	- Segurança contra as partes móveis	Inspeção visual e testes físicos	- Áreas não protegidas.	
Cantos vivos	- Isento	Inspeção visual	- Falta de segurança.	
Rodízios	- Facilitar o transporte.	Inspeção visual	- Rodas que danifiquem o piso industrial.	- O operador poderá movimentar a máquina no setor.
Peso	- 200 Kgf no máximo	Balança	- Dificuldades no transporte - Alto custo.	
Acionamento	- Baixo consumo de energia	Potência máxima de 2 Cv	- Motores com alto consumo de energia.	
Falhas	- Taxa de falhas mínima	Taxa de falhas	- Problemas com manutenção	
Facilidade de operação	- Simplicidade de operação Instruções de uso na máquina	Teste de operação	- Sistemas complexos, com muitas operações.	
Custo	- Máximo de R\$ 8500,00	Custo	- Custos altos	

## ANEXO 4

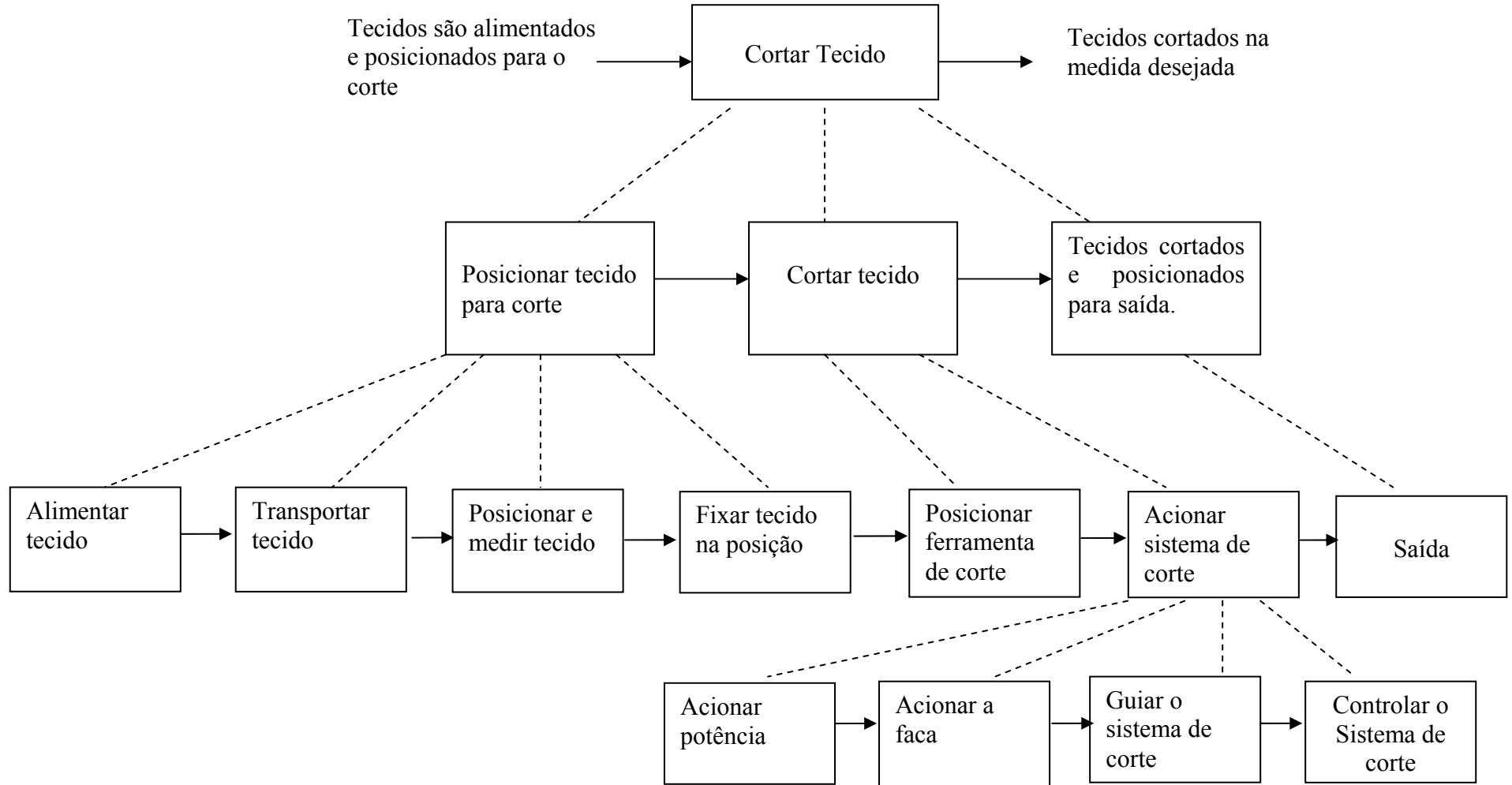
### ***Deliverables do Gate 2: Projeto Conceitual***

*Deliverable 6:* Estrutura funcional

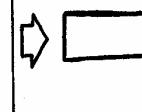
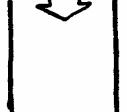
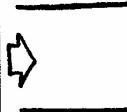
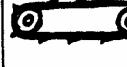
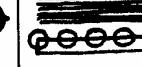
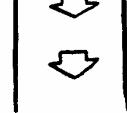
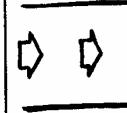
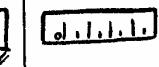
*Deliverable 7:* Matriz morfológica

*Deliverable 8:* Matriz de avaliação das concepções

*Deliverable 9:* Concepção do projeto

**ESTRUTURA FUNCIONAL***Deliverable 6*

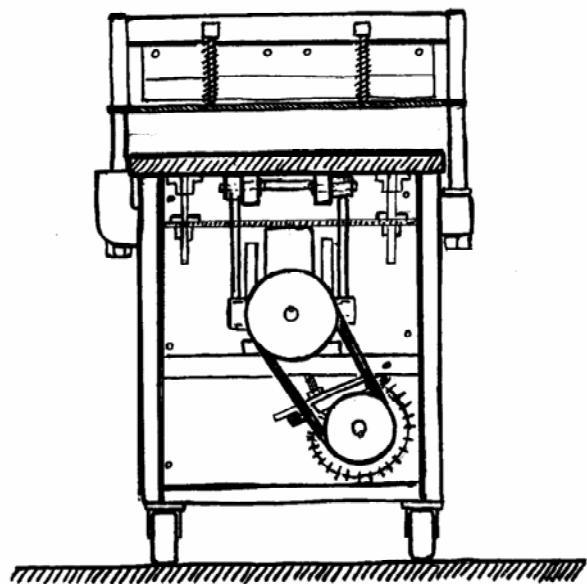
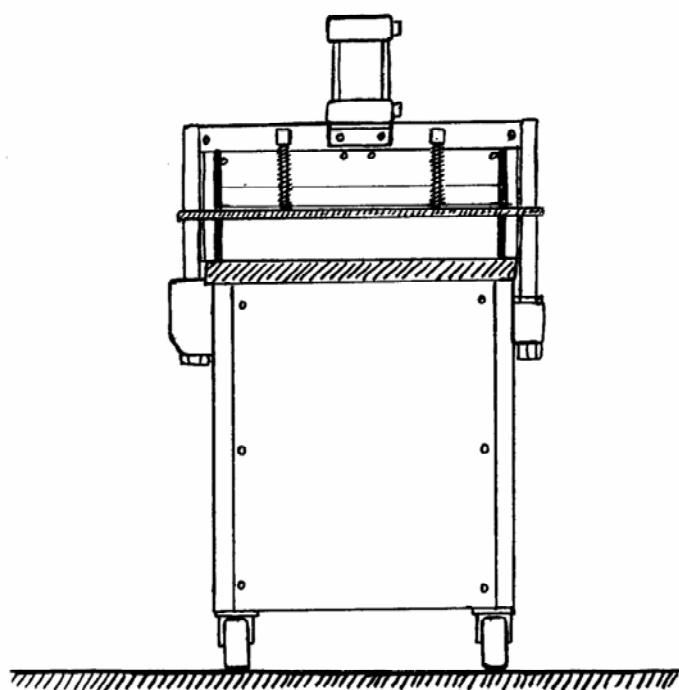
**MATRIZ MORFOLÓGICA****Deliverable 7**

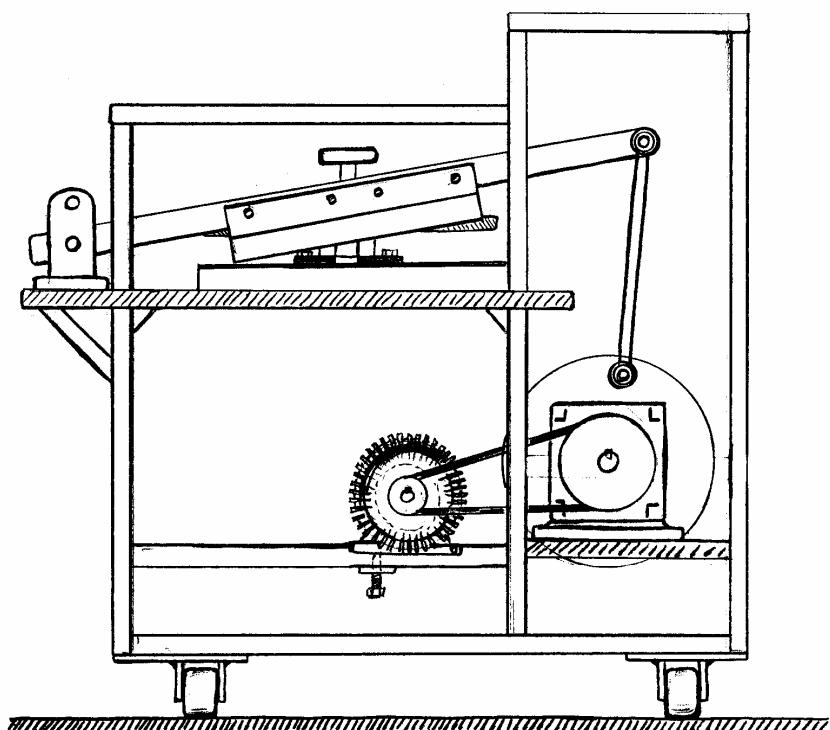
a) Alimentação da Máquina	a-1 Posição do Tecido.					
	a-2 Sentido da Alimentação.					
	a-3 Formato do Fardo.					
b) Transporte do Tecido	b-1 Tipo de Dispositivo.					
	b-2 Accionamento do Transporte.					
	b-3 Sentido do Transporte.					
c) Centralização e Medição	c-1 Sistema de Guias e Medição.					
	c-2 Posicionamento Manual.					
d) Fixação do Tecido	d-3 Mesa com Fixadores.					

e) Corte (Ferramenta ).	e-1 Ferramenta.					
f) Acionamento do Sistema de Corte	f-1 Mesa fixa, faca acionada por pistões tipo guilhotina.					
	f-2 Mesa móvel, Faca Fixa movimento alternativo.					
	f-3 movimento por cames.					
	f-4 Mesa fixa, Faca rotativa Mov. Em "x" c/ guia Mov. Em "y" c/ pistão.					
g) Acionamento de Potência.	g-1 Açãoamento.					
h) Guia do Sistema De Corte.	h-1 Tipo					
i) Controle.	i-1 Tipo de Controle.					
j) Saída.	j-1 Sentido de saída do tecido.					
	j-2 Sentido de saída do retalho.					

*Deliverable 8***MATRIZ DE AVALIAÇÃO DAS CONCEPÇÕES**

Especificação	Peso	Concepção 01		Concepção 02		Concepção 03	
		Avali.	Peso x Av	Avali.	Peso x Av	Avali.	Peso x Av
Espessura de corte de até 120mm	<b>5</b>	10	50	10	50	10	50
Comprimento de corte de até 570mm	<b>5</b>	10	50	10	50	10	50
Capacidade de corte 12 ciclos por minuto	<b>5</b>	10	50	9	45	10	50
Sistema de corte c/ duração de 15000ciclos	<b>5</b>	8	40	8	40	10	50
Altura da mesa entre 0,95m e 1,1m	<b>3</b>	10	30	10	30	10	30
Mesa com escala	<b>4</b>	10	40	10	40	10	40
Botão de acionamento duplo manual	<b>5</b>	10	50	10	50	10	50
Estrutura modular simples	<b>5</b>	9	45	9	45	8	40
Unões simples	<b>5</b>	8	40	7	35	8	40
Peças simples	<b>5</b>	9	45	9	45	8	40
Ferramentas de mont. e manut. Universal	<b>3</b>	10	30	10	30	10	30
Tampas e carenagens amplas e removíveis	<b>4</b>	8	32	8	32	8	32
Carenagens seguras	<b>5</b>	8	40	8	40	6	30
Cantos vivos (isento)	<b>5</b>	8	40	8	40	8	40
Rodízios (transporte)	<b>4</b>	10	40	6	24	9	36
Peso leve 200kgf no máximo	<b>5</b>	10	50	8	40	8	40
Acionamento com baixo consumo energia	<b>4</b>	10	40	6	24	10	40
Falhas (taxa mínima)	<b>5</b>	8	40	9	45	8	40
Facilidade de operação	<b>4</b>	8	32	8	32	8	32
Custo baixo	<b>5</b>	10	50	5	25	8	40
			834		762		800

**CONCEPÇÃO 1****CONCEPÇÃO 2**

**CONCEPÇÃO 3**

## ANEXO 5

### ***Deliverables do Gate 3: Projeto Preliminar***

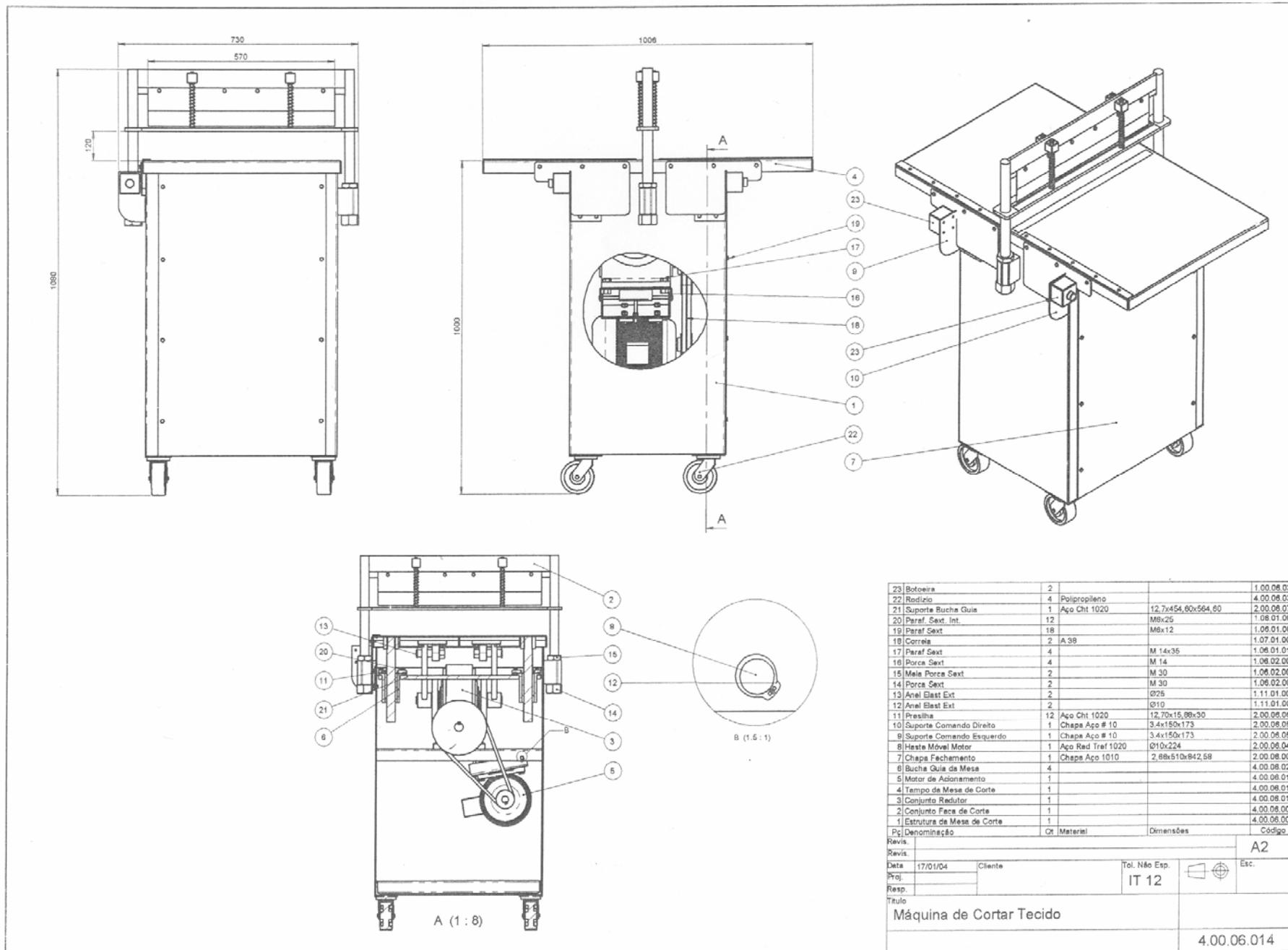
*Deliverable 10:* Desenhos Preliminares, e instruções gerais de produção e montagem.

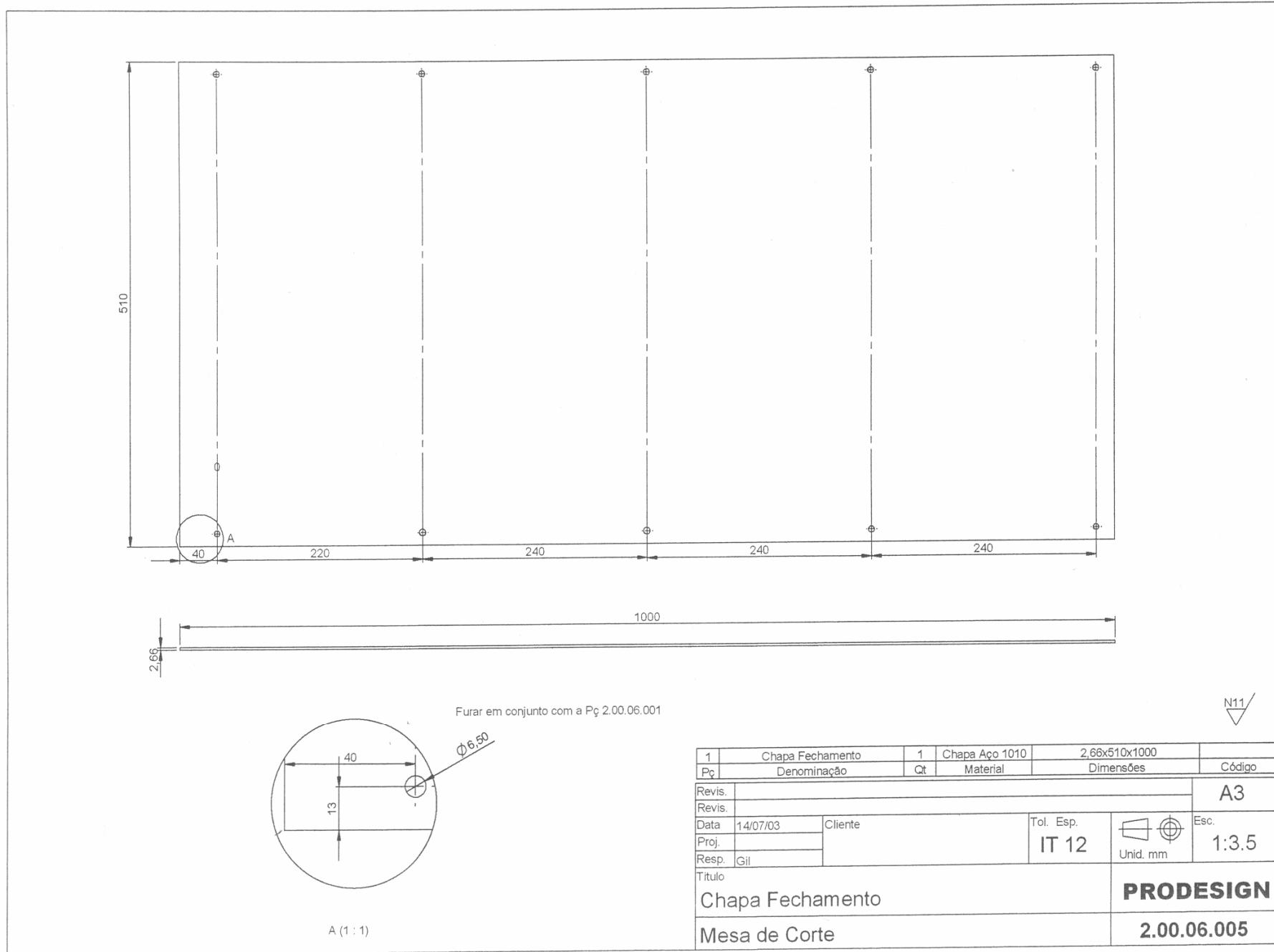
*Deliverable 11:* Matriz de Avaliação quanto as Especificações do Projeto Informacional

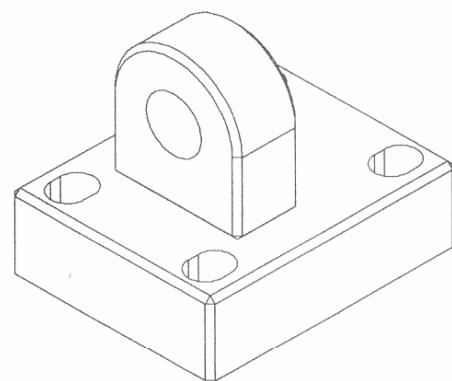
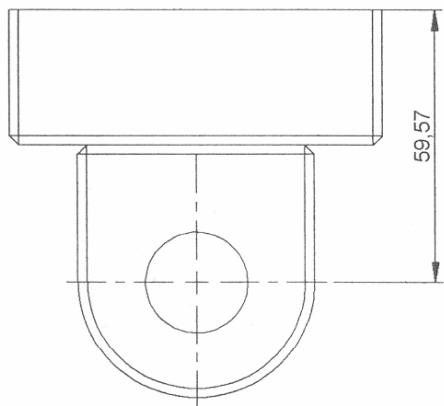
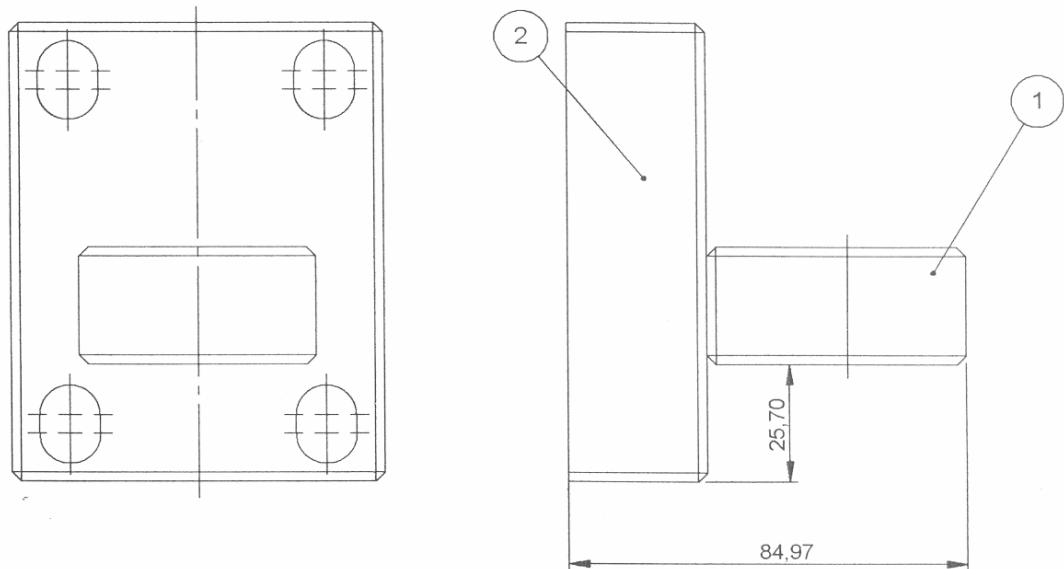
*Deliverable 12:* Análise de Falhas

*Deliverable 13:* Resultados dos testes

*Deliverable 14:* Planilha de Custos



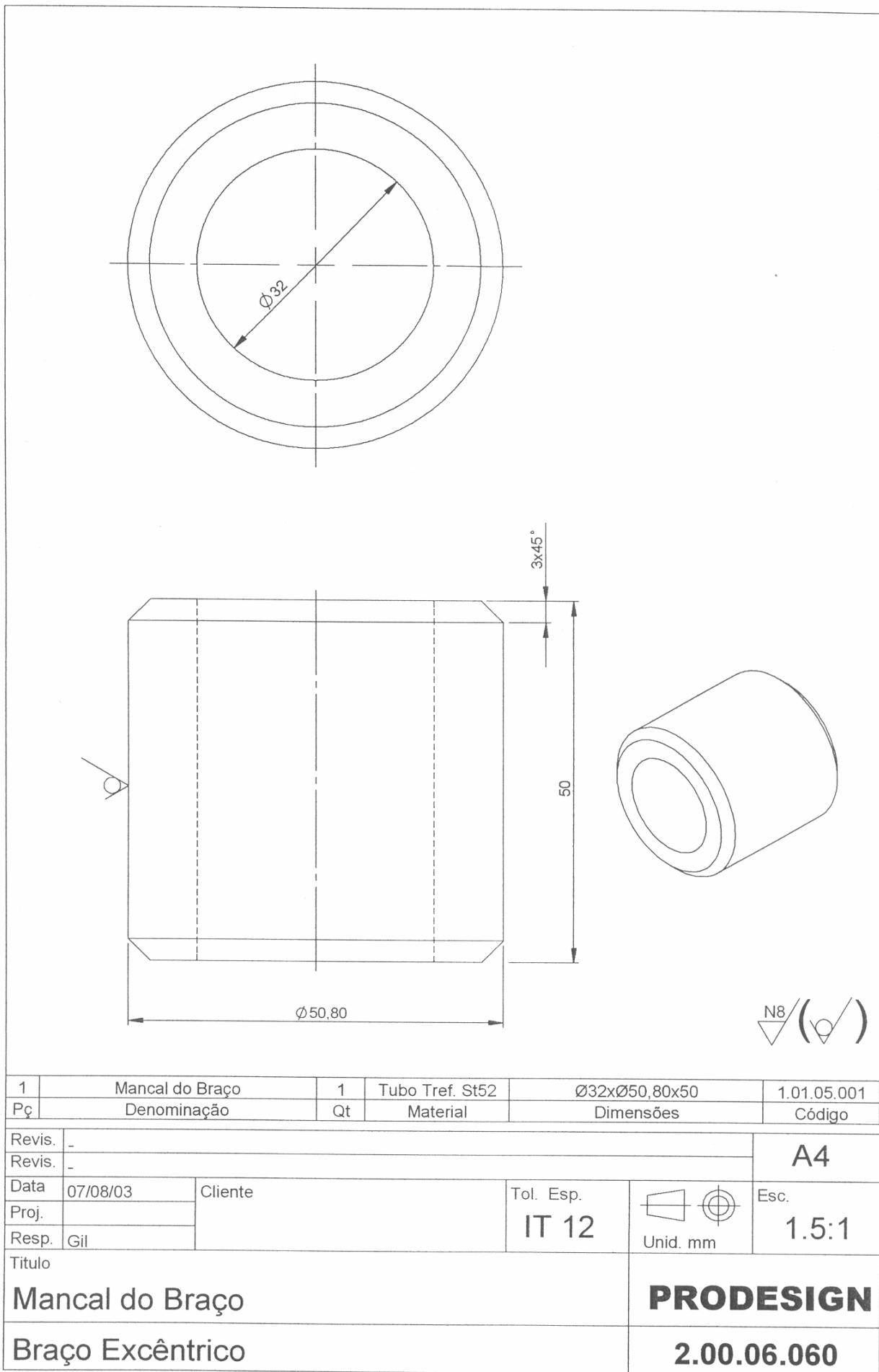




N8

Revis.	Base Suporte Braço	1	Chapa Aço 1020	29,57x80x100	
Revis.	Suporte Braço	1	Aço Ret 1020	25,40x50,80x55,4	
Pç	Denominação	Qt	Material	Dimensões	Código
					A4
Revis.					
Data		Cliente	Tol. Esp.		Esc.
Proj.			IT 12	Unid. mm	1:1.5
Resp.	Gil				
Titulo	<b>Suporte Braço Excêntrico</b>				<b>PRODESIGN</b>
	<b>Tampo da Mesa de Corte</b>				<b>4.00.06.019</b>

☒



**INSTRUÇÕES GERAIS PARA PRODUÇÃO***Deliverable 10*

<b>MÁQUINA PARA CORTE DE TECIDO</b>	
Instruções gerais para fabricação dos componentes.	<ol style="list-style-type: none"><li>1. A chapa onde será fixada a guia deverá estar isenta de empenamentos, sob risco de causar desalinhamento das guias. Recomenda-se o processo de corte por plasma.</li><li>2. A furação para fixação das guias cilíndricas e a furação da fixação das buchas guias da mesa deverão ser feitas em conjunto.</li><li>3. Cuidar quanto às tolerâncias do eixo central de acionamento, principalmente quanto ao diâmetro e quanto ao canal de chaveta, evitando folgas indesejáveis no sistema biela manivela.</li><li>4. Cuidar quanto ao alinhamento da estrutura da máquina e da tampa mesa de corte, não soldar em excesso, evitando empenamento.</li><li>5. Recomenda-se tratamento das guias por nitretação, evitando empenamentos.</li></ol>
Instruções gerais para montagem.	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Montar a estrutura da máquina e a mesa de corte independente. Montar as buchas na estrutura e as guias na mesa, e finalmente montar a mesa junto à estrutura.</li><li>2. Cuidar quanto ao perfeito alinhamento entre as buchas e as guias.</li><li>3. Concluir a montagem do motor e redutor, e os demais componentes da máquina.</li><li>4. A faca deverá ser regulada para tocar a proteção da mesa de corte na posição superior da mesa.</li><li>5. Concluir a ligação elétrica da máquina, e verificar se o acionamento se dá somente pelo acionamento simultâneo dos dois botões de ligar a máquina.</li></ol>

**MATRIZ DE AVALIAÇÃO QUANTO AS ESPECIFICAÇÕES**  
**DO PROJETO INFORMACIONAL**

Deliverable 11

<b>Requisito de Projeto</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Sensor</b>	<b>Resultado do Projeto Preliminar</b>	<b>Aprovação</b>
Espessura de corte	Variável até 120 mm	Paquímetro	Espessura de corte de 0 a 120 mm	Sim
Comprimento de corte	Cortar até 570 mm de comprimento	Trena	Lamina com capacidade de cortar até 570 mm de comprimento	Sim
Capacidade de corte	1 ciclo / 5 s	Cronômetro	1 ciclo / 5s	Sim
Sistema de corte	Durabilidade de 15000 ciclos	Cronômetro	Durabilidade teórica superior a 15000 ciclos	Sim
Altura da mesa	0,95 a 1,1 m	Trena	1 m na posição inferior	Sim
Mesa com escala	Medição do tecido	Inspeção visual	Escala métrica na mesa	Sim
Botão de acionamento duplo manual	Facilidade e segurança	Inspeção visual e testes físicos	Acionamento através de dois botões com acionamento simultâneo	Sim
Estrutura modular simples	Módulos c/ até 35Kg Módulos de fácil montagem	Balança Teste de montagem	Módulo mais pesado com 32 Kg Projeto com estrutura modular de fácil montagem	Sim
Unões simples	Montagem fácil, rápida e segura	Inspeção visual Teste Montagem	Unões simples com parafusos, estrutura e mesa soldada	Sim

**MATRIZ DE AVALIAÇÃO QUANTO AS ESPECIFICAÇÕES  
DO PROJETO INFORMACIONAL**

<b>Requisito de Projeto</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Sensor</b>	<b>Resultado do Projeto Preliminar</b>	<b>Aprovação</b>	
Peças simples	Baixo custo	Simplicidade	Peças de fácil fabricação	Sim	
Ferramentas de montagem e manutenção.	Usar ferramentas universais	Teste montagem e manutenção	Ferramentas universais, chave de boca.	Sim	
Tampas e carenagens amplas e removíveis	Facilidade de manutenção	Inspeção visual	Carenagens removíveis e tampa do tamanho da lateral da máquina	Sim	
Carenagens	Segurança	Inspeção visual e testes físicos	Carenagens que proporcionam segurança.	Sim	
Cantos vivos	Isento	Inspeção visual	Cantos arredondados ou chanfrados	Sim	
Rodízios	Facilidade de transporte	no	Inspeção visual	Rodízios giratórios de poliuretano.	Sim
Peso	Máximo 200 Kgf	Balança	Peso de 192 Kgf	Sim	
Acionamento	Baixo consumo de energia	Potência máxima de 2 Cv	Motor de 2 Cv	Sim	
Falhas	Taxa de falhas mínima	Taxa de falhas	Projeto confiável, utilização de técnicas como FMEA	Sim	
Facilidade de operação	Simplicidade de operação	Teste de operação	Simplicidade de operação	Sim	
Custo	R\$ 8500,00	Custo	R\$ 8312,00	Sim	

*Análise do Tipo e Efeito de Falha (FMEA)**Deliverable 12***Máquina de Corte de Tecido**

Data/revisão: 20/04/2004 – revisão 1

Folha N° 1 de 3

**FMEA de Produto**

Componente do Produto/	Função do produto	Tipo de Falha Potencial	Efeito de Falha Potencial	Causa da Falha em Potencial	Controles Atuais	Índices				Ações Recomendadas	Responsável/ Prazo	Ações de Melhoria			Índices Atuais			
						G	O	D	R			Medidas Implementadas						
						G	O	D	R									
Estrutura	Suporte aos componentes da máquina.	Ruptura	Máquina trava	Estrutura frágil	Cálculo tensão	10	3	4	120	Realizar testes	Luis	Teste realizado	10	2	3	60		
		Deformação	Máquina balança	Baixa rigidez	Cálculo deformação	8	4	6	192	Realizar testes	Luis	Teste realizado	8	1	2	16		
			Máquina trava	Baixa rigidez	Nenhum	10	4	6	240	Realizar testes	Luis	Teste realizado	10	1	1	20		
Redutor e manivela	Transformar rotação em movimento linear	Ruptura do braço/eixo	Mesa não sobe	Tensões elevadas	Cálculo tensões	10	3	4	120	Reavaliar diminuir as tensões	Gil	Cálculos revistos	10	1	2	20		
		Desgaste bucha / eixo	Folga	Tensões elevadas. Lubrificação insuficiente.	Cálculo	8	3	5	120	Reavaliar tensões. Melhorar lubrificação	Gil	Cálculos revistos Colocado graxeira	8	3	2	48		
Botão de acionamento	Ligar máquina com segurança	Não acionar	Máquina não funciona	Ligaçāo incorreta	Nenhum	8	4	6	192	Realizar testes	João	Teste realizado	8	1	1	8		
		Acionar com um só botāo	Operador com uma mão livre pode causar acidente	Ligaçāo incorreta	Nenhum	10	5	6	300	Realizar testes	João	Teste realizado	10	1	1	10		
		Botão aciona com um toque	Operador com duas mãos livres	Botão inadequado	Nenhum	10	4	6	240	Especificar botão	João	Botão correto especificado	10	1	1	10		

G = Gravidade O = Ocorrência D = Detecção R = Riscos

Análise do Tipo e Efeito de Falha (FMEA)												Deliverable 12				
Máquina de Corte de Tecido												FMEA de Produto				
Componente do Produto/	Função do componente	Tipo de Falha Potencial	Efeito de Falha Potencial	Causa da Falha em Potencial	Controles Atuais	Índices				Ações de Melhoria				Índices Atuais		
						G	O	D	R	Ações Recomendadas	Responsável	Medidas Implantadas	Índices Atuais			
													G	O	D	R
Guias	GUIAR O MOVIMENTO LINEAR DA MESA	Desalinhamento	Mesa trava	Baixa rigidez da mesa	Cálculo tensões e deformações.	10	3	4	120	Realizar teste	Luis	Produto testado	10	2	2	40
		Desgaste do eixo guia	Folga na mesa	Fixação desalinhada	Nenhum	10	4	6	240	Reavaliar sistema de fixação das guias	Luis	Fixação das guias em peça única com tolerâncias como planicidade	10	2	2	40
		Desgaste na bucha guia	Folga na mesa	Material com dureza inadequada	Nenhum	9	4	7	252	Especificar a dureza e o tratamento adequado	Luis	Especificado a dureza e o tratamento de nitretação	9	2	2	36
				Material inadequado	Nenhum	9	4	7	252	Especificar material adequado	Luis	Especificado o material adequado para as buchas	9	2	2	36
Carenagem	PROTEÇÃO E SEGURANÇA	Não protege	Risco de acidente	Áreas desprotegidas, carenagem curta	Avaliação desenho	10	6	3	180	Realizar teste	Gil	Teste realizado Mudanças na carenagem	10	1	1	10
		Pouco espaço para manutenção	Maintenção difícil	Carenagens pequenas ou não removíveis	Avaliação desenho	8	6	4	192	Realizar teste	Gil	Teste de montagem e manutenção	8	1	1	8

G = Gravidade O = Ocorrência D = Detecção R = Riscos

Análise do Tipo e Efeito de Falha (FMEA)												Deliverable 12				
Máquina de Corte de Tecido Data/revisão: 20/04/2004 – revisão 1 Folha N° 3 de 3												FMEA de Produto				
Componente do Produto/	Função do produto	Tipo de Falha Potencial	Efeito de Falha Potencial	Causa da Falha em Potencial	Controles Atuais	Índices				Ações Recomendadas	Responsável/	Medidas Implantadas	Índices Atuais			
						G	O	D	R				G	O	D	R
Faca	Cortar tecido	Faca cega	Faca não corta	Afiado incorreta Material inadequado Desgaste natural	Nenhum	10	6	6	360	Realizar testes de vida útil	Luis	Teste realizado	10	4	4	160
			Aumento da corrente do motor	Força adicional para cortar	Proteção por fusível	10	6	5	300	Realizar testes com a faca cega	Luis	Teste realizado, eficácia do painel comprovada	10	2	2	40
			Correia patina	Força adicional para cortar	Proteção por fusível	10	6	5	300	Realizar testes com a faca cega	Luis	Teste realizado, eficácia do painel comprovada	10	2	2	40
	Cortar 120 mm de espessura	Lamina não desloca até a mesa	Não corta 120 mm	Faca curta	Regulação de altura	10	6	6	360	Testar	Luis	Teste realizado	10	1	1	10
		Lamina bate na mesa	Quebra da lâmina	Lamina maior que deslocamento	Regulação de altura	10	6	6	360	Colocar amortecedor Testar	Luis	Chapa de amortecimento em nylon Realizado teste	10	2	2	40
		Não corta 570 mm	Não atende especificação	Comprimento incorreto	Cálculo Especificação da faca	10	2	2	40	Realizar teste Verificar especificação da faca	Luis	Teste realizado Especificação revisada	10	1	1	10

G = Gravidade O = Ocorrência D = Detecção R = Riscos

<b>Empresa: Prodesign</b>	<b>PLANEJAMENTO E RESULTADOS DO TESTE</b>		<b>Data: 02/02/2004</b> <b>Resp.Luis</b>
<b>Tipo de teste : Protótipo</b>			
<b>COMPONENTE</b>	<b>AVALIAR</b>	<b>RESULTADOS OBTIDOS</b>	
Desempenho Funcionamento	/ 1- A qualidade do material cortado é boa, isento de fios soltos, amassados. 2- A máquina corta tecidos isolados, e vários tecidos com espessura total de até 120 mm. 3- É possível cortar comprimento de tecido de até 570 mm. 4- A velocidade de corte de 1 ciclos em 5s. 5- É possível, fácil e produtivo medir o tecido com a escala existente na mesa. 6- O sistema de guia e fixação do tecido na mesa é eficaz. 7- É possível obter uma boa perpendicularidade no tecido cortado. 8- A altura da máquina é boa, proporciona bom conforto ao operador. 9- A máquina não possui rebarbas, ou cantos vivos perigosos par o operador. 10- A operação da máquina é simples. 11- A máquina é fácil de movimentar com os rodízios.	1- Corte da máquina com boa qualidade. 2- A máquina corta tanto tecidos separados quanto vários tecidos com espessura de até 120 mm. 3- Comprimento máximo cortado de 570 mm. 4- Cronometrado 1 ciclo de corte em 5 segundos. 5- Fácil medir com a escala na mesa. 6- O sistema de fixação é suficiente para manter o tecido na posição para ser cortado. 7- As amostras de tecido cortadas possuem uma boa perpendicularidade, sendo avaliadas positivamente pelo cliente das amostras. 8- Altura de trabalho considerada confortável pelo operador. 9- A máquina não apresenta cantos que possam causar cortes no operador. 10- Operação considerada fácil mesmo por operadores inexperientes. 11- Movimentação leve, ideal para deslocamentos dentro da seção, não devendo ser utilizado para longos deslocamentos.	

<b>Empresa:</b>  <b>Produto:</b> Máquina de Cortar tecidos	<b>PLANEJAMENTO E RESULTADOS DO TESTE</b>	
		<b>Data: 02/02/2004</b> <b>Resp.Luis</b>
<b>COMPONENTE</b>	<b>AVALIAR</b>	<b>RESULTADOS OBTIDOS</b>
Estrutura	<p>1- Resistência no trabalho, ausência de trincas.</p> <p>2- Deformação perceptível, avaliar com o auxílio de uma régua metálica com um metro de comprimento, antes, durante, e após o trabalho.</p> <p>3- Rígidez, avaliar a oscilação, ou vibração excessiva da máquina.</p>	<p>1- Máquina opera em condições normais, sem trinca visível.</p> <p>2- Não foram observadas deformações visíveis.</p> <p>3- Não houve oscilações, ou vibrações excessivas, estrutura aparenta ter grande rígidez.</p>
Conjunto movimento alternativo (motor, polias, redutor, e biela e manivela)	<p>1- Temperatura do motor.</p> <p>2- Estado das correias, aquecimento excessivo, desgaste, não patinam, nem são ruidosas.</p> <p>3- Comportamento estável da biela manivela.</p> <p>4- Desgaste da bucha / eixo.</p> <p>5- Consumo de energia do motor de no máximo a corrente nominal de 5 A, em 220V.</p>	<p>1- Temperatura do motor após 30 min de trabalho considerados normais.</p> <p>2- Estado e funcionamento das correias considerado normal, apesar do teste de apenas três dias de trabalho, porém conclui-se que não haverá problemas a longo prazo.</p> <p>3- Biela e manivela com comportamento normal.</p> <p>4 – Após o teste e desmontagem, a bucha e eixo não apresentaram problemas.</p> <p>5- Consumo de energia dentro da nominal.</p>
Botão de acionamento	<p>1- Verificar se o conjunto acionamento funciona somente quando mantido pressionado os dois botões.</p> <p>Obs: Não deve ser possível acionar a máquina com somente um botão, nem acionar com uma simples toque.</p> <p>As mãos do operador devem estar ocupadas pressionando os botões.</p>	<p>1- A máquina funciona somente quando mantidos os dois botões de acionamento pressionados.</p>

<b>Empresa:</b>  <b>Produto:</b> Máquina de Cortar tecidos	<b>PLANEJAMENTO E RESULTADOS DO TESTE</b>	
	<b>Data: 02/02/2004</b> <b>Resp.Luis</b>	
<b>COMPONENTE</b>	<b>AVALIAR</b>	<b>RESULTADOS OBTIDOS</b>
Guias	<p>1- Desalinhamento das guias, visível, ou através da dificuldade do movimento alternativo da mesa</p> <p>2- Se ocorre o travamento da mesa, avaliar o funcionamento da máquina em piso não plano.</p> <p>3- Desgaste, risco nas guias.</p> <p>4- Desgaste na bucha guia.</p>	<p>1-Não foram observadas desalinhamentos nas guias.</p> <p>2- Máquina opera em condições normais, não foram observadas deformações visíveis, nem houveram oscilações, ou vibrações excessivas.</p> <p>3- As guias estiveram isentas de desgastes.</p> <p>4- Buchas isentas de riscos, nem desgastes.</p>
Carenagem	<p>1- Amplas, proporcionam fácil acesso para a manutenção e montagem.</p> <p>2- Protegem o operador quanto ao acidente nas partes móveis, incluem todas as partes móveis do produto.</p>	<p>1- Carenagens amplas facilitam o acesso para manutenção.</p> <p>2- A máquina apresenta locais com risco de prensagem da mão entre a mesa e a estrutura. A proteção da faca também não é suficiente para proporcionar segurança. Recomenda-se novo estudo das proteções.</p>
Faca	<p>1- É fácil de regular, trocar, dificilmente batem na mesa, e quando o fazem estão protegidas por uma tira de chapa de nylon, que proporcionam um bom amortecimento.</p> <p>2- Proporcionam um bom corte no tecido, de até 120 mm por 570 mm</p>	<p>1- Fácil de regular e trocar, proteção de nylon funciona.</p> <p>2- Primeiro modelo de faca não teve um bom corte e quebrou.</p> <p>Foi feito novo modelo de faca com outro ângulo de corte e foi obtido um corte do tecido com boa qualidade, isento de amassados e fios soltos.</p>

<b>Empresa:</b> <b>Produto:</b> Máquina de Cortar tecidos	<b>PLANEJAMENTO E RESULTADOS DO TESTE</b>		<b>Data: 02/02/2004</b> <b>Resp.Luis</b>
<b>COMPONENTE</b>	<b>AVALIAR</b>	<b>RESULTADOS OBTIDOS</b>	
faca	3- Tem uma vida útil de aproximadamente 15 mil ciclos ou mais	3- Desgaste da faca imperceptível durante os três dias de teste, o que faz supor que a mesma terá uma longa vida útil, porém para se certificar será necessário fazer um teste mais prolongado.	
Painel	1- Se o painel desliga com sobre-carga causada por faca não estar afiada.	1- O Painel desliga automaticamente quando a faca está com o corte muito cego.  Foi observado que quanto pior a afiação da faca maior o consumo de corrente do motor, até chegar a um limite onde a faca está cega e causa o acionamento da proteção do painel.	
		<b>Observações Gerais:</b>	

Empresa: Prodesign Produto: Máquina de cortar tecidos		PLANILHA DE CUSTOS			Data: Resp.
ÍTEM	COMPONENTE	MATÉRIA PRIMA (-ICMS) (Unit) (R\$)	CUSTO DE TRANSFORMAÇÃO (R\$)	FRETE (R\$)	CUSTO REAL (R\$)
01	Conjunto estrutura da mesa de corte	-	-	0,80	350,50
02	Conjunto tampo da mesa	-	-	-	778,54
03	Conjunto faca de corte	-	-	-	598,60
04	Conjunto redutor	-	-	40,00	1610,92
05	Conjunto motor	-	-	-	289,24
06	Chapa de fechamento	39,54	20,00	-	59,54
07	Guia da mesa	24,00	-	-	96,00
08	Haste móvel	2,30	1,50	-	7,60
09	Suporte comando esquerdo	3,30	2,50	-	5,80
10	Suporte comando direito	3,30	2,50	-	5,80
11	Anel elástico E10	0,08	-	-	0,16
12	Anel elástico E25	0,03	-	-	0,06
13	Parafuso sextavado M6x12	0,08	-	-	1,44
14	Porca sextavada M30	4,15	-	-	8,30
15	Parafuso sextavado M14x35	1,16	-	-	4,64
16	Porca sextavada M14	0,34	-	-	1,36
17	Correia A 38	3,32	-	-	6,64
18	Rodízio	14,14	-	-	56,56
19	Botão de comando	62,25	-	-	124,50
20	Painel elétrico	770,00	-	-	630,00
	Montagem Final				650,00
	Total Custo direto				5486,00
Custos Indiretos: 1605,80					
Comissão: 209,70					
ICMS: 966,00					
PIS: 45,44					
Custo total: <b>R\$ 8312,94</b>					



## ANEXO 6

### **Deliverables do Gate 4: Projeto Detalhado**

*Deliverable 15:* Desenhos detalhados com tolerâncias e ajustes.

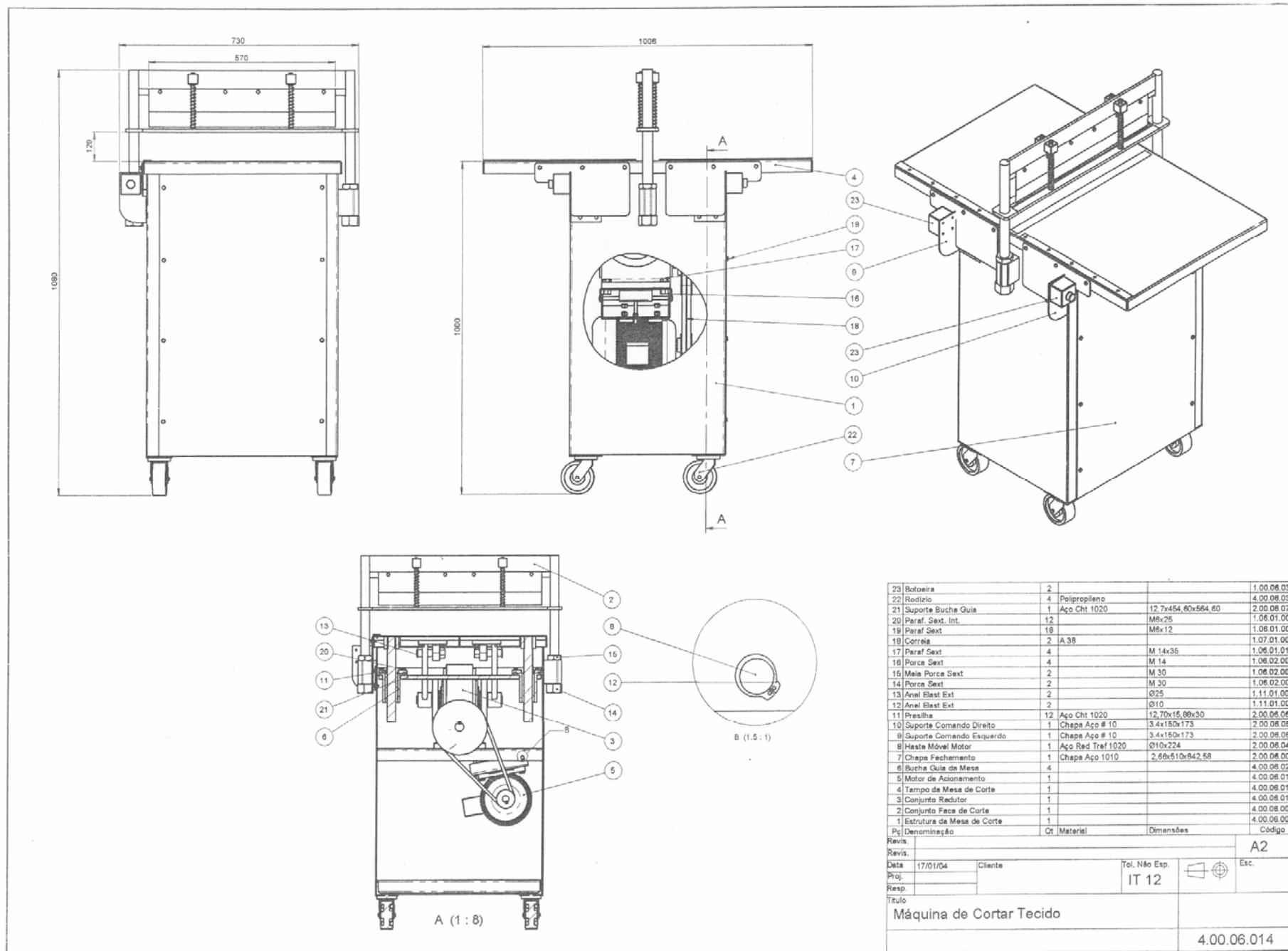
*Deliverable 16:* Instruções para o processo de fabricação.

*Deliverable 17:* Estrutura do produto com lista dos sistemas, subsistemas, componentes e especificação de materiais.

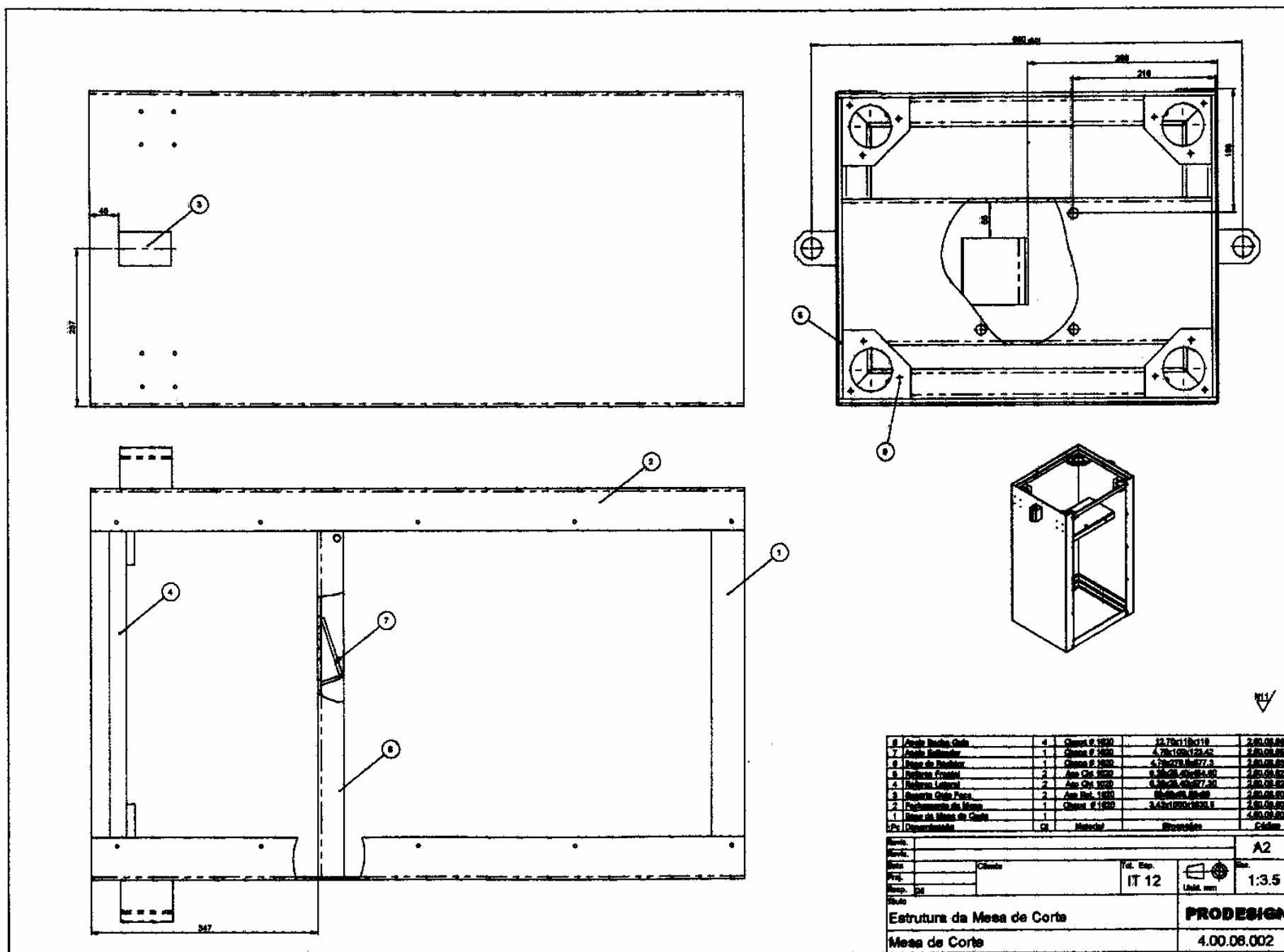
*Deliverable 18:* Homologação de fornecedores e matéria prima.

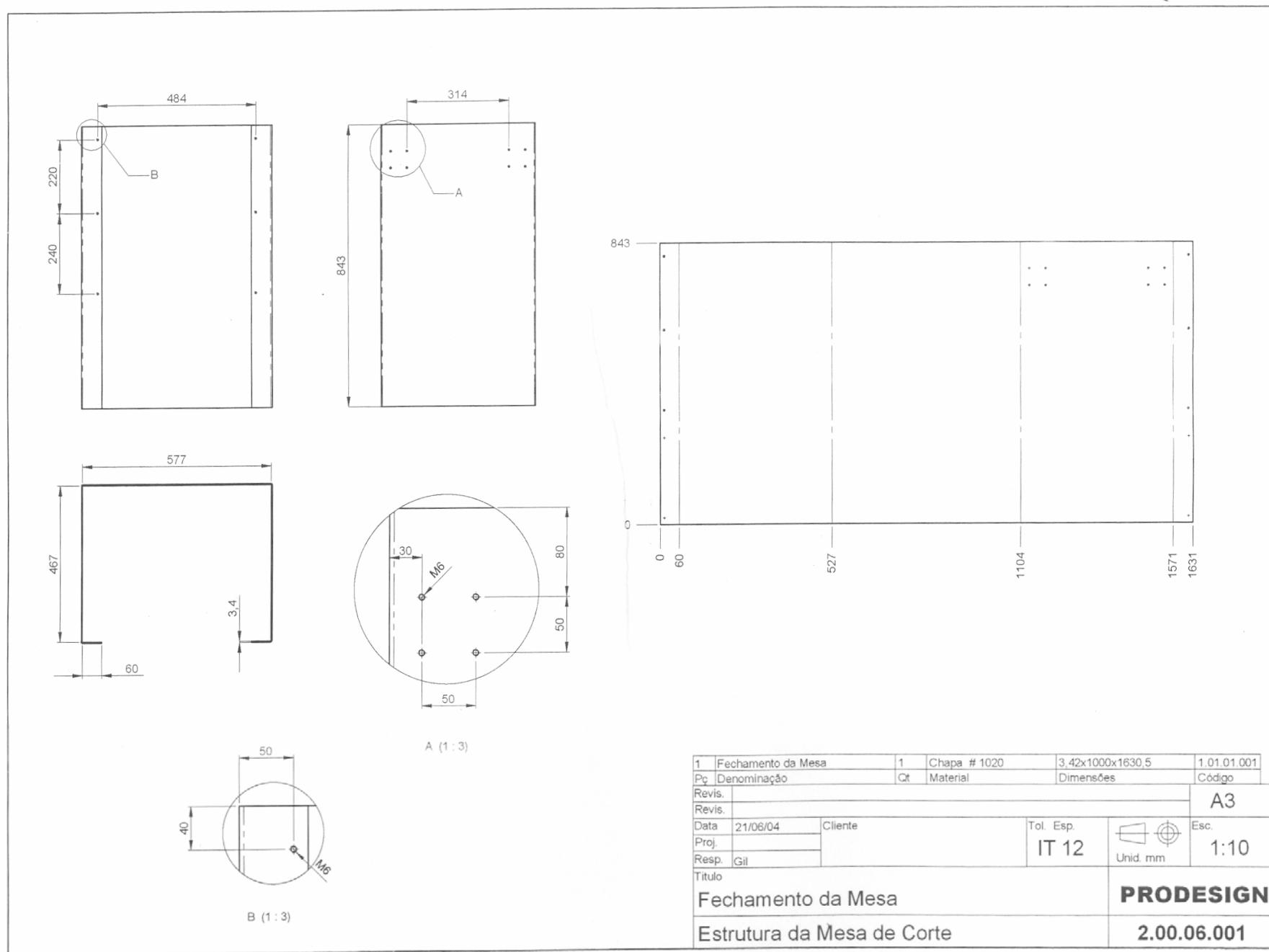
*Deliverable 19:* Avaliação dos custos.

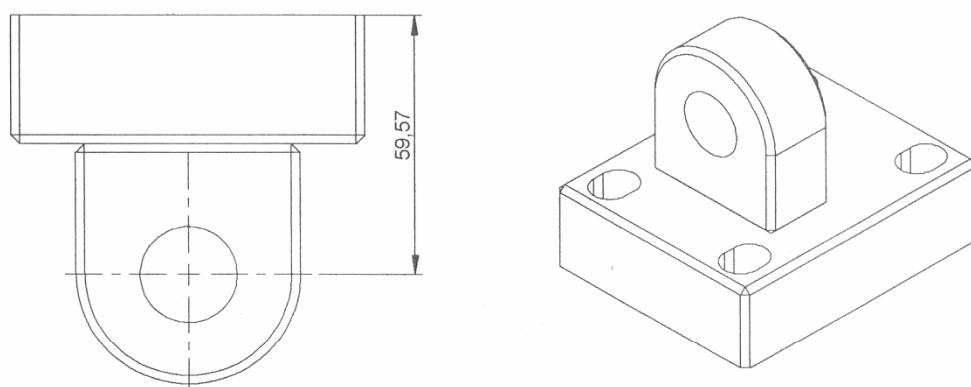
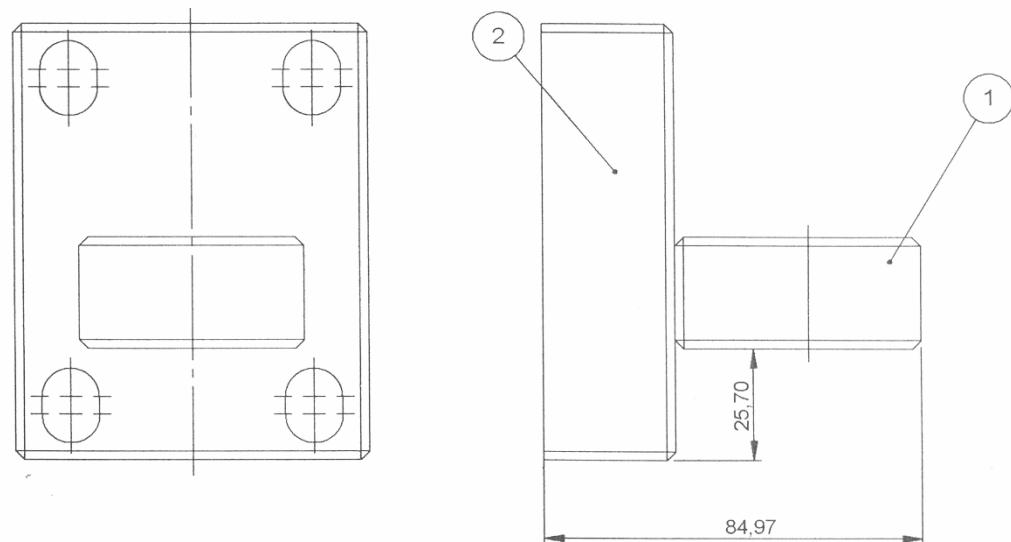
*Deliverable 20:* Matriz de avaliação quanto ao atendimento das especificações de projeto.





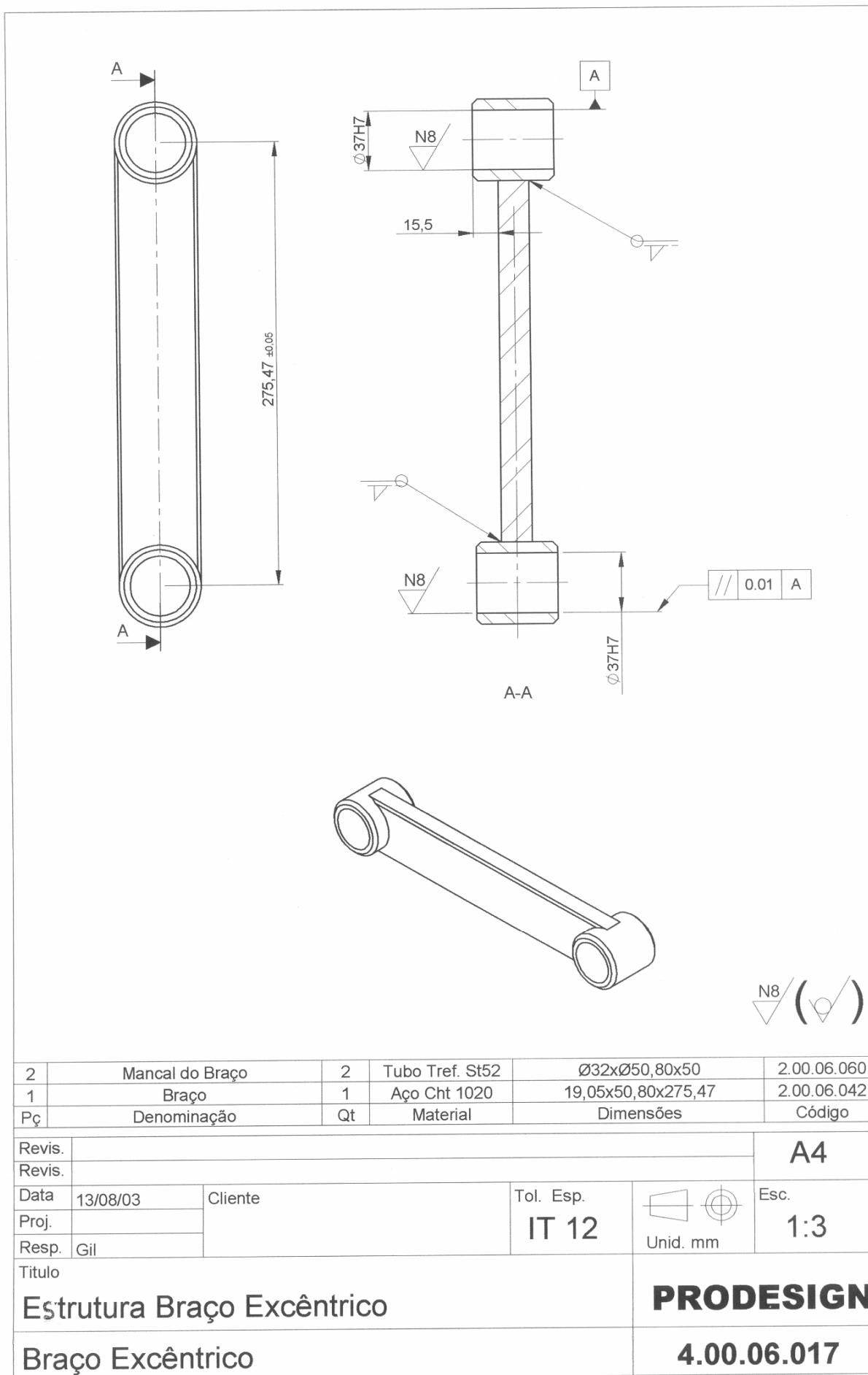


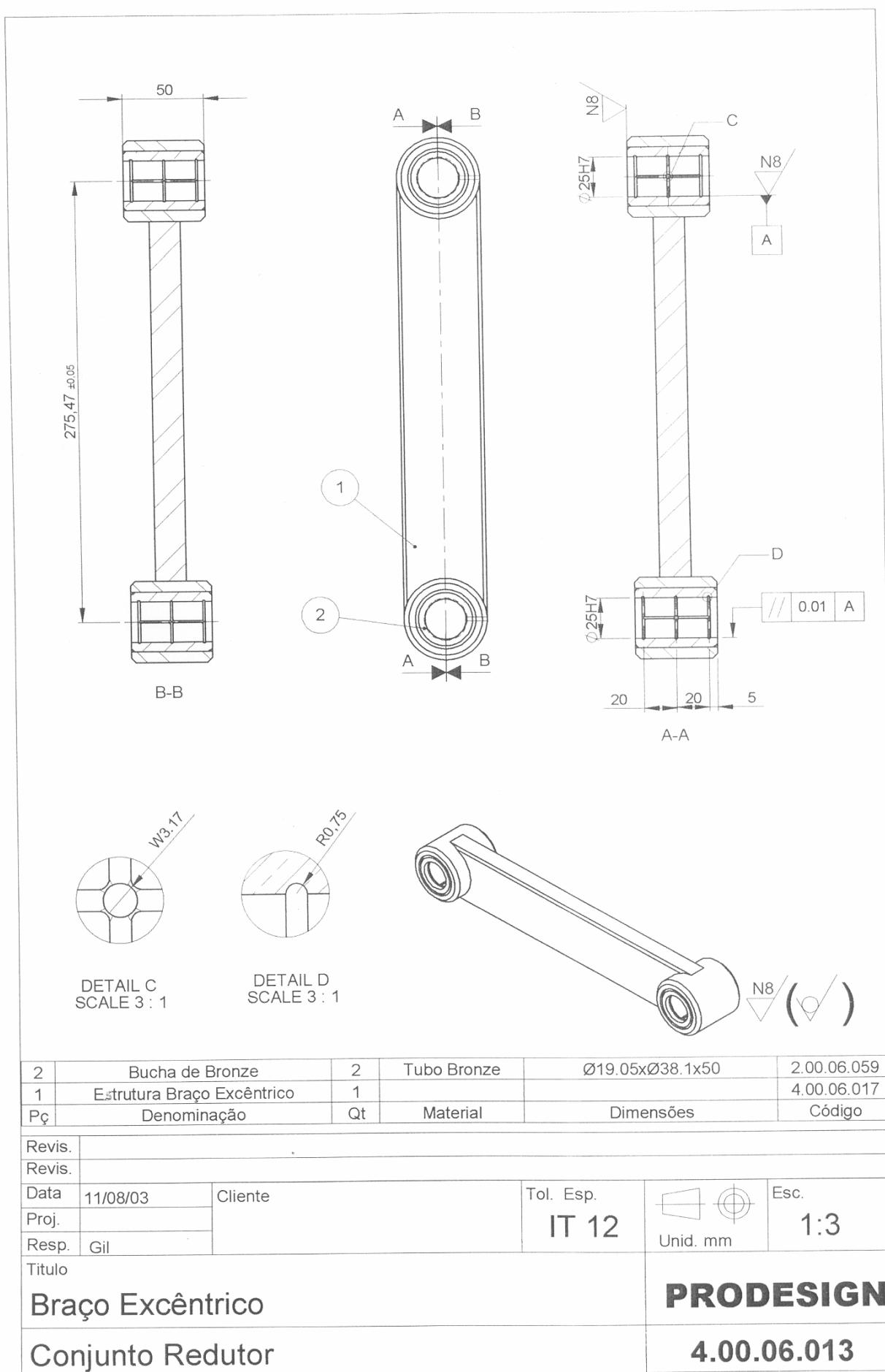




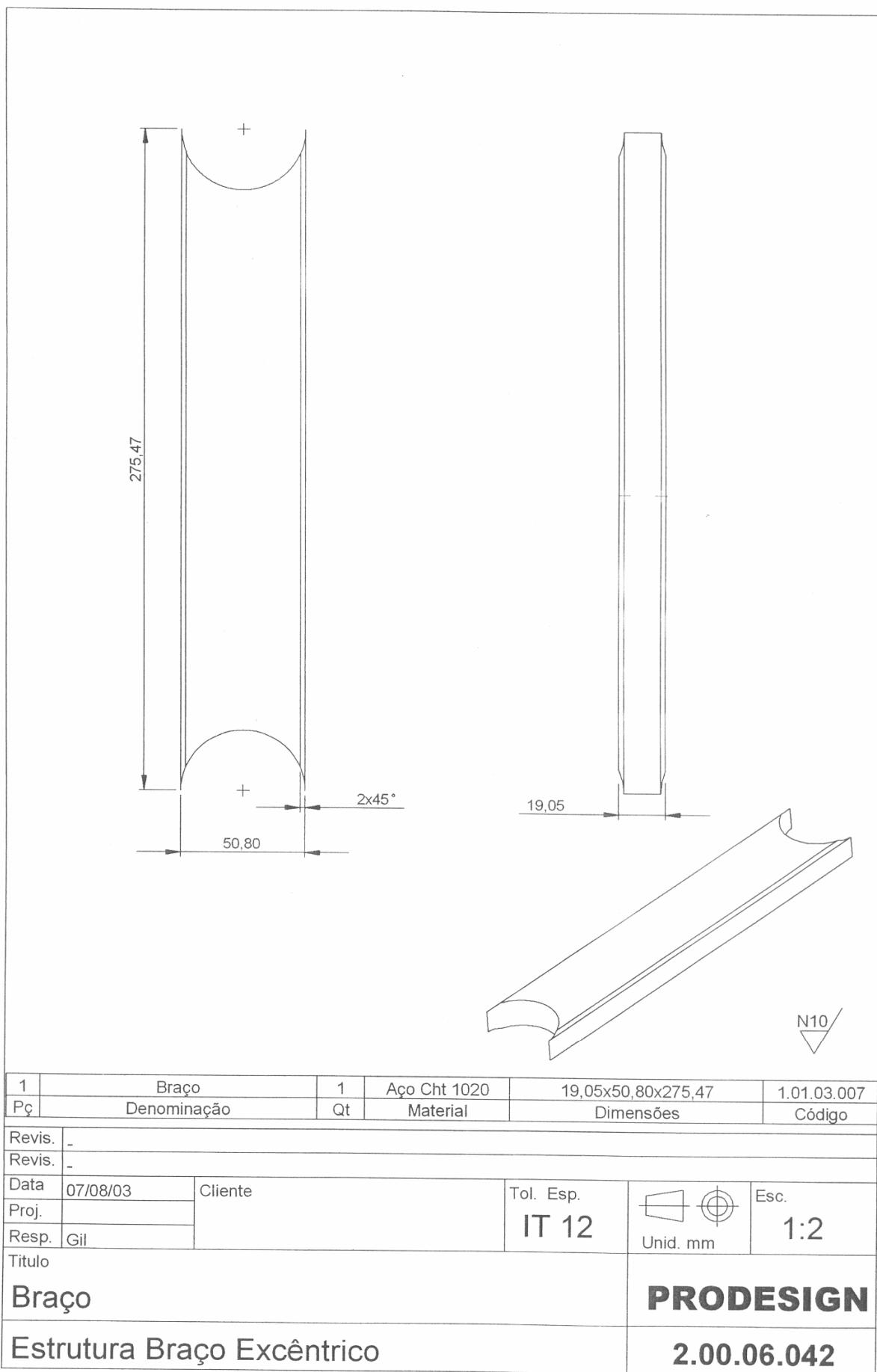
N8

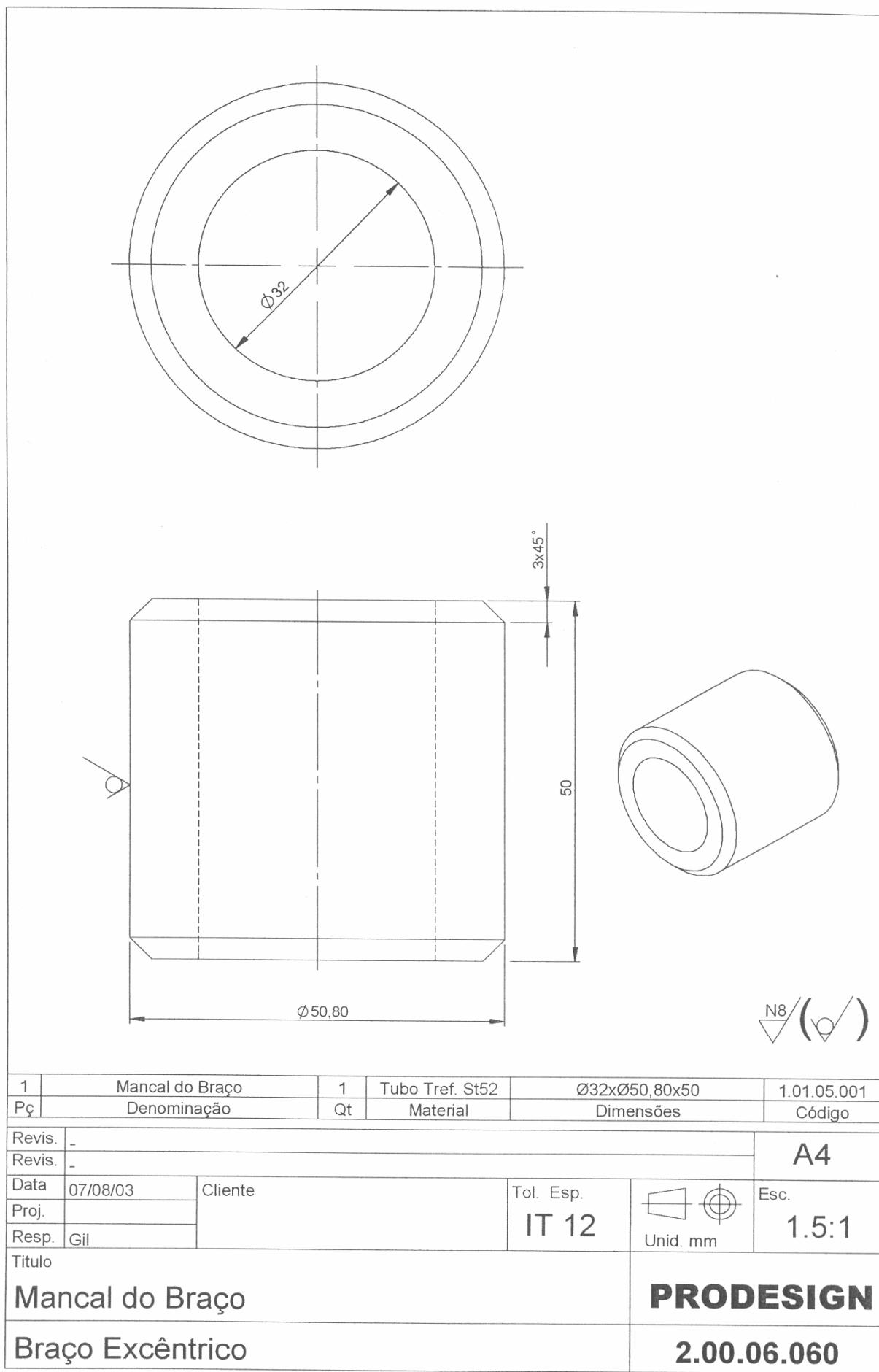
2	Base Suporte Braço	1	Chapa Aço 1020	29,57x80x100	
1	Supporte Braço	1	Aço Ret 1020	25,40x50,80x55,4	
Pç	Denominação	Qt	Material	Dimensões	Código
Revis.					
Revis.					
Data		Cliente		Tol. Esp.	
Proj.				IT 12	
Resp.	Gil			Unid. mm	Esc. 1:1,5
Título					
Suporte Braço Excêntrico					<b>PRODESIGN</b>
Tampo da Mesa de Corte					<b>4.00.06.019</b>

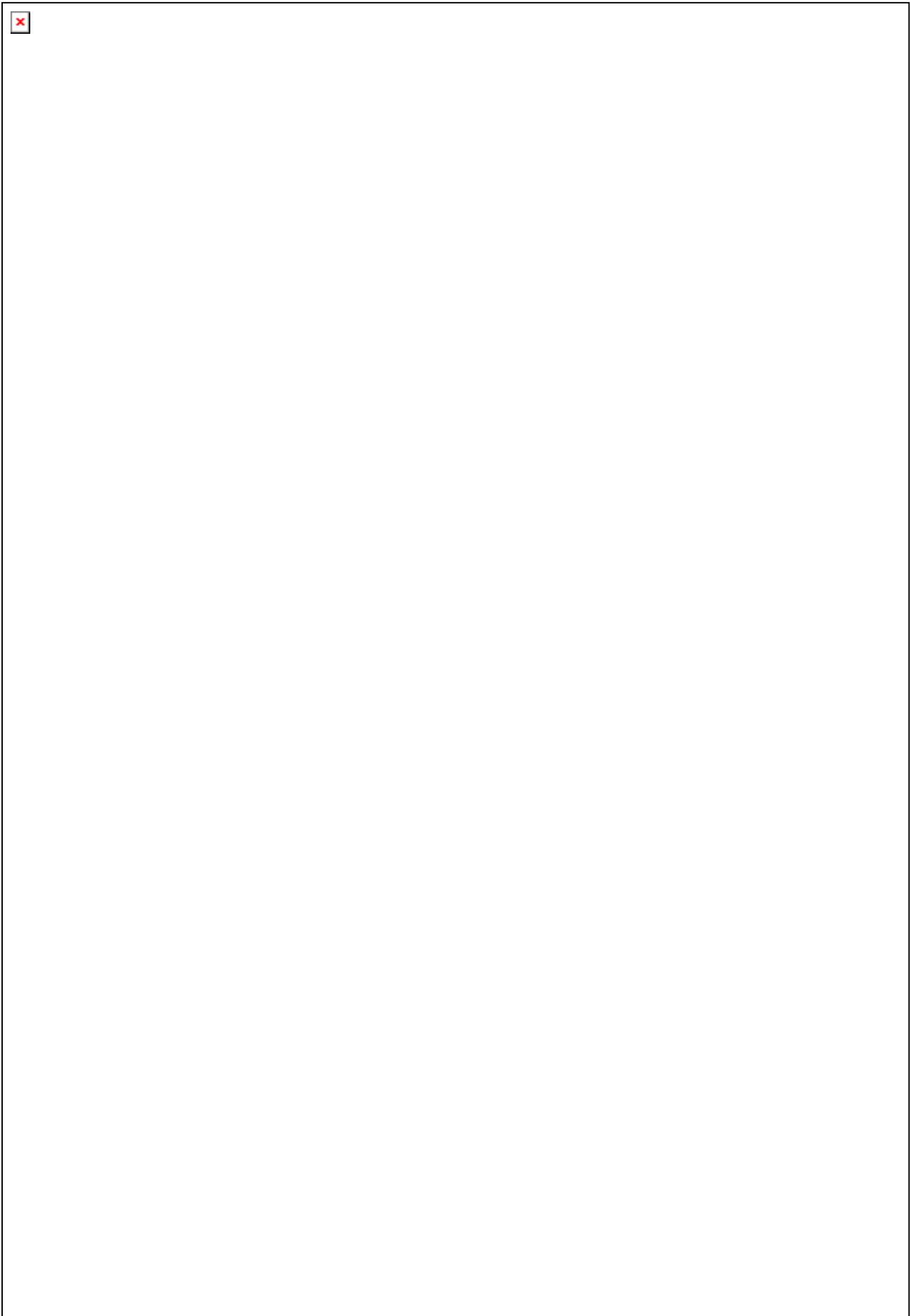












<b>Prodesign</b>	<b>DESCRIÇÃO OPERACIONAL</b>			<b>Nº : DO – 0027</b> <b>Des. Ref. 2.00.06.001</b>
<b>Componente:</b> Fechamento da Mesa		<b>Sub. Conjunto:</b> Conj. Estrutura da Mesa		<b>Conjunto:</b> Mesa de Corte
<b>Operações</b>	<b>Equipamento / Gabarito</b>	<b>Instrumento Medição</b>	<b>Procedimentos</b>	<b>Observações</b>
Guilhotina	Guilhotina Cód.	Trena Esquadro	Dim. 800x 1630,5 mm Tol.: $\pm 0,5$ mm	Verificar esquadro Obedecer tolerâncias
Dobrar	Dobradeira Cód. Ferramenta: V n° 03	Trena Esquadro	Dim. 578x468x60mm Tol. $\pm 0,5$ mm Ver desenho	Garantir dimensão 578x468x60mm e esquadro.
Furar	Furadeira Manual Broca : $\phi$ 7 mm Gabarito n° F 025	Trena Paquímetro	Conforme desenho Verificar distância entre centros.	Obedecer distância entre furos. Eliminar rebarbas.
Aferir	Bancada	Trena Paquímetro Esquadro	Verificar dimensões conforme desenho	Verificar esquadro e planicidade.

<b>Prodesign</b>	<b>DESCRIÇÃO OPERACIONAL</b>			<b>Nº : 0001/04</b> <b>DES. REF. : 2.00.06.039</b>
COMPONENTE:		SUBCONJ.:	CONJ.:	
<b>EIXO REDUTOR</b>		<b>CONJ. REDUTOR</b>	<b>MESA DE CORTE</b>	
OPERAÇÕES	EQUIP./ GAB.	MEIO CONTR.		<b>OBSERVAÇÕES</b>
CORTAR	SERRA ALTERN.	TRENA		VERIFICAR TOLERÂNCIA
CENTRAR	TORNO	PAQUÍMETRO		VERIFICAR TABELA PADRÃO
TORNEAR	TORNO	PAQUÍMETRO		CONF. DES. RPM: 1200 (MD/VER TAB.)
TORNEAR	TORNO	PAQUÍMETRO		CANAL PARA ANEL ELÁSTICO
FRESAR	FRESADORA	PAQUÍMETRO		CONF. DES. RPM: 1400(MD/VER TAB.)

<b>Prodesign</b>	<b>DESCRIÇÃO OPERACIONAL</b>			<b>Nº : 0012/04</b> <b>DES. REF. : 4.00.06.015</b>
COMPONENTE:		SUBCONJ.:	CONJ.:	
<b>TAMPO DA MESA DE CORTE</b>		<b>TAMPO DA MESA DE CORTE</b>	<b>MESA DE CORTE</b>	
OPERAÇÕES	EQUIP./ GAB.	MEIO CONTR.		<b>OBSERVAÇÕES</b>
MONTAR	PARAFUSADEIRA	VISUAL		CONF. DES. – PÇ 01 COM PÇ 02/10
MONTAR	MANUAL	VISUAL		CONF. DES. – PÇ 01 COM PÇ 03
MONTAR	MANUAL	VISUAL		CONF. DES. – PÇ 01 COM PÇ 04
MONTAR	PARAFUSADEIRA	VISUAL		CONF. DES. – PÇ 01 COM PÇ 05/08
MONTAR	PARAFUSADEIRA	VISUAL		CONF. DES. – PÇ 01 COM PÇ 06/11
MONTAR	PARAFUSADEIRA	VISUAL		CONF. DES. – PÇ 01 COM PÇ 07/09

<b>Prodesign</b>	<b>DESCRIÇÃO OPERACIONAL</b>			<b>Nº :</b> <b>DES. REF. : 4.00.06.010</b>
COMPONENTE:		SUBCONJ.:	CONJ.:	
<b>TAMPO DA MESA</b>		<b>TAMPO DA MESA DE CORTE</b>	<b>MESA DE CORTE</b>	
OPERAÇÕES	EQUIP./ GAB.	MEIO CONTR.		<b>OBSERVAÇÕES</b>
POSICIONAR	GAB. SO 04	VISUAL		FIXAR CORRET. PÇ 04 COM PÇ 05
SOLDAR	AP. SOLDA MAG	VISUAL		CONF. DES. AMP.: 180/200 V.: 18/20
POSICIONAR	GAB. SO 05	VISUAL		FIXAR CORRET. PÇ 04 COM PÇ 01/02
SOLDAR	AP. SOLDA MAG	VISUAL		CONF. DES. AMP.: 180/200 V.: 18/20
POSICIONAR	GAB. SO 06	VISUAL		FIXAR CORRET. PÇ 01 COM PÇ 03
SOLDAR	AP. SOLDA MAG	VISUAL		CONF. DES. AMP.: 180/200 V.: 18/20

*Deliverable 17*

<b>Prodesign</b> Máquina de cortar Tecido	<b>ESTRUTURA DO PRODUTO</b>	22/06/04
<b>4.00.06.014 – Máquina de cortar tecido</b>		
<b>4.00.06.002 – Estrutura da Mesa de Corte</b>		
4.00.06.001 – Base da Mesa de Corte		
2.00.06.002 – Base Lateral		
1.01.02.001 – Cantoneira 6,35x50,80x577,3		
2.00.06.002 – Base Frontal		
1.01.02.001 – Cantoneira 6,35x50,80x467,3		
2.00.06.001 – Fechamento da Mesa		
1.01.01.001– Chapa de aço 3,42x1000x1630,5		
2.00.06.009 – Suporte Guia Faca		
1.01.03.001 – Aço chato 1020 50,8x63,5x80		
2.00.06.024 – Reforço Lateral		
1.01.03.002 – Aço chato 1020 6.35x25.4x577,3		
2.00.06.025 – Reforço Frontal		
1.01.03.002 – Aço chato 1020 6.35x25.4x454,6		
2.00.06.033 – Base do Redutor		
1.01.01.002– Chapa de aço 4,76x279,8x577,3		
2.00.06.050 – Apoio Esticador		
1.01.01.002– Chapa de aço 4,76x100x123,42		
2 .00.06.062 – Apoio Bucha Guia		
1.01.01.003– Chapa de aço 12,7x110x110		

*Deliverable 17*

Prodesign Máquina de cortar Tecido	<b>ESTRUTURA DO PRODUTO</b>	22/06/04
<b>4.00.06.014 – Máquina de cortar tecido</b>		
<b>4.00.06.006 – Conjunto Faca de Corte</b>		
4.00.06.005 – Estrutura Suporte Faca		
2.00.06.014– Suporte Faca		
1.01.03.001 – Aço chato 1020 9x75x640		
2.00.06.016 – Haste Guia Faca		
1.01.04.001 –Aço redondo trefilado 1020 Ø30x470		
4.00.06.008 – Prensa		
4.00.06.012 – Prensa da Faca		
2.00.06.026 – Barra da Prensa		
1.01.03.003– Aço chato 1020 9,53x25,4x610		
2.00.06.051 – Reforço Prensa		
1.01.03.004 – Aço chato 1020 9,53x50,8x65		
2.00.06.023 – Haste Guia da Mola		
1.01.04.009 – Aço redondo trefilado 1020 Ø10x170		
2.00.06.015 – Suporte Guia da Prensa		
1.01.03.005 – Aço Chato 1020 30x30x49		
2.00.06.018 – Suporte Guia da Prensa 1		
1.01.03.005 – Aço chato 1020 30x30x30		
2.00.06.027 – Mola da Prensa		
1.08.01.001 – Aço mola Ø2,5xØ14x131x p10		
2.00.06.017 – Faca Longitudinal		
1.01.03.006- Aço para faca 3x115x570		

Deliverable: 18

<b>Prodesign</b>		<b>HOMOLOGAÇÃO DE FORNECEDORES</b>		<b>Produto:</b> Máquina de cortar tecidos
<b>ÍTEM</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>FORNECEDORES HOMOLOGADOS</b>	<b>OBSERVAÇÕES</b>
01	1.01.01.xxx	Chapas de aço carbono	Panatlantica, Baumann	
02	1.01.04.xxx	Barras de aço	Baumann	
03	1.02.01.xxx	Buchas de Bronze	Fund. Rosil, Fund. Vitória	
04	2.00.06.017	Faca de corte	Metalúrgica Leoni	
05	1.10.01.001	Redutor	Sew, Cestari	
06	1.15.01.005	Motor	Weg	
07	1.11.01.xxx	Anel elástico	Sipar,Coremma	
08	1.06.01.xxx	Parafuso sextavado	Sipar, Ciser, Coremma	
09	1.06.02.xxx	Porcas e arruelas	Sipar, Ciser, Coremma	
10	1.07.01.xxx	Correias	Goodyear, Mercúrio	
11	4.00.06.03	Rodízios	Schiopa, Novex	
12	2.00.06.027	Mola	Molas Brusque	
13	1.14.01.xxx	Botão de comando	Weg, Schneider	
14	4.00.06.32	Painel elétrico	SDS	

Empresa: Prodesign Produto: Máquina de cortar tecidos		PLANILHA DE CUSTOS			Data: Resp.
ÍTEM	COMPONENTE	MATÉRIA PRIMA (-ICMS) (Unit) (R\$)	CUSTO DE TRANSFORMAÇÃO (R\$)	FRETE (R\$)	CUSTO REAL (R\$)
01	Conjunto estrutura da mesa de corte	-	-	-	350,50
02	Conjunto tampo da mesa	-	-	-	750,40
03	Conjunto faca de corte	-	-	-	550,00
04	Conjunto redutor	-	-	40,00	1500,00
05	Conjunto motor	-	-	-	289,24
06	Chapa de fechamento	39,54	20,00	-	59,54
07	Guia da mesa	24,00	-	-	96,00
08	Haste móvel	2,30	1,50	-	7,60
09	Suporte comando esquerdo	3,30	2,50	-	5,80
10	Suporte comando direito	3,30	2,50	-	5,80
11	Anel elástico E10	0,08	-	-	0,16
12	Anel elástico E25	0,03	-	-	0,06
13	Parafuso sextavado M6x12	0,08	-	-	1,44
14	Porca sextavada M30	4,15	-	-	8,30
15	Parafuso sextavado M14x35	1,16	-	-	4,64
16	Porca sextavada M14	0,34	-	-	1,36
15	Correia A 38	3,32	-	-	6,64
18	Rodízio	14,14	-	-	56,56
19	Botão de comando	62,25	-	-	124,50
20	Painel elétrico	670,00	-	-	630,00
	Montagem Final	-	-	-	650,00
	Total Custo direto				5686,00
Custos Indiretos: 1605,80 Comissão: 200,00 ICMS: 946,00 PIS: 45,44 Custo total: <b>R\$ 8250,50</b>					



**MATRIZ DE AVALIAÇÃO QUANTO AS ESPECIFICAÇÕES  
DO PROJETO INFORMACIONAL**

*Deliverable 20*

<b>Requisito de Projeto</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Sensor</b>	<b>Resultado do Projeto Detalhado</b>	<b>Aprovação</b>
Espessura de corte	Variável até 120 mm	Paquímetro	Espessura de corte de 0 a 120 mm	Sim
Comprimento de corte	Cortar até 570 mm de comprimento	Trena	Lamina com capacidade de cortar até 570 mm de comprimento	Sim
Capacidade de corte	1 ciclo / 5 s	Cronômetro	1 ciclo / 5s	Sim
Sistema de corte	Durabilidade de 15000 ciclos	Cronômetro	Durabilidade teórica superior a 15000 ciclos	Sim
Altura da mesa	0,95 a 1,1 m	Trena	1,0 m na posição inferior	Sim
Mesa com escala	Medição do tecido	Inspeção visual	Escala métrica na mesa	Sim
Botão de acionamento duplo manual	Facilidade e segurança	Inspeção visual e testes físicos	Acionamento através de dois botões com acionamento simultâneo	Sim
Estrutura modular simples	Módulos c/ até 35Kg Módulos de fácil montagem	Balança Teste de montagem	Módulo mais pesado com 32 Kg Projeto com estrutura modular de fácil montagem	Sim
Uniões simples	Montagem fácil, rápida e segura	Inspeção visual Teste de montagem	Uniões simples com parafusos, estrutura e mesa soldada	Sim

**MATRIZ DE AVALIAÇÃO QUANTO AS ESPECIFICAÇÕES  
DO PROJETO INFORMACIONAL**

*Deliverable 20*

<b>Requisito de Projeto</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Sensor</b>	<b>Resultado do Projeto Detalhado</b>	<b>Aprovação</b>
Peças simples	Baixo custo	Simplicidade	Peças de fácil fabricação	Sim
Ferramentas de montagem e manutenção.	Usar ferramentas universais	Teste montagem e manutenção	Ferramentas universais, chave de boca.	Sim
Tampas e carenagens amplas e removíveis	Facilidade de manutenção	Inspeção visual	Carenagens removíveis e tampa do tamanho da lateral da máquina	Sim
Carenagens	Segurança	Inspeção visual e testes físicos	Carenagens que proporcionam segurança.	Sim
Cantos vivos	Isento	Inspeção visual	Cantos arredondados ou chanfrados	Sim
Rodízios	Facilidade no transporte	Inspeção visual	Rodízios giratórios de poliuretano.	Sim
Peso	Máximo 200 Kgf	Balança	Peso de 196 Kgf	Sim
Acionamento	Baixo consumo de energia	Potência máxima de 2 Cv	Motor de 2 Cv	Sim
Falhas	Taxa de falhas mínima	Taxa de falhas	Projeto confiável, utilização de técnicas como FMEA	Sim
Facilidade de operação	Simplicidade de operação	Teste de operação	Simplicidade de operação	Sim
Custo	R\$ 8500,00	Custo	R\$ 8250,50	Sim