

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS

CUSTOS NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS SEGUINDO A
METODOLOGIA DE PAHL & BEITZ

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA A UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA

JIMY RAMIRO MAGARINOS REVOLLO

Florianópolis
Santa Catarina - Brasil
Dezembro de 1989

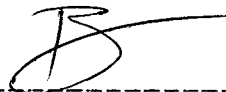
CUSTOS NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS SEGUINDO A
METODOLOGIA DE PAHL & BEITZ

JIMY RAMIRO MAGARINOS REVOLLO

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO
DE

MESTRE EM ENGENHARIA

ESPECIALIDADE DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E APROVADA EM SUA FORMA
FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO



Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.

Coordenador do Curso

BANCA EXAMINADORA:



Prof^ã. Ingeborg Sell, Dra.

Orientadora



Prof. Bruno H. Kopittke, Dr.



Prof. Alvaro G. R. Lezana, M. Eng.

~~_____~~

A mis padres, Costa y Marcián, por la educación y por lo que dan de si, a que tenga la oportunidad de poder estudiar.

AGRADECIMENTOS

Expresso meus maiores agradecimentos às seguintes pessoas e instituições:

- Prof^a. Ingeborg Sell, pela orientação desta dissertação.
- Prof. Alvaro G. Rojas Lezana, pela co-orientação na pesquisa bibliográfica.
- Prof. Bruno H. Kopittke, pelas sugestões a este trabalho.
- à empresa que emprestou, desinteressadamente, os históricos do projeto usado nesta dissertação.
- Mauro M. Yuki, Kleber C. Nobrega e Marcus V. Guimarães, pelas diversas colaborações emprestadas para poder realizar este trabalho.
- Professores e funcionários do curso de pós-graduação, colegas e amigos que, de uma forma ou outra, colaboraram com esta dissertação.

RESUMO

Em mercados cada vez mais competitivos, há necessidade de um maior rigor no controle e avaliação de todos os aspectos de custos no processo de desenvolvimento de produtos. Por isso, este trabalho, tomando como suporte conceitual a metodologia de PAHL & BEITZ, identifica o contexto de viabilidade do produto e detalha procedimentos, métodos e técnicas para estimar adequadamente os custos do futuro produto, apurar os custos com o desenvolvimento, bem como viabilizar uma análise custo-benefício mais precisa do produto na fase do desenvolvimento, coerente com o nível de concretização do mesmo. Neste terceiro ponto, será apenas complementado o já apresentado por PAHL & BEITZ.

A toda etapa e fase da metodologia de desenvolvimento de produtos de PAHL & BEITZ, são associados os procedimentos, os métodos e as técnicas adequadas para as finalidades de custos citados acima, concluindo este trabalho com uma aplicação simulada no processo de desenvolvimento de um tanque de combustível.

ABSTRACT

In increasingly competitive markets, there is the need of a more rigid control and evaluation of all cost aspects in the process of products development. Due to this situation, this work, having PAHL & BEITZ's methodology as a conceptual support, identifies the viability context of the product, and details the procedures, methods, and techniques to estimate, adequately, the costs of the product future, to select the costs with the development, as well as to make viable a more accurate cost-benefit analysis of the product in the development stage, coherently with its realization. The third proposal will be only a complement to what was said by PAHL & BEITZ.

In every stage of PAHL & BEITZ's products development methodology, procedures, methods, and techniques, adequate to the cost finalities aforementioned, are associated. This work is concluded with a simulated application in the development process of a fuel tank.

SUMARIO

CAPITULO I

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Origem e Importância do trabalho	1
1.2. Objetivo do Trabalho	3
1.3. Restrições do Trabalho	3
1.4. Estrutura do Trabalho	4

CAPITULO II

2. METODOLOGIA DE PAHL & BEITZ	7
2.1. Considerações Iniciais	7
2.2. O Processo de Desenvolvimento de Produtos	9
2.3. Estudo da Ordem de Desenvolvimento.....	11
2.4. Concepção	17
2.5. Projeto Preliminar	27
2.5.1. Passos e Recursos Auxiliares no Proj. Preliminar	27
2.5.2. Configurar	32
2.5.3. Avaliação de Projetos Preliminares	33
2.6. Projeto Detalhado	35

CAPITULO III

3. TÉCNICAS PARA DETERMINAÇÃO DE CUSTOS E INVESTIMENTOS EN- VOLVIDOS NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS	39
3.1. Considerações Iniciais	39

3.2. Métodos de Estimativas	40
3.2.1. Métodos com Base Regressiva	42
3.2.2. Métodos com Base na Engenharia Industrial	44
3.2.3. Métodos dos Indicadores	49
3.2.4. Métodos de Julgamento e Conferência	61
3.2.5. Fontes de Informação	66
3.3. Sistemática de Apuração de Custos	66
3.4. Métodos de Estimativa de Custos com o Desenvolvimento do Produto	70

CAPITULO IV

4. OS ASPECTOS DE CUSTOS NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS	75
4.1. Importância do Controle e Avaliação dos Aspectos de Custos no Decorrer do Processo de Desenvolvimento de Produtos	75
4.2. Custos e Investimentos a Estimar	78
4.2.1. Reconhecimento de Custos e Investimentos do produto .	81
4.2.2. Procedimentos para Estimativas	88
4.3. Custos a Apurar	103
4.4. Análise Custo-Benefício	106
4.5. Associação dos Procedimentos Técnicos dos Aspectos de Custos às Fases da Metodologia de Desenvolvimento de Produtos de PAHL & BEITZ	113
4.5.1. Estudo da Ordem de Desenvolvimento	114
4.5.2. Concepção	122
4.5.3. Projeto Preliminar	127
4.5.4. Projeto Detalhado	133

CAPITULO V

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	135
5.1. Conclusões	135
5.2. Recomendações	138
BIBLIOGRAFIA	139

FIGURAS

FIGURA 1	10	FIGURA 25	82
FIGURA 2	12	FIGURA 26	83
FIGURA 3	18	FIGURA 27	93
FIGURA 4	21	FIGURA 28	94
FIGURA 5	30	FIGURA 29	101
FIGURA 6	37	FIGURA 30	102
FIGURA 7	46	FIGURA 31	108
FIGURA 8	48	FIGURA 32	109
FIGURA 9	50	FIGURA 33	111
FIGURA 10	50	FIGURA 34	116
FIGURA 11	51	FIGURA 35	117
FIGURA 12	53	FIGURA 36	118
FIGURA 13	53	FIGURA 37	119
FIGURA 14	54	FIGURA 38	121
FIGURA 15	58	FIGURA 39	124
FIGURA 16	62	FIGURA 40	125
FIGURA 17	64	FIGURA 41	126
FIGURA 18	68	FIGURA 42	128
FIGURA 19	69	FIGURA 43	129
FIGURA 20	69	FIGURA 44	130
FIGURA 21	72	FIGURA 45	131
FIGURA 22	73	FIGURA 46	132
FIGURA 23	77	FIGURA 47	134
FIGURA 24	77		

QUADROS

QUADRO 1	16
QUADRO 2	27
QUADRO 3	28
QUADRO 4	36
QUADRO 5	47
QUADRO 6	55
QUADRO 7	60
QUADRO 8	60

QUADRO 9	65
QUADRO 10	80
QUADRO 11	90
QUADRO 12	91
QUADRO 13	97
QUADRO 14	106
QUADRO 15	109

CAPITULO I

1. INTRODUÇÃO

1.1. ORIGEM E IMPORTÂNCIA DO TRABALHO

A competição entre as organizações empresariais, quer a nível nacional ou internacional, está sendo tema de análise e estudos face às atuais circunstâncias do mercado mundial.

Assiste-se, hoje, a expansão dos países asiáticos, cujos excedentes de produção ocupam, cada vez mais, novos espaços no mercado internacional, com produtos de boa performance em termos de custo vs. qualidade. O projeto Europa 92, elimina barreiras alfandegárias e protecionistas ainda existentes e significa a união das suas maiores potencialidades, como a historicamente conhecida supremacia tecnológica da Alemanha e França, os bons níveis de produtividade italiana, a mão de obra barata de Portugal e Espanha, etc. Isto levará a produtos altamente competitivos, de boa qualidade e que disputarão espaços no mercado consumidor mundial. Finalmente, tem-se o projeto do Bloco da América do Norte (USA e Canadá), e se esboça a conformação do bloco da Oceania (Austrália e Nova Zelândia).

A realidade brasileira, da necessidade de exportação e de garantia de soberania, exige produtos cada vez mais com-

petitivos, não apenas para o cenário externo, mas também para um atendimento digno do mercado interno.

A realidade deste processo passa necessariamente pelo desenvolvimento tecnológico mediante a aplicação de técnicas mais avançadas na produção, administração e controle das empresas.

Um dos cerne fundamentais deste processo está no desenvolvimento de produtos que, pela dinâmica atual do mercado, possuem vida cada vez mais curta. Por isso, o desenvolvimento e construção de produtos deve ser mais acelerada e com a maior racionalização possível; o que só se consegue com um procedimento metódico em etapas e passos definidos, ou seja, com uma metodologia.

As metodologias permitem uma maior produtividade do setor de desenvolvimento com cronogramas realísticos e delegações claras de tarefas e, principalmente, aumento da capacidade de desenvolvimento criativo e conseqüentemente de Know-How.

Constituindo o procedimento metódico o elemento fundamental para resultados significativos, há necessidade de aprimorá-lo mediante o desenvolvimento dos aspectos circunscritos e relevantes relacionados com esta atividade, como seriam os custos, a qualidade, a segurança, a ergonomia, etc. De um modo geral, embora as metodologias caracterizem todo o envolvimento destes aspectos na atividade, por uma questão de abrangência e relevância, não é possível tratá-los em profundidade.

Neste sentido, com o cenário competitivo que mostra os custos como um aspecto com relevância cada vez mais importante, elabora-se este trabalho no sentido de desenvolver e detalhar os aspectos de Custos no processo de desenvolvimento de

produtos, tomando como suporte conceitual o procedimento metódico da metodologia alemã de PAHL & BEITZ.

1.2. OBJETIVO DO TRABALHO

Os Controles de custos, no processo de desenvolvimento de produtos, são necessários para estimar adequadamente os custos e investimentos do futuro produto, apurar os custos com o desenvolvimento, em todas as etapas onde seja necessário, bem como para uma análise custo-benefício mais precisa do produto, durante o desenvolvimento do mesmo.

Este trabalho tem por objetivo detalhar procedimentos, métodos e técnicas para os aspectos de custo citados anteriormente, cujo rigor no controle e avaliação dos mesmos, se identifica com o contexto de viabilidade do produto, coerentemente com o nível de concretização do decorrer do processo de desenvolvimento. A toda etapa e fase da metodologia de desenvolvimento de produtos de PAHL & BEITZ, são associados os procedimentos, os métodos e as técnicas mais adequadas, concluindo-se os objetivos com uma aplicação simulada do processo de desenvolvimento de um tanque de combustível.

1.3. RESTRIÇÕES DO TRABALHO

Não há um consenso entre os estudiosos do desen-

volvimento de produtos, sobre os limites da atividade no contexto do planejamento de produto. Também, os passos das metodologias, embora se assemelham uns aos outros, apresentam suas diferenças e não permitem caracterizar com precisão o aspecto custo no desenvolvimento de produtos.

Isto obriga o presente trabalho a seguir uma metodologia como suporte conceitual e, nesse sentido, segue-se a metodologia alemã de PAHL & BEITZ, por tratar-se de uma das metodologias mais importantes.

O trabalho se limita, também, no aspecto da análise custo-benefício. A morfologia da metodologia obriga que os métodos e as técnicas desta análise sejam apenas complementares ao já apresentado por PAHL & BEITZ, não constituindo, portanto, um detalhe completo sobre este assunto.

1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos. No primeiro deles, tem-se a origem do trabalho, sua importância, seus objetivos e suas limitações.

No segundo capítulo, apresenta-se a metodologia de PAHL & BEITZ para desenvolvimento de produtos, mostrando inicialmente e de forma sucinta, as fases do planejamento de produto anterior ao desenvolvimento de produtos, sendo posteriormente descrito todo o processo do desenvolvimento de produtos, que passa pelas fases de Estudo da Ordem de Desenvolvimento, Concepção, Projeto Preliminar e Projeto Detalhado.

No capítulo III, apresenta-se as técnicas para

determinação de custos e investimentos do produto envolvidos no processo de desenvolvimento de produtos, tendo em vista a expectativa de viabilidade do produto, utilizando-se para tanto os métodos de estimativas de custos e investimentos conhecidos na bibliografia, bem como uma sistemática para apuração dos custos com o desenvolvimento.

O quarto capítulo considera os aspectos de custos no processo de desenvolvimento de produtos, com os conceitos da metodologia de PAHL & BEITZ, apresentando a importância do controle e avaliação dos aspectos de custo no decorrer do processo e abordando o contexto da viabilidade econômica do projeto, a partir do qual se identifica os principais custos e investimentos que influenciam o processo de desenvolvimento. Neste contexto, os custos e investimentos a estimar são caracterizados na sua importância e nos passos onde o conhecimento adequado dos mesmos, é fundamental. Para este fim, técnicas de análise de significância e risco são apresentadas juntamente com outras considerações sistêmicas para os custos e investimentos a estimar. Nos custos a apurar no desenvolvimento, são abordados enquanto as suas considerações na viabilidade do produto e a caracterização contábil dos mesmos. A análise custo-benefício é abordada para minimizar os custos e investimentos finais do produto, complementando as principais técnicas e considerações do processo da metodologia de PAHL & BEITZ. Com todas as considerações e técnicas necessárias para os aspectos de custos no processo de desenvolvimento, sempre com os conceitos da metodologia de PAHL & BEITZ, os mesmos são associados as fases e etapas da mesma, conjuntamente a aplicação simulada do desenvolvimento de um tanque de combustível, baseada num desenvolvimento real.

O último capítulo apresenta as conclusões obtidas durante o detalhamento do aspecto custo no desenvolvimento e da aplicação simulada. São, também, feitas recomendações acerca de possíveis temas para dar continuidade a este trabalho.

No parte final do trabalho, é relacionada a bibliografia utilizada nesta dissertação.

CAPITULO II

2. METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS DE PAHL & BEITZ

2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O processo do projeto de um produto para sua liberação à produção da empresa, divide-se nas etapas de planejamento e desenvolvimento de produto, segundo PAHL & BEITZ [19].

Suscintamente, a etapa de planejamento de produto anterior ao desenvolvimento, considerado no mais estrito conceito, segundo PAHL & BEITZ [19], engloba a sistemática de busca para a seleção e desenvolvimento de promissoras ideias de produtos.

As fases em que é sub-dividida esta etapa são:

- Análise da situação e definição de objetivos da empresa, envolvendo a clarificação das condições de mercado e do potencial, da situação atual e dos objetivos da empresa, a partir dos quais define-se a área de pesquisa e seus requisitos limitantes onde a procura de novos produtos pode ser seguida;
- Descoberta de ideias de novos produtos, compreendendo a sistemática de busca de ideias de produtos com a ajuda de métodos;
- Seleção de produtos, compreendendo a escolha de promissoras ideias de produtos a partir da formação do estudo de viabilidade.

de, para identificar os produtos-ideias que parecem ser os melhores para os propósitos da empresa. A seleção final é realizada a partir de critérios técnicos e econômicos;

- Definição do produto, compreendendo a elaboração das especificações do produto definido bem como informações para a tarefa a ser realizada na etapa de desenvolvimento de produto. Após a consideração pela empresa destas informações, a ordem de desenvolvimento de produto é liberada.

A etapa de desenvolvimento de produto, a partir da finalidade, dos objetivos e das condições limitantes que devem ser consideradas na criação de soluções para o produto, engloba a busca, a seleção e a concretização de ideias, estendendo-se até a avaliação e otimização final das mesmas. As fases em que é subdividida esta etapa e as quais serão apresentadas em detalhe neste capítulo, compreende segundo PAHL & BEITZ [19], o estudo da ordem de desenvolvimento, concepção, projeto preliminar e projeto detalhado, este sendo posteriormente liberado para a produção.

Conseqüentemente, as fases do desenvolvimento de produto são das mais importantes pois, do desempenho das mesmas, decorre a valorização do produto que é entendida como a satisfação apresentada pelo consumidor com a estética, ergonomia, etc. do produto, assim como as possíveis contribuições tecnológicas, além das expectativas.

Por isso, com um proceder metódico no desenvolvimento de produtos que, associado à intuição, à experiência e à habilidade, tenciona-se a aumentar a capacidade de trabalho e de descoberta dos práticos em desenvolvimento, torna possível uma racionalização no setor de desenvolvimento, permite fixar um

cronograma realístico, bem como a delegação de tarefas, torna-se mais fácil.

Tentativas para metodizar a fase de desenvolvimento de produtos já foram feitas há muito tempo. Nos anos 50 iniciou-se intensivamente com o desenvolvimento de métodos. O impulso para isso proveio do reconhecimento de que uma orientação mais forte pela física, pela matemática, pelos fundamentos da informática e por procedimentos sistemáticos com divisão mais nítida entre as tarefas é necessária e possível.

Assim foram desenvolvidas diversas metodologias de desenvolvimento de produtos, que são chamadas de metodologias de construção que, como indicado em 1.3, estas se assemelham umas às outras mais também apresentam diferenças.

Seguidamente, é apresentado um resumo suscito da metodologia de desenvolvimento de produtos de PAHL & BEITZ ¹.

2.2. O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

A ordem de desenvolvimento de produto elaborada pelo planejamento de produto, contém a tarefa e uma série de informações necessárias para o desenvolvimento do produto. Após a liberação da mesma, os trabalhos de desenvolvimento e construção do produto podem iniciar.

O decurso do processo de desenvolvimento de produtos segundo PAHL & BEITZ [20], é mostrado na fig. 1. Este processo, como indicado, é sub-dividido nas fases "estudo da ordem de

¹ Realizado de PAHL & BEITZ [19] e SELL [27].

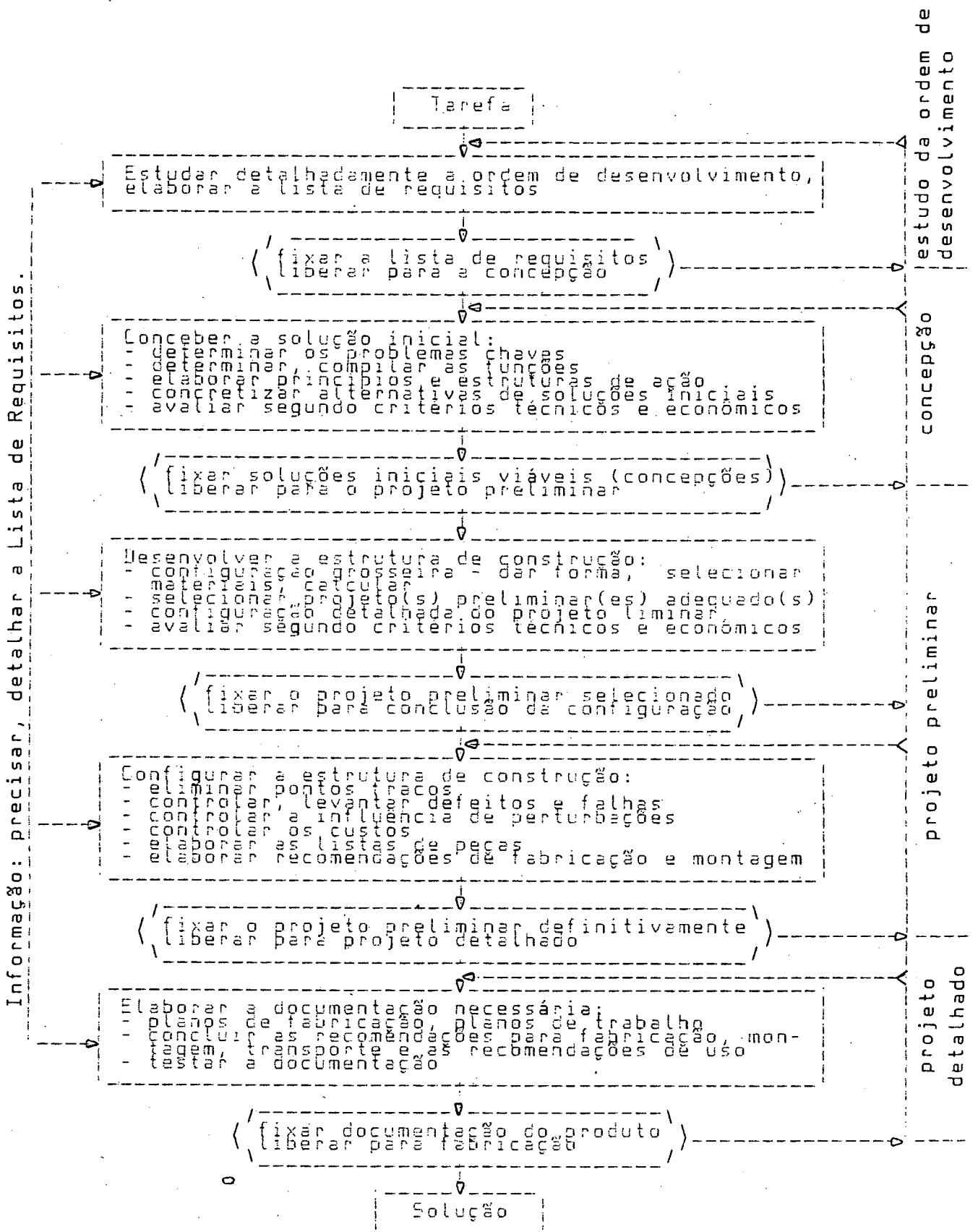


Fig. 1 - Processo de desenvolvimento de produto
(de PAHL & BEITZ [20]).

desenvolvimento", "concepção", "projeto preliminar" e "projeto detalhado".

O processo de desenvolvimento de produtos, que decorre numa alternância entre passo de trabalho e de decisão, pode ser entendido como uma transformação de informações. Inicialmente, há uma necessidade permanente de informações. Para atender a esta demanda, informações são coletadas, tratadas e posteriormente expelidas. A toda fase de trabalho está associada uma saída de informações. Cada passo de decisão determina o prosseguimento do processo ou uma repetição do passo de trabalho anterior com um nível de informação mais alto, com o objetivo de obter melhores resultados. A constatação de deficiências e falhas sérias nos produtos somente no final do processo de desenvolvimento do mesmo deve ser evitada, pois nessa altura os custos com o desenvolvimento já são bastante elevados. A fig. 2, mostra o processo geral de decisão, segundo PAHL & BEITZ [19].

2.3. - ESTUDO DA ORDEM DE DESENVOLVIMENTO

1º Passo: Coletar informações

O trabalho de desenvolvimento de um produto se inicia com a confrontação com o problema colocado. Como a tarefa pode conter condições e restrições variáveis no tempo, é necessário logo de início clareá-la de maneira ampla e exaustiva. Com o clarear da tarefa pretende-se reduzir a necessidade de complementações e correções no decorrer dos trabalhos de desenvolvimento. Para isso, bem como para auxiliar em decisões a serem tomadas

mais tarde, a lista de requisitos a ser elaborada é muito útil. A tarefa formulada, que provém do setor de planejamento de produtos, via de regra não contém todas as informações necessárias para a caracterização do problema. Por isso é necessário um contato intensivo e constante entre o setor que formulou a tarefa e o setor de desenvolvimento e construção. Esses contatos, juntamente com um levantamento abrangente de informações, contribuem para responder a outras questões relativas ao problema proposto, sobre desejos e expectativas dos possíveis clientes, sobre as condições e restrições estabelecidas, sobre as possibilidades de desenvolvimento destas idéias iniciais, etc. No estudo

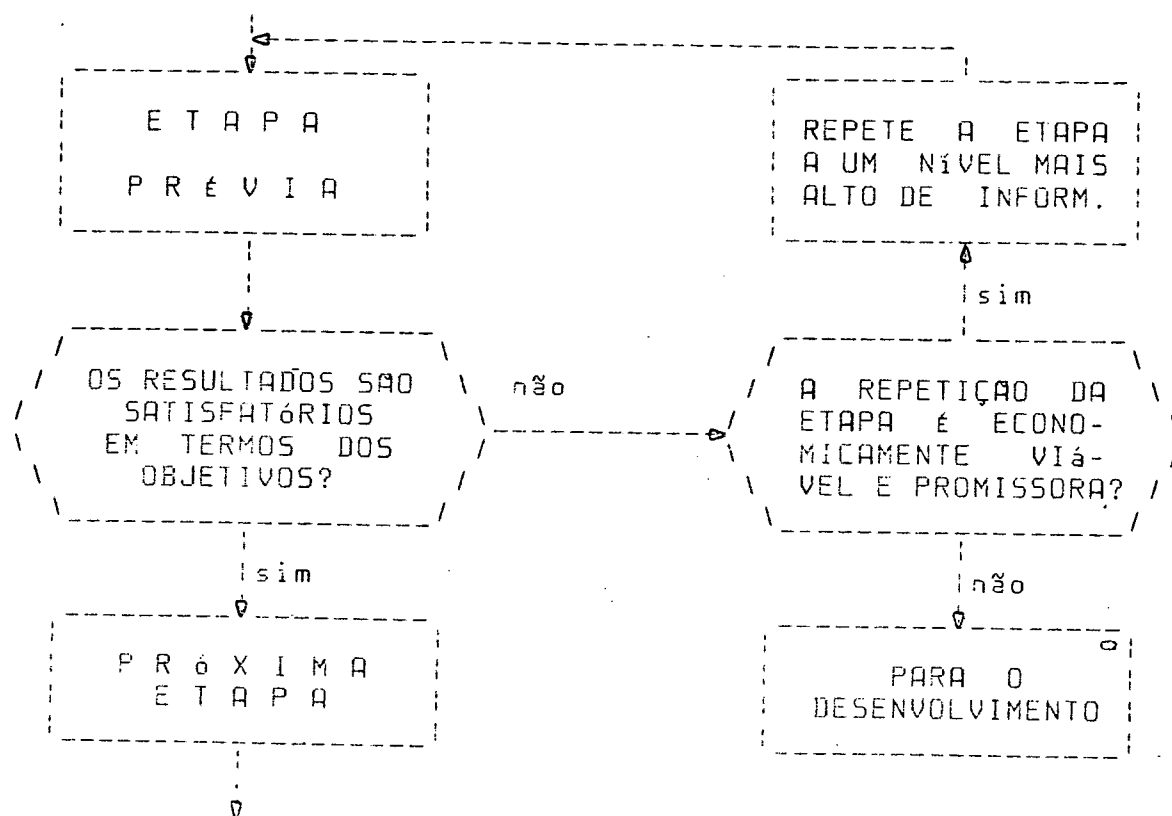


Fig. 2 - Processo geral de decisão de AHL & BEITZ (19)).

da proposta de desenvolvimento é contudo necessário evitar que atuações sejam pré-fixadas ou que sejam dadas indicações muito concretas sobre a forma de realizar a solução pois isso seria um empecilho na procura e/ou uma geração de idéias. É necessário fixar somente a função requerida bem como as grandezas de entrada e saída a ela associadas, e as condições restritivas provenientes da tarefa. Para isso são úteis as perguntas:

- Qual a finalidade da solução almejada?
- Que características essa solução deve ter?
- Que características essa solução não deve ter?

Para proceder a um levantamento abrangente de informações, testa-se a imperfeição dos próprios produtos, a situação atual da técnica, as tendências de desenvolvimento futuro, bem como as normas e as recomendações nacionais e internacionais. Desta forma, pode-se obter requisitos gerais do projeto, que não puderam ser definidos pelo setor de planejamento de produtos.

O estudo detalhado da proposta de desenvolvimento serve para a coleta de informações sobre os requisitos que a solução almejada deve preencher, bem como sobre as restrições e seus significados relativos. Esse trabalho conduz à elaboração da lista de requisitos, que deve ser adequada para o processo de desenvolvimento de produtos. A lista de requisitos deve ser constantemente atualizada e refinada.

2º Passo: Elaboração da lista de requisitos

Para a elaboração da lista de requisitos é neces-

sário obter requisitos em forma de requisitos obrigatórios e desejáveis a partir dos objetivos e das condições e restrições pré-fixadas na ordem de desenvolvimento do produto. Por requisitos obrigatórios entendem-se as condições a serem obedecidas sob quaisquer circunstâncias. Os requisitos desejáveis devem ser considerados na medida do possível, eventualmente com um incremento nos custos, bem como devem ser classificados de acordo com a sua importância relativa (grande, média, pequena). Aspectos qualitativos e quantitativos devem ser fixados.

A classificação dos requisitos em obrigatórios e desejáveis é útil para a posterior avaliação de alternativas de solução. Convém só avaliar alternativas que preencham todos os requisitos obrigatórios.

A lista de requisitos (a relação de todos os requisitos obrigatórios e desejáveis), representa o ponto de partida do trabalho de desenvolvimento de produtos. Por ser necessário mantê-la sempre atualizada, a lista de requisitos é um documento sobre o trabalho em andamento. Na elaboração da lista de requisitos, requer-se uma formulação clara e concisa dos requisitos obrigatórios e desejáveis.

Alterações e complementações da tarefa, que se tornam necessárias no decorrer do desenvolvimento devidas ao elevado nível de informações ou a mudanças condicionais pelo tempo, devem ser incorporadas à lista dos requisitos. Contudo, essas mudanças só devem ser realizadas quando houver comum acordo entre a gerência de desenvolvimento de produtos e as gerências de outros setores envolvidos.

Para proceder à coleta de informações e à elaboração da lista de requisitos, PAHL & BEITZ [20], fornecem um recur-

so auxiliar: uma lista de característicos (veja quadro 1). A leitura desta lista desencadeia um processo de associações mentais e as pessoas incumbidas com a tarefa são levadas a pensar nos pontos essenciais do problema proposto. Para elaborar a lista de requisitos, PAHL & BEITZ [20], dão as seguintes recomendações:

1. Coletar requisitos:

- utilizar-se dos característicos básicos (Quadro 1);
- formular a questão de maneira precisa (a finalidade, as características);
- levantar informações adicionais;
- distinguir claramente entre requisitos obrigatórios e requisitos desejáveis;
- classificar os requisitos desejáveis segundo o seu significado - (alto, médio, baixo).

2. Ordenar os requisitos de acordo com a parte do sistema a que se referem;

3. Transcrever os requisitos em formulários próprios e submetê-los à apreciação dos setores da empresa envolvida;

4. Examinar eventuais sugestões e complementações e introduzi-las na lista de requisitos.

Se a tarefa estiver suficientemente estudada, e se os setores envolvidos acharem que a tarefa formulada é técnica e economicamente viável, então pode-se estabelecer a lista de requisitos e iniciar com a próxima fase de desenvolvimento. A lista de requisitos é um bom recurso auxiliar para executar tarefas de projeto, também quando não se tratar de produtos novos. Em apri-

CARACTERÍSTICO GERAL	EXEMPLOS
Geometria	tamanho, altura, largura, comprimento, disposição, conexão, necessidade, acabamento, ampliação e
Cinemática	tipo de movimento, direção do movimento, velocidade, aceleração.
Forças	intensidade, direção, frequência das forças, estabilidade, ressonância.
Energia	perda de energia, rendimento, perdas, atrito, conversão de energia, conservação de energia, transformação de energia.
Material	propriedades físicas e químicas dos materiais, resistência, ductilidade, coeficiente de expansão térmica, transporte de materiais.
Sinal	sinais de entrada e saída, forma de mostrar, dispositivos para processo e controle, forma de sinais.
Segurança	técnicas diretas de segurança, sistemas de segurança ambiental, sistemas de trabalho.
Ergonomia	postura do homem-máquina: acionamento, tipo, posição, configuração de forma.
Fabricação	limitações pela capacidade produtiva, dimensões, precisão, velocidade de produção, processo de fabricação, métodos possíveis.
Controle	possibilidades de medição e testes, normas e recomendações especiais.
Montagem	recomendações especiais de montagem, montagem, embalagem, montagem/instalação em
Transporte	limitações de peso, altura, comprimento, largura, tipo de transporte, tipo de distribuição.
Uso	baixo nível de ruído, grau de desgaste, aplicação em setores agressivos, locais de aplicação (ambientes agressivos, umidos...).
Manutenção	manutenção preventiva, número e duração da manutenção, inspeção, locais de aplicação em funcionamento, pinturas, limpeza.
Recycling	reaproveitamento, reutilização, armazenamento definitivo, decomposição.
Custos	custos máximos de produção, depreciação e os investimentos.
Prazo	fim do desenvolvimento, planejamento com referência para acompanhamento das etapas, data de fornecimento.

Quadro 1 - Característicos gerais para a elaboração da lista de requisitos (de PAHL & BEITZ [20]).

moramentos de desenvolvimentos iniciais, em negociações com fornecedores, em reuniões de desenvolvimento e construção do produto e na avaliação e julgamento de soluções alternativas a lista de requisitos tem sido um recurso bastante útil.

2.4 - CONCEPÇÃO

Concepção é a parte do processo de desenvolvimento do produto que, após o estudo da tarefa, fixa o caminho para achar a solução. Esta fase abrange as etapas de abstrair, elaborar estruturas de funções e procurar princípios de soluções adequados e a combinação destes. O resultado desta fase é uma concepção de solução.

A fase de concepção é subdividida em vários passos de trabalho, como pode ser visto na fig. 3. é necessário percorrer todos estes passos, para garantir de antemão a elaboração da melhor concepção, evitando-se deficiências graves na mesma.

Uma boa solução é sobretudo consequência da escolha do princípio mais adequado, dependendo menos do realce de detalhes construtivos. Mas, também com princípios adequados as dificuldades podem estar nos detalhes construtivos.

As diferentes alternativas de concepção elaboradas nesta fase devem ser avaliadas. Inicialmente julga-se especialmente segundo critérios técnicos, depois também são considerados os critérios econômicos. No final, devem ser aprovadas uma ou mais concepções alternativas.

Antes da fase de concepção há um passo de decisão: liberação para a concepção. Esse passo auxilia nas decisões sobre

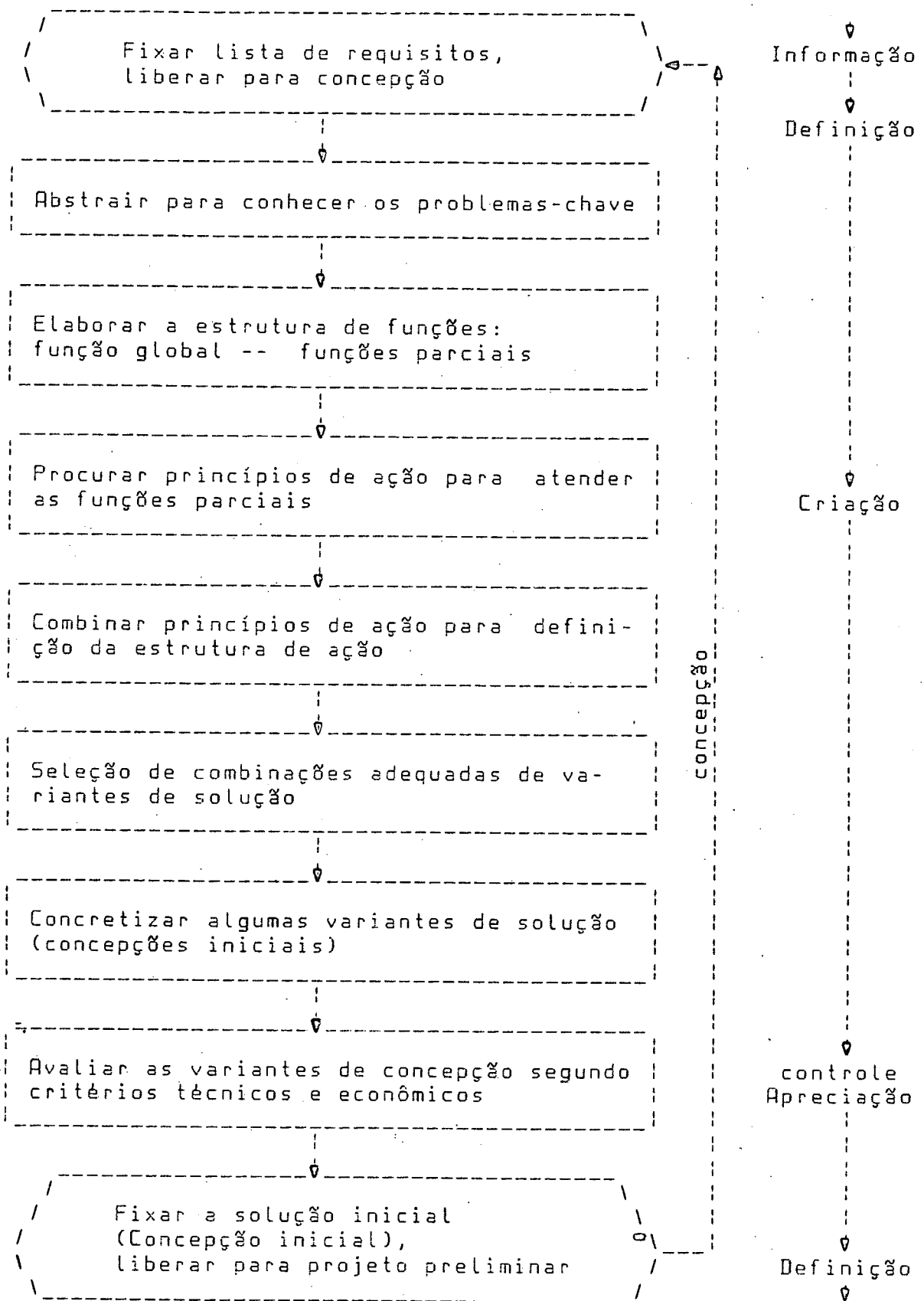


Fig. 3 - Passos de trabalho na concepção (de PAHL & BEITZ [20]).

questões adicionais sobre o nível de informação alcançado, sobre o estudo da tarefa, sobre os custos e investimentos pertinentes e sobre a utilização ou não de soluções existentes. Os passos de trabalho da fase de concepção são descritos a seguir.

1º Passo: Abstrair para reconhecer os problemas essenciais

Experiências, preconceitos e convicções, juntamente com o desejo ardente de correr o menor risco possível, dificultam o caminho a soluções não convencionais, que podem ser melhores e mais econômicas. Novas tecnologias, novos materiais, novos processos de fabricação, bem como novos conhecimentos das ciências naturais abrem o caminho para soluções novas e diferentes.

Num procedimento onde se pretende alcançar um ótimo, é necessário libertar-se de noções convencionais e pré-fixadas. Para isso serve a abstração. Na abstração a pessoa se liberta do particular, individual e aleatório e tenta ressaltar o genérico, o essencial.

uma tal generalização conduz ao cerne da tarefa. Com isso, a função global e as condições restritivas essenciais ficam evidentes. O processo de abstração ajuda a reconhecer limitações verdadeiras e as aparentes, possibilitando a eliminação das últimas. O resultado deste passo é uma definição dos objetivos num nível abstrato, sem que um certo tipo de solução seja fixado.

2º Passo: Elaborar Estruturas de Funções

A formulação do problema obtida com a abstração

contém também a relação funcional entre as entradas e as saídas de um sistema. Se a tarefa global estiver formulada em seu cerne, então a função global pode ser definida. A função global representada em diagrama de blocos e simbolizando a transformação de energia, de matéria e de sinal, fornece a relação entre as grandezas de entrada e saída.

Assim como é possível de dividir um sistema técnico em sub-sistemas e sistemas de elementos, a conexão de funções complexas também pode ser sub-dividida em diversas funções parciais menos complexas e melhor controláveis. O ligamento das diversas funções parciais resulta na estrutura de funções que representa novamente a função total. A fig. 4 mostra isso.

O grau adequado de subdivisão de uma função total depende da novidade deste tipo de tarefa e do passo seguinte: a procura de soluções. Em construções completamente novas as funções parciais, bem como as relações entre elas, são via de regra desconhecidas. Nestes casos, a procura por funções parciais e a elaboração da estrutura ótima de funções passa a ser um dos passos mais importantes da fase de concepção. Em construção de variantes ou em adaptações de construções já existentes, nas quais a estrutura da construção, os seus grupos construtivos e seus elementos isolados são praticamente todos conhecidos, pode-se chegar a novas idéias por variação, por incorporação ou por eliminação de algumas funções parciais ou ainda por mudanças nas conexões entre elas.

Com a ajuda da estrutura de funções pode-se separar nitidamente os sub-sistemas conhecidos dos sub-sistemas do produto a serem desenvolvidos. Isso permite delegar tarefas e realizar trabalhos em paralelo, o que reduz tempos e gastos.

Ao lado da possibilidade de definir funções específicas de uma determinada tarefa, pode ser adequado elaborar estruturas de funções com funções parciais de aplicação geral. Tais funções parciais se repetem frequentemente em sistemas técnicos; estruturas de funções gerais podem ser vantajosas para achar soluções parciais específicas ou quando houver para elas soluções elaboradas em catálogos.

A relação funcional entre entrada e saída de um sistema pode ser analisada sob o ponto de vista lógico ou físico. Na análise lógica procura-se inicialmente a relação genérica que é obrigatoriamente obtível do sistema para que a tarefa global

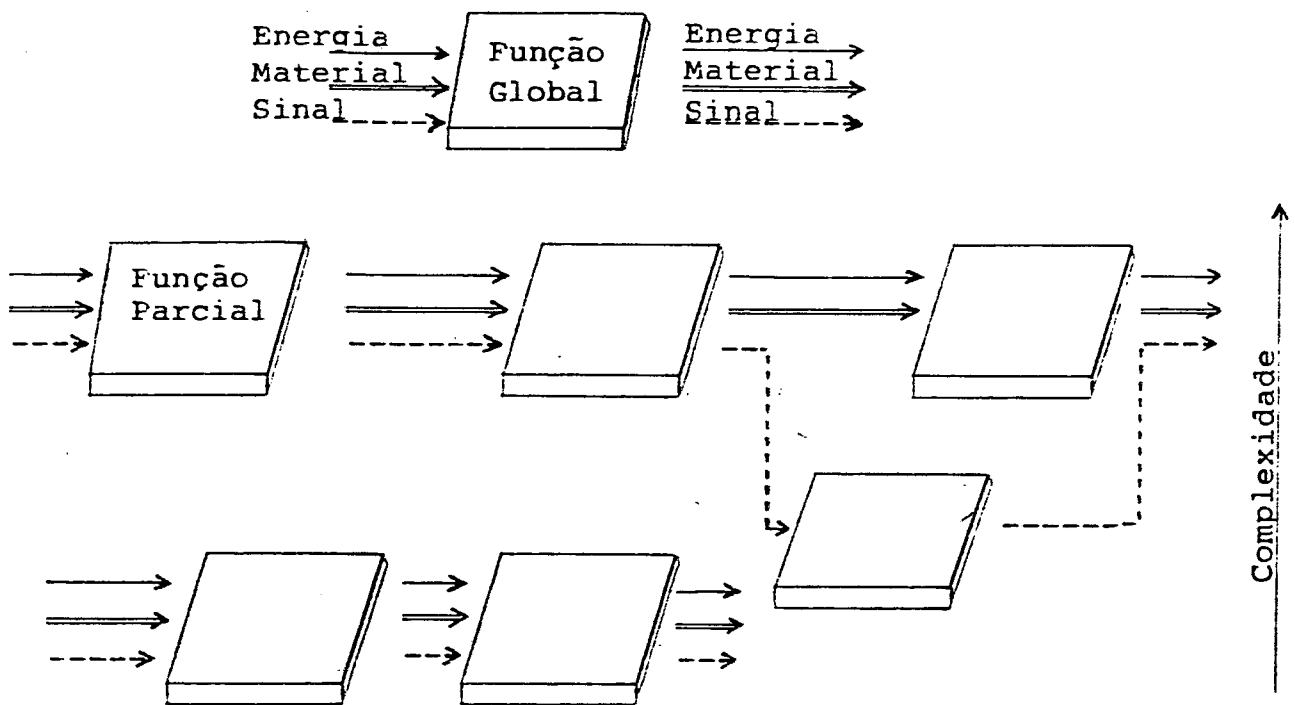


Fig. 4 - Construir estruturas de funções pelo desmembramento em sub-funções (de PAHL & BEITZ [20]).

possa ser realizada. Na análise física, é recomendável representar inicialmente o fluxo principal para mais tarde, na procura de soluções, considerar também os fluxos secundários. (Para maiores detalhes veja a obra de PAHL & BEITZ [19]). Para a elaboração de estruturas de funções, a análise de sistemas conhecidos pode ser útil, especialmente quando se tratar de aprimoramentos de produtos já existentes.

3º Passo: A Procura de princípios de soluções

Para cada função parcial é necessário encontrar princípios de soluções, que interligados entre si resultam na combinação de princípios. O princípio de solução contém o efeito físico e em princípio também a configuração necessários para a realização de uma dada função. Na procura de soluções é muitas vezes difícil de separar nos pensamentos os efeitos dos característicos da configuração. As noções são normalmente representadas por esboços dos princípios.

Pela variação dos efeitos físicos e da configuração deste passo de trabalho devem resultar diversas alternativas de solução. Como meios auxiliares na procura de soluções valem convencionalmente a pesquisa bibliográfica, a análise de sistemas técnicos e naturais conhecidos, a observação de analogias, as medições, as experiências com modelos. Além disso podem surgir alternativas de solução ou alternativas existentes podem ser desenvolvidas e aprimoradas pela aplicação de métodos de procura de idéias mais intuitivos e/ou discursivos.

Com a ajuda dos métodos mais intuitivos (por exemplo: Brainstorming, cinética, método Delphi, etc.) chega-se à so-

so de associação deve orientar-se pela estrutura de funções, a qual representa as sequências e ligações das funções parciais, que são possíveis e adequadas dos pontos de vista lógico e físico.

O problema principal em passos de combinação reside no reconhecimento da compatibilidade física entre os princípios de solução associáveis. Almeja-se um fluxo de energia, de matéria e/ou de sinal sem perturbações, bem como ausência de colisões geométricas. A seleção das melhores soluções sob os pontos de vista técnico e econômico do vasto conjunto de soluções teoricamente possíveis constitui um problema adicional.

Como método de síntese devem ser mencionados a combinação sistemática e a combinação matemática. Para a combinação sistemática é apropriado utilizar o esquema morfológico ou a caixa morfológica, que se constitui num sistema de ordenação, no qual à cada função parcial da estrutura de funções são associadas soluções correspondentes. Sistemas de ordenação facilitam também o julgamento sobre compatibilidades.

Para obter a solução total pela combinação de soluções parciais com o auxílio de métodos matemáticos, é necessário que os característicos das soluções parciais, que se correspondem e podem ser conectados, sejam conhecidos. Para isso, é necessário que os característicos sejam conhecidos em forma de grandezas quantificáveis.

5º Passo: Seleção de Variantes de Solução

O grande número de soluções teoricamente possíveis mas praticamente não realizáveis deve ser limitado tão cedo

quanto possível. É porém importante ficar atento, para não eliminar princípios de solução adequados. Com a ajuda de um procedimento de seleção ordenado e reproduzível a seleção dentre uma série de soluções propostas se torna mais fácil e segura.

Um tal procedimento se caracteriza por duas atividades: eliminar e preferir. Inicialmente são eliminadas as soluções absolutamente inadequadas. As demais podem ser ordenadas segundo os critérios abaixo:

- A - compatível com a tarefa constante na ordem de desenvolvimento;
- B - preenche os requisitos obrigatórios da lista de requisitos;
- C - há chances de realizar a proposta;
- D - os custos e investimentos estão dentro do permissível;
- E - atende a critérios mínimos de segurança;
- F - é desejada pelo grupo.

Inicialmente recomenda-se só continuar com o desenvolvimento dessas variantes de solução, que preenchem todos estes critérios.

O processo de seleção sucintamente apresentado reduz o trabalho, dá uma boa visão sobre as propostas e seus valores relativos e pode ser documentado.

6º Passo: Concretização de algumas variantes

Normalmente as noções iniciais de uma concepção de solução são pouco concretas, tornando difícil e subjetiva a decisão, que fixa concepções adequadas para serem levadas à fase seguinte. Por isso, é necessário levantar mais informações sobre

as combinações de princípios que parecem promissoras. Com estas informações, as combinações em questão podem ser melhor concretizadas, tornando-as mais adequadas para uma avaliação mais objetiva. Na medida do possível as variantes devem evidenciar pelos seus característicos tanto pontos de vista técnicos quanto econômicos, de modos a possibilitar uma avaliação, cujos resultados têm uma segurança aceitável.

7º Passo: Avaliação de Variantes de Concepção

Com uma avaliação tenciona-se determinar o "valor" ou "os fortes" de uma solução, tendo em vista os objetivos previamente definidos. Uma avaliação conduz a uma comparação entre as variantes de concepção; numa comparação da variante com uma solução ideal imaginária, a avaliação resulta num "valor", que representa o grau de aproximação da variante a este ideal.

Um método de avaliação deve ser abrangente, capaz de considerar explicitamente um grande número de critérios tanto qualitativos quanto quantitativos. Além disso, é requerido que os gastos sejam baixos, que o procedimento seja transparente e reproduzível. Como procedimento de avaliação são utilizados frequentemente a análise de valor de uso e o proceder segundo VDI 2225. Um procedimento básico é mostrado no quadro 2. O quadro 3 mostra uma lista de característicos, que é aplicada no procedimento de avaliação (veja 1º Passo, quadro 2).

2.5. PROJETO PRELIMINAR

2.5.1. PASSOS E RECURSOS AUXILIARES NO PROJETO PRELIMINAR

Por projeto preliminar entende-se a parte do processo de desenvolvimento e construção, que a partir da concepção de um objetivo técnico determina a sua configuração segundo pontos de vista técnicos e econômicos, fornecendo também especificações adicionais, de modos que a execução do projeto detalhado

- Passo 1: Identificar os objetivos e/ou critérios de avaliação a serem usados para apreciação das variantes de solução com a aplicação da lista de requisitos e de uma lista de características (Quadro 3).
- Passo 2: Analisar os critérios de avaliação no que diz respeito à sua contribuição para o valor total da solução, fixando para tanto pesos para ponderar os mesmos e assim eliminar os critérios insignificantes.
- Passo 3: Listar as grandezas das variantes que são pertinentes para cada solução.
- Passo 4: Apreciar as grandezas das variáveis segundo uma escala definida (0 - 10 ou 0 - 4 pontos).
- Passo 5: Determinar o valor global das soluções analisadas, em geral tendo como referencial uma solução ideal (o valor desta solução ideal).
- Passo 6: Comparar as variantes de solução.
- Passo 7: Estimar as incertezas da apreciação.
- Passo 8: Procurar pontos fracos para a melhoria das variantes selecionadas.

Quadro 2 - Passos para a avaliação de variantes de concepção
(de PAHL & BEITZ [20]).

CARACTERÍSTICO GERAL	EXEMPLOS
Função	Característicos das peças e elementos necessários para a realização das funções secundárias, que são consequência do princípio de solução ou da variante selecionada;
Princípio de ação	Característicos do princípio selecionado, no que diz respeito à simplicidade e à clareza na realização da função, efeito suficiente, poucas perturbações;
Configuração	Reduzido número de componentes, pouca complexidade, pouco espaço necessário, ausência de problemas especiais com materiais, revestimento, superfícies;
Segurança	Preferência à técnica direta de segurança (seguro por natureza), medidas de proteção adicionais desnecessárias, segurança do trabalho e do meio ambiente garantido;
Ergonomia	Boa interação homem-máquina, ausência de cargas ou limitações não permissíveis, boa forma;
Fabricação	Poucos processos de fabricação, processos convencionais, dispensar dispositivos caros, reduzido número de peças, simples;
Controle	Poucos controles e testes necessários, controle simples, resultados de fácil interpretação;
Montagem	Fácil, cômoda, rápido, dispensar recursos (dispositivos) auxiliares;
Transportes	Meios de transportes convencionais/normais, ausência de riscos;
Uso	Funcionamento simples, vida útil longa, pouco desgaste, acionamento e utilização fáceis e com sentido (estereótipos);
Manutenção	Pouca manutenção e limpeza, manutenção e limpeza simples, inspeção fácil, conserto sem problemas;
Recycling	Bom aproveitamento, eliminação sem problemas;
Custos	Dispensar do produto custos especiais de funcionamento e custos secundários, baixo risco no que diz respeito a prazos do retorno do investimento.

o

Quadro 3 - Característicos gerais auxiliares na avaliação na fase de concepção (de PAHL & BEITZ [20]).

possa ocorrer sem problemas

Juntamente com a configuração há uma série de decisões a formar: a escolha dos materiais e processos de fabricação, a determinação das medidas básicas do produto, o teste da compatibilidade espacial e ainda a procura de soluções parciais para eventuais funções secundárias, que só agora se tornam evidentes. Pontos de vista tecnológicos e econômicos são de importância cabedal. A configuração é definida com a ajuda de uma representação em escala e é analisada criticamente. No final da configuração passa por uma avaliação técnica e econômica.

A fase de projeto detalhado contém, ao lado de passos de trabalho criativo, muitos passos corretivos nos quais procedimentos de análise e de síntese se revezam continuamente e se completam. Por isso, surgem ao lado dos já conhecidos métodos de procura de soluções e de avaliação métodos para reconhecimento de falhas e defeitos e de otimização. Um levantamento detalhado de informações sobre materiais, processos de fabricação, detalhes, peças padronizadas e normas é imprescindível. Tal levantamento implica em gastos consideráveis. Por causa da complexidade do processo de projeto preliminar, pois:

- muitas tarefas devem ser executadas em paralelo,
- diversos passos de trabalho devem ser repetidos com um nível de informação mais alto,
- acréscimo e adaptações têm interferência sobre partes já configuradas.

Neste sentido, fica difícil de elaborar um plano de decurso do mesmo. Mas, como plano genérico pode-se em princípio estabelecê-lo, como mostra a fig. 5. Neste procedimento caminha-se do qualitativo para o quantitativo e do abstrato para

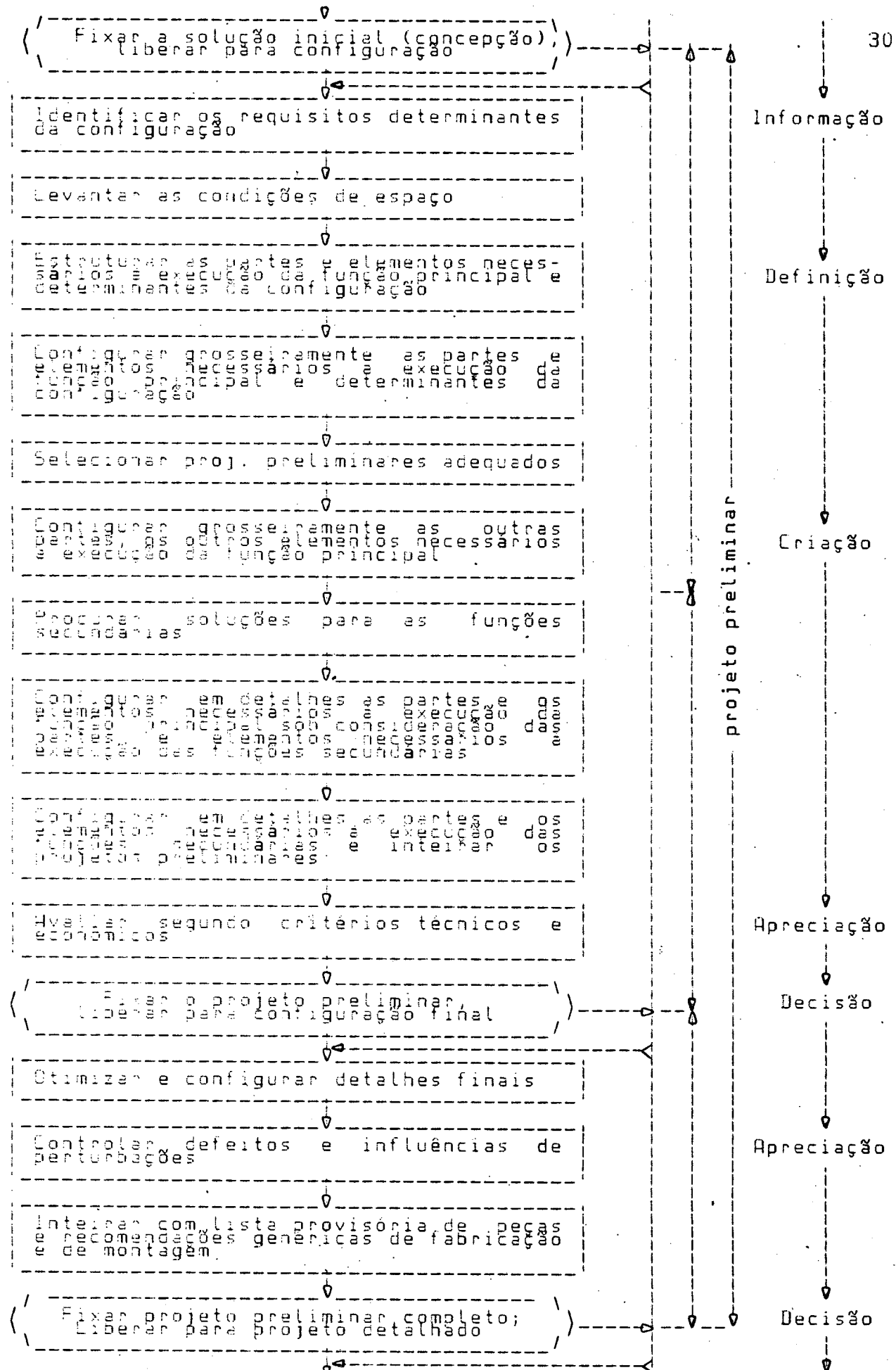


Fig. 5 - Passos de trabalho no projeto preliminar (PAHL & BEITZ).

o concreto.

Ao contrário do que ocorre na fase de concepção não é necessário determinar métodos especiais para cada passo do projeto preliminar, pois:

- a representação da configuração e das restrições geométricas é feita com auxílio de regras de desenho normatizadas,
- a procura de soluções para funções secundárias podem ser feitas com auxílio dos métodos utilizados na fase de concepção ou as soluções podem ser obtidas diretamente de catálogos,
- o projeto dos elementos que realizam as funções é feito de maneira convencional, orientando-se em regras da mecânica, da teoria da estabilidade e das ciências dos materiais e aplicando-se métodos de cálculo correspondentes com auxílio de tratamento eletrônico de dados,
- a configuração como parte mais importante desta fase deve seguir certas regras e certos princípios descritos na obra de PAHL & BEITZ [19],
- o reconhecimento de falhas é de grande importância em certos passos de trabalho.

Na elaboração do projeto detalhado muitos detalhes devem ser esclarecidos, fixados e otimizados. Possivelmente resulta que um ou outro requisito não é realizável, ou que certos característicos da concepção selecionada causam problemas, o que requer um reexame da concepção, pois uma concepção inadequada não pode ser melhorada sensivelmente na etapa de configuração, por mais bem executada que esta seja.

2.5.2. CONFIGURAR

O configurar se caracteriza por uma alternância entre um procedimento de reflexão e um de reexame.

Com o projeto detalhado do produto e a escolha dos materiais, tenta-se inicialmente preencher as funções básicas. Em seguida, pontos de vista de segurança, de ergonomia, de fabricação, de montagem, de utilização, de manutenção e de custos desempenham um papel determinante. Aqui são constatadas as dependências entre esses pontos de vista, de modos que os procedimentos de reflexão e de reexame transcorram ora avançando, ora retornando à etapa anterior do processo, com o objetivo de corrigir falhas detectadas.

Apesar das dependências entre os pontos de vista isolados, características importantes como por exemplo função, princípio, segurança, fabricação e manutenção; podem ser deduzidos dos objetivos básicos e das condições gerais.

Destes características resultam as regras de configuração "inequívoco, simples e seguro", cuja realização permite esperar um alto nível de chances de concretização, pois estas incorporam e conexam fatores de economia, fatores de segurança e fatores relativos às funções e à realização destas na prática.

Normas de configuração também são deduzíveis a partir dos característicos mencionados acima. Com a ajuda destas normas pode-se atender aos requisitos e às restrições impostas. Exemplos de normas de configuração são:

- suportar a solicitação,
- resistir à mudança de forma, à perda de estabilidade, à ressonância,

- apresentar elasticidade adequada,
- resistir à corrosão,
- satisfazer as recomendações de segurança, apresentar baixo risco,
- satisfazer as recomendações ergonômicas,
- apresentar boa forma,
- satisfazer as recomendações gerais de fabricação e montagem,
- satisfazer as recomendações de transporte,
- satisfazer as normas vigentes,
- satisfazer as recomendações gerais de uso e manutenção.

Um outro recurso auxiliar no processo de construção são os princípios de configuração, como por exemplo:

- o princípio de condução de forças;
- o princípio de elementarização da tarefa;
- o princípio de auxílio próprio;
- o princípio da estabilidade e da habilidade desejável.

Na aplicação destes princípios de configuração, os princípios "custo de produção, volume e peso" não podem ser negligenciados. Com o auxílio de princípios de configuração pode-se desenvolver uma estrutura de construção, que atenda aos requisitos em questão. Para maiores detalhes sobre regras, normas e princípios de configuração podem ser pesquisados na obra de PAHL & BETZ [19].

2.5.3. AVALIAÇÃO DE PROJETOS PRELIMINARES

Os aspectos básicos sobre avaliações apresentados na fase de concepção também valem aqui. De acordo com a concreti-

zação crescente, os critérios de avaliação na fase de projeto preliminar também devem relacionar-se com objetivos e características mais concretas.

Na fase de projeto preliminar, as características técnicas são julgadas e expressas no valor técnico (Rt) e as características econômicas são avaliadas com o auxílio dos custos de produção já calculáveis e expressos no valor econômico (Re).

Estes valores são determinados separadamente e depois representados em diagramas com vistas a uma comparação entre alternativas.

Para isso, é pré-requisito que:

- Os projetos preliminares estejam todos no mesmo nível de concretização e

- Os custos de produção (materiais primas, mão de obra direta e custos indiretos de fabricação) das alternativas, foram estimados e são conhecidos. Se, devido ao princípio de solução selecionado, houver custos complementares, estes também devem ser considerados nestes julgamentos. Considerações sobre otimização com vistas ao alcance de custos mínimos de produção podem também ajudar na escolha da(s) melhor(es) alternativa(s). Sem a estimativa dos custos de produção, o valor econômico da alternativa só pode ser determinada qualitativamente, como ocorre na fase de concepção.

Semelhantemente à fase de concepção, é necessário definir inicialmente os critérios de avaliação. Estes podem ser obtidos de:

- requisitos obrigatórios e desejáveis da lista de requisitos,
- características técnicas.

A exaustividade dos critérios de avaliação pode ser controlada pela lista de características básicas constantes

no Quadro 4, que estão em consonância com o grau de concretização das variantes. Para cada característico básico deverá ser escolhido ao menos um critério de avaliação; eventualmente, deverão ser selecionados diversos critérios de cada grupo. Com isso, pretende-se evitar uma super-valorização de algumas características. A realização prática da avaliação pode transcorrer segundo o esquema apresentado em 2.4.

Na fase de projeto preliminar, a avaliação tem também a função de evidenciar os pontos fracos da solução, especialmente quando se trata apenas de avaliar o projeto preliminar praticamente já estabelecido.

2.6. PROJETO DETALHADO

Por projeto detalhado entende-se a parte da construção que completa o projeto preliminar de um objeto técnico, fornecendo determinações definitivas para disposição dos elementos, para forma, para medidas, para acabamento das superfícies e todos os detalhes, especialmente materiais, re-examinando as possibilidades e o futuro custo de produção e elabora os documentos definitivos em forma de desenhos e listas, necessários para a realização física da alternativa de solução selecionada.

O projeto detalhado compreende diversos passos de trabalho, como pode ser visto na fig. 6. O detalhamento do projeto preliminar não consiste apenas em desenhar as peças isoladas, mas é necessário também ainda fazer otimizações dos detalhes no que diz respeito à forma, aos materiais, à superfície e à tolerância. Para isso, as normas de configuração são bastante úteis. Os objetivos nestas otimizações são maximizar a utilização do que

CARACTERÍSTICO GERAL	EXEMPLOS
Função, Princípio de ação	Atendimento ao princípio de ação selecionado: uniformidade, densidade, bom grau de rendimento, insensibilidade a perturbações, sem perdas.
Configuração	tamanho, espaço necessário, peso, disposição, arranjo, adequação.
Revestimento	exploração, durabilidade, deformação, capacidade de alteração de forma, tempo de vida e de uso, desgaste, resistência a impactos, estabilidade, ressonância.
Segurança	Técnica direta de segurança, segurança do trabalho, proteção do meio-ambiente.
Ergonomia	relações homem-máquina, carga de trabalho, acionamento, pontos de vista estéticos, forma.
Fabricação	Transformações sem riscos, curto período de repouso (secar), tratamento térmico, evitar a necessidade de tratamentos superficiais, tolerâncias.
Controle	respeitar características de qualidade, permitir testes, ensaios.
Montagem	Inequívoca, fácil, cômoda, possibilidades de ajustes e de adaptações futuras.
Transporte	Transporte interno e externo, tipo de remessa, embalagem necessária.
Uso	Manipulação, modos de uso, qualidades corrosivas, gastos com meios de produção.
Manutenção	Manutenção preventiva, inspeção, manutenção corretiva, trocas de peças.
Recycling	Desmontagem, utilização, reaproveitamento (analisados em separado - avaliação).
Prazos	Característicos determinantes do decurso do projeto e dos prazos.

Quadro 4 - Características gerais auxiliares na avaliação na fase de projeto preliminar (de PAHL & BEITZ [20]).

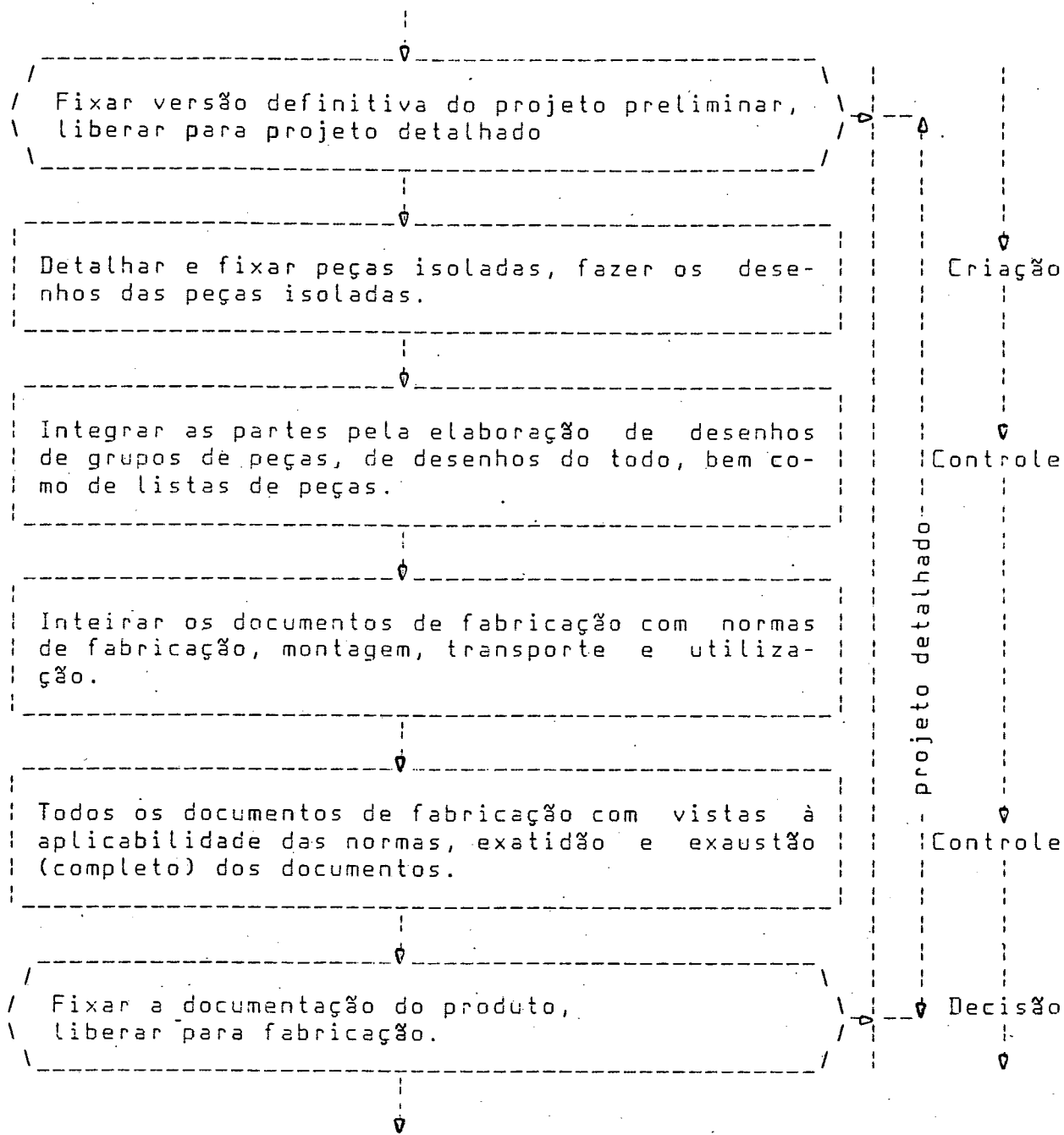


Fig. 6 - Passos de trabalho no projeto detalhado
 (de PAHL & BEITZ [20]).

já existe na empresa, minimizar o futuro custo de produção levando-se em conta, para isso, as normas existentes, a possibilidade de usar peças normalmente encontráveis no mercado e peças já fabricadas na empresa.

A integração de peças e grupos no produto final com os desenhos e as listas de peças correspondentes é fortemente influenciada por pontos de vista do planejamento do trabalho, dos prazos, bem como da montagem e do transporte. Para isso é necessário adotar sistemas apropriados de desenhos, de listas de peças e de numeração.

O inteirar dos documentos de fabricação, eventualmente com recomendações de fabricação, montagem e transporte, bem como recomendações para a utilização do produto; é também uma tarefa importante da fase de projeto detalhado.

É de importância cabedal para o processo de fabricação subsequente que os documentos de fabricação sejam revisados, tendo em vista:

- a sua conformidade com as normas vigentes, especialmente as da empresa,
- o dimensionamento inequívoco e apropriado para a fabricação,
- as demais especificações de fabricação necessárias, bem como
- os aspectos relacionados com a aquisição de peças adicionais.

Na fase de projeto detalhado não deve ser tecnicamente desprezada pelo projetista, pois de sua realização conscienciosa e responsável dependem o decurso da fabricação e a ocorrência ou não de graves defeitos de fabricação.

CAPITULO III

3. TECNICAS PARA DETERMINAÇÃO DE CUSTOS E INVESTIMENTOS ENVOLVIDOS NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Na descrição da metodologia no capítulo anterior, foi constatada a necessidade de conhecer os custos e investimentos do produto, para um controle e avaliação em vários passos do processo de desenvolvimento.

Como os custos do futuro produto estão relacionados à viabilidade do produto, naturalmente, decorrem desta os custos e investimentos que influenciam o processo de desenvolvimento de produtos. Conseqüentemente, do ponto de vista da viabilidade, podemos dividir os custos em custos de produção (até a fabricação do produto) e Despesas Gerais (da fabricação do produto até a complementação da venda). O mais importante dos mesmos são os custos de produção, subdivididos em custos diretos e custos indiretos.

Já o investimento é sub-dividido geralmente em fixo e em giro, com o investimento fixo compreendendo as máquinas, ferramentas e outros equipamentos, bem como as instalações e os projetos de engenharia. O investimento em giro constitui o fu-

turo capital de giro.

Neste sentido, os custos e investimentos a estimar no decorrer do desenvolvimento, via de regra requerem de técnicas especiais de estimativas. Da mesma forma, para o controle dos custos com o desenvolvimento do produto, é necessário uma sistemática de apuração de custos.

Na apreciação destas técnicas bem como em considerações posteriores deste trabalho, deve ser considerado que todos os ativos envolvidos estão inseridos num projeto e, como é conhecido nestes, o aspecto inflacionário da economia exige que os valores envolvidos devam indexar a inflação. Para este fim, duas são as formas mais usadas:

- expressa-se todos os valores envolvidos numa unidade monetária considerada de valor constante, como BTN fiscal, U\$ ou ECUM, indexando assim os valores a um mesmo índice de inflação;
- expressa-se os valores envolvidos na forma de valor corrente, ou seja, indexando os valores a diferentes índices de inflação que são determinados no âmbito do projeto, podendo ser fixo ou variável nos períodos compreendidos pelo projeto.

3.2. MÉTODOS DE ESTIMATIVAS

Estimativas dos custos e investimentos do produto, são requeridos em diferentes estágios de concretização do produto em desenvolvimento. A cada estágio, é possível ir conhecendo cada vez mais as peculiaridades dos sistemas, dos processos, das operações e das atividades singulares, para fabricar o novo produto.

Desta forma, para os custos e investimentos a estimar, os métodos de estimativas baseiam seu cálculo em dois aspectos:

- o nível de detalhe técnico conhecido sobre o futuro produto;
- os dados históricos conhecidos, ou que podem ser conhecidos, de custos históricos de bens, serviços, processos, sistemas, desempenhos técnicos, etc. que tem alguma relação de semelhança, igualdade ou analogia com aspectos similares relativos ao futuro produto, dos quais pode-se extrair dados requeridos para o custo ou investimento que deseja-se estimar.

A partir destes dois aspectos, os métodos, adotam os mais diversos critérios de relação ou indicadores, entre estes dois aspectos, condicionado evidentemente à existência de um determinado conjunto de informações dos mesmos.

Neste sentido e a partir dos critérios para o cálculo e dos fins dos métodos, podemos classificar-os em quatro tipos como:

- métodos com base regressiva;
- métodos com base na engenharia industrial;
- métodos de indicadores;
- métodos de julgamento e conferência.

Alguns métodos possuem modelos característicos dos quais destacaremos os mais importantes. Por constituir um caso particular, os métodos para estimativa de custos com o desenvolvimento do produto, será apresentado separadamente ao final do capítulo. Também, dada a natureza das estimativas constituirem previsões, será ressaltado o aspecto da precisão dos resultados.

3.2.1. MÉTODOS COM BASE REGRESSIVA

Os principais métodos são:

1. Regressão múltipla

Mediante avaliação estatística, estabelece-se uma relação entre o custo ou investimento procurado C e algum(s) parâmetro(s) p do sistema, como força, peso, temperatura, etc, formando-se assim uma equação regressiva.

Os modelos mais usados e conhecidos são os de regressão simples, isto é, relacionados com um parâmetro do sistema. Os mais importantes são:

- Linear: $C = A + B.p$
- Logarítmico: $C = A + B.lgp$
- Exponencial: $C = A.e^{Bp}$
- Potência: $C = A.p^B$

Com A e B sendo constantes.

A escolha do modelo mais adequado faz-se pelo coeficiente de correlação (r).

Quando o custo ou investimento procurado passa a ser relacionado com mais de um parâmetro do sistema, a equação de regressão linear múltipla será:

$$C = A + B_1.p_1 + B_2.p_2 + \dots + B_n.p_n$$

A escolha do modelo mais adequado faz-se pela variância do erro (σ^2). (MIRSHAWKA [16])

2. Regressão polinomial

O custo ou investimento procurado se relaciona com algum(s) parâmetro(s) mediante uma equação de regressão polinomial. Para o caso de esta ser com uma variável, a forma da equação é:

$$C = A + B_1 .p_1 + B_2 .p_2 + \dots + B_n .p_n$$

A escolha do modelo mais adequado é pela variância do erro (σ^2). (MIRSHAWKA [16])

Se o custo ou investimento procurado se relaciona com dois ou mais parâmetros do sistema, a forma da equação é:

$$C = A + B_{11} .p_1 + B_{21} .p_2 + B_{m2} .p_m + \dots + B_{1n} .p_1 + B_{2n} .p_2 + B_{mn} .p_m$$

A escolha do modelo mais adequado é principalmente pela variância do erro (σ^2). (MIRSHAWKA [16])

3. Aplicação Regressiva Exponencial

Com a ajuda do cálculo regressivo se procura uma relação de custo com vários parâmetros que, com a ajuda de coeficientes e expoentes regressivos, determinam a equação regressiva da forma:

$$C = A . p_1^{B_1} . p_2^{B_2} \dots p_n^{B_n}$$

Frequentemente, esta determinação da equação é praticamente impossível sem o uso de computadores (de PARK [21] e PAHL & BEITZ [19]).

- PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS MÉTODOS

O princípio de correlação destes métodos, determina uma aplicabilidade particularmente ampla à estimativa de vários custos e investimentos do produto, bastando para tanto, a existencia dos dados concomitantes.

O aspecto mais relevantes destes métodos constitui a análise estatística que pode ser feita em vários modelos¹, permitindo ter uma noção do nível de erro associado aos resultados.

3.2.2. MÉTODOS COM BASE NA ENGENHARIA INDUSTRIAL

A partir das técnicas e dos dados históricos da engenharia industrial, principalmente os de métodos e tempos e contabilidade industrial de custos. Pode-se formular modelos não físicos do produto, ferramentas e outros equipamentos, modelos de sistemas, principalmente matemáticos. Para uma estimativa particularmente detalhada de custos, principalmente o custo de produção do produto.

Neste sentido, para o custo a estimar um ou mais modelos são criados que, normalmente, mostram ou representam somente as partes ou características relevantes para o custo a estimar, ou representando substancialmente o custo procurado, ou elementos do mesmo.

1 estes podem ser testes de hipóteses, análise da variância, etc.

1. Método dos sistemas mecânicos

A partir do conhecimento dos sistemas mecânicos de produção e elementos do futuro produto, formula-se para o produto ou partes dele cujo custo deseja-se estimar, modelos matemáticos dos sistemas mecânicos de produção.

Neste sentido por exemplo, para uma peça do produto que deva-se torneiar, como mostra a fig. 7, teríamos para o tempo de mão de obra :

$$t_c = \frac{L}{V_{\text{alim.}}} = \frac{L}{f \cdot N} = \frac{L \cdot D}{f \cdot 12 \cdot v}$$

com:

t_c = tempo de mão de obra no torneado.

$V_{\text{alim.}}$ = velocidade de alimentação (" / min.)

L = comprimento (")

f = taxa de alimentação (" / rev.)

N = velocidade rotacional (rev. / min.)

v = velocidade de corte (pés / min.)

D = diâmetro de trabalho

Somando os tempos de preparação t_p (min), teríamos o tempo de mão de obra direta e, conseqüentemente, o custo da mão de obra direta:

$$\text{Custo da MOD} = (t_c + t_p) / 60 \times \text{salário/hora}$$

O custo da MP seria facilmente determinado pelas dimensões existentes da peça. Os custos indiretos de fabricação, por taxas pre-determinadas sobre o MOD e MP, definidas a partir da contabilidade de custos.

Como indicado, os modelos são elaborados tantos quantos necessários, para o custo que deseja-se estimar. Também, este método pode ser aplicado para estimar máquinas e ferramentas. No ex. ilustrado, a quantidade de tornos requeridos é determinada basicamente pelo tempo de MOD para cada peça e a quantidade a produzir.

2. Método das etapas de produção

O método aplica-se principalmente para estimar o custo de produção do produto ou sub-sistemas de produção do mesmo. Neste, as etapas de produção do futuro produto são separadas com grande detalhe, até níveis onde os custos possam ser conhecidos adequadamente. Isto permite, normalmente, poder detalhar claramente a MOD, a MP e os CIF do futuro produto, como mostra o quadro 5.

Para este método, a elaboração de modelos de diversas classes, dos sistemas, produto e demais considerações indicadas anteriormente, são fundamentais.

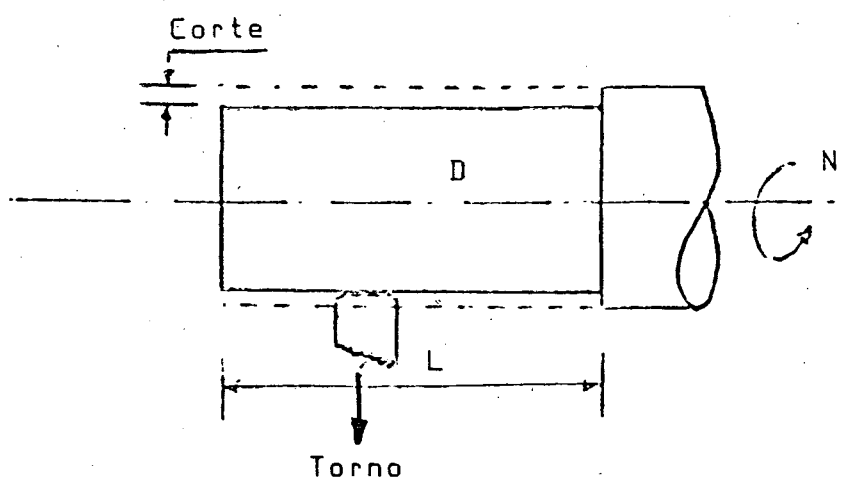


FIG. 7 - Desenho ilustrativo do exemplo do método dos sistemas mecânicos (de DIETER [5]).

- CARACTERÍSTICAS DOS MÉTODOS

Os aspectos circunscritos dos dois métodos citados, indica que deva-se ter um conhecimento senão preciso, pelo menos bem detalhado dos componentes, das atividades, sistemas industriais e dos equipamentos requeridos.

Torna-se evidente também, que o esforço requerido normalmente é grande quanto ao volume de trabalho, tempo envolvido e custo. A precisão dos resultados, embora seja função direta do nível de informação e da adequada formulação dos modelos, pode ser considerada como elevada.

E visando a precisão dos resultados no uso dos métodos citados, que deve ser considerada a aplicação da curva de Learning.

A curva de Learning, também chamada de curva de aprendizado, se baseia na fórmula:

OPERAÇÃO	MATERIAL	MÃO-DE-OBRA	CIF	TOTAIS
TOTAIS				

Quadro 5 - Composição de custos pelo modelo das etapas de produção (de WATSON [18]).

$$Y = K.X^{-A}$$

Y = tempos por ciclo de produção (unidade de tempo)

K = tempo para o primeiro ciclo (unidade de tempo)

X = Nº de ciclos

A = constante (%)

A constante A é a que determina o grau de aprendizagem. Por exemplo, se considerarmos que o aprendizado reduzirá os tempos a 80%, aplicando logaritmos à fórmula:

$$\text{Log}Y = \text{Log}K - A.\text{Log}X$$

Teríamos, então, uma equação com duas variáveis (Y e X; A e K são conhecidas), que colocado num gráfico, apresentasse, como indica a Fig. 8.

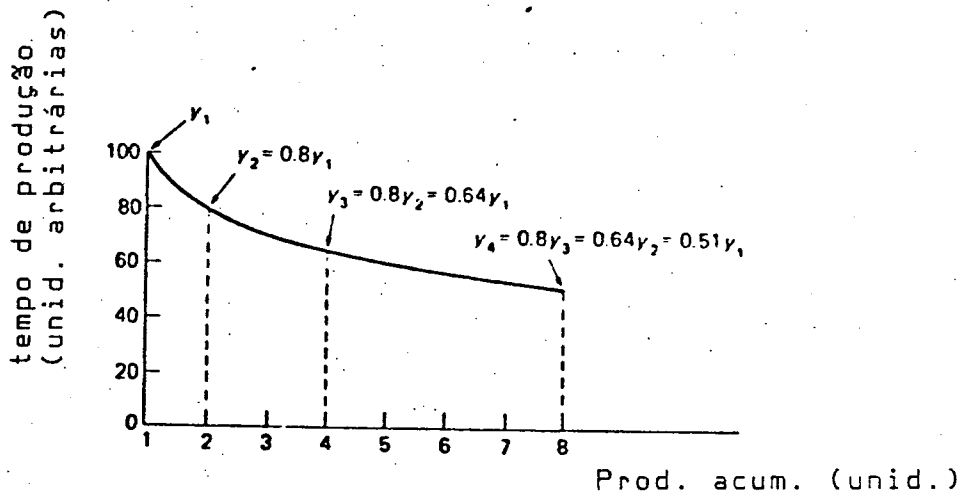


Fig. 8 - Curva de Learning de aprendizado. (de SALWENDY [25])

3.2.3. MÉTODOS DE INDICADORES

Denominamos métodos de indicadores aqueles que estão baseados em índices, expoentes e coeficientes elaborados por órgãos governamentais, instituições de pesquisa, organizações de classe de diversos segmentos industriais, etc.

Estes indicadores se baseiam no estudo do mercado e empresas por setores industriais ou tipos de produtos, refletindo o comportamento de custos destes.

As formas de apresentação são as mais diversas e é possível classificá-los nos seguintes modelos:

1. Modelo dos índices

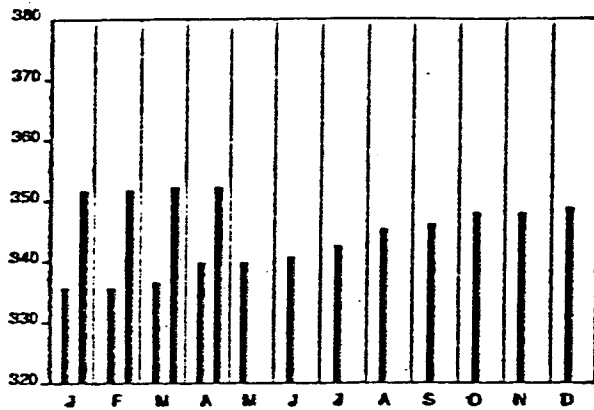
Os índices são indicadores que refletem o comportamento de determinados custos periodicamente (geralmente mensal), a partir de uma data-base = 100, aos quais as inflações do período vão se acrescentando, constituindo portanto, essencialmente indexadores para custos ou investimentos do produto.

Nos EUA, os principais índices de custo para as finalidades procuradas, são:

- CHEMICAL ENGENNERING PLANT COST INDEX: Índice de custos de fábricas da indústria química, em vários níveis de detalhe (veja em resumo na Fig. 9).
- MARSHALL & SWIFT EQUIPMENT COST INDEX: Índice de custos de equipamentos por tipo de processo industrial (veja em resumo na Fig. 10).
- ENGINEERING NEW RECORD CONSTRUCTION COST INDEXES: Índice de custos de construção (veja em resumo na Fig. 11).

1988 1989

CHEMICAL ENGINEERING PLANT COST INDEX

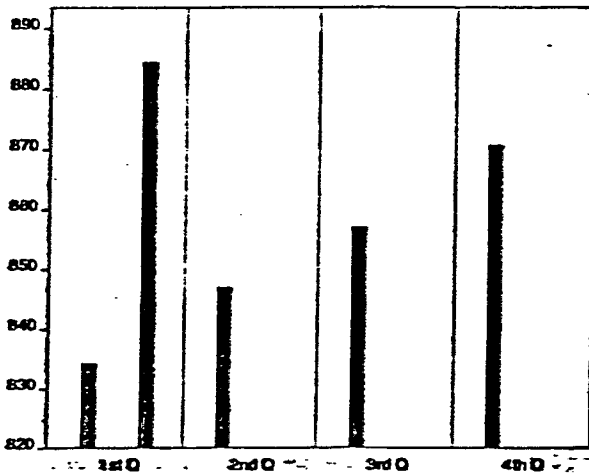


CE INDEX	(1957-59 = 100)		
	Apr. '89 Prelim.	Mar. '89 Final	Apr. '88 Final
CE INDEX	354.2	354.2	340.1
Equipment	291.8	390.7	359.4
Heat exchangers & tanks	372.6	372.6	352.8
Process machinery	380.4	380.5	342.8
Pipe, valves & fittings	463.6	463.6	427.5
Process instruments	351.9	353.0	338.9
Pumps & compressors	479.4	478.4	443.9
Electrical equipment	284.4	285.8	266.2
Structural supports & mat.	375.2	372.5	373.0
Construction labor	267.8	267.7	264.6
Buildings	325.9	325.9	318.3
Engineering & supervision	341.3	341.4	343.5

Annual index	
1983	= 316.9
1984	= 322.7
1985	= 325.3
1986	= 318.4
1987	= 323.8
1988	= 342.5

Fig. 9 - Indice de custos de Chemical Engineering Plant Cost Index (de CHEMICAL ENGINEERING).

MARSHALL & SWIFT EQUIPMENT COST INDEX



M & S Index	(1926 = 100)		
	1st Q 1988	4th Q 1988	1st Q 1988
M & S Index	884.7	869.5	835.9
Process Industries, average	902.7	888.1	851.4
Cement	688.9	684.2	651.7
Chemical	882.9	878.1	840.0
Clay products	884.6	870.3	837.7
Glass	838.1	824.8	790.4
Paint	802.5	888.4	848.6
Paper	850.5	837.7	801.7
Petroleum products	938.7	926.0	889.4
Rubber	956.6	942.8	904.6
Related Industries,			
Electrical power	869.6	843.7	818.4
Mining, milling	805.5	886.0	855.1
Refrigerating	1046.2	1030.1	986.0
Steam power	888.7	872.0	834.4

Annual index	
1983	= 760.8
1984	= 780.4
1985	= 789.6
1986	= 797.6
1987	= 813.6
1988	= 852.0

Fig. 10 - Indice de custos de Marshall & Switt Equipament Cost Index (de CHEMICAL ENGINEERING).

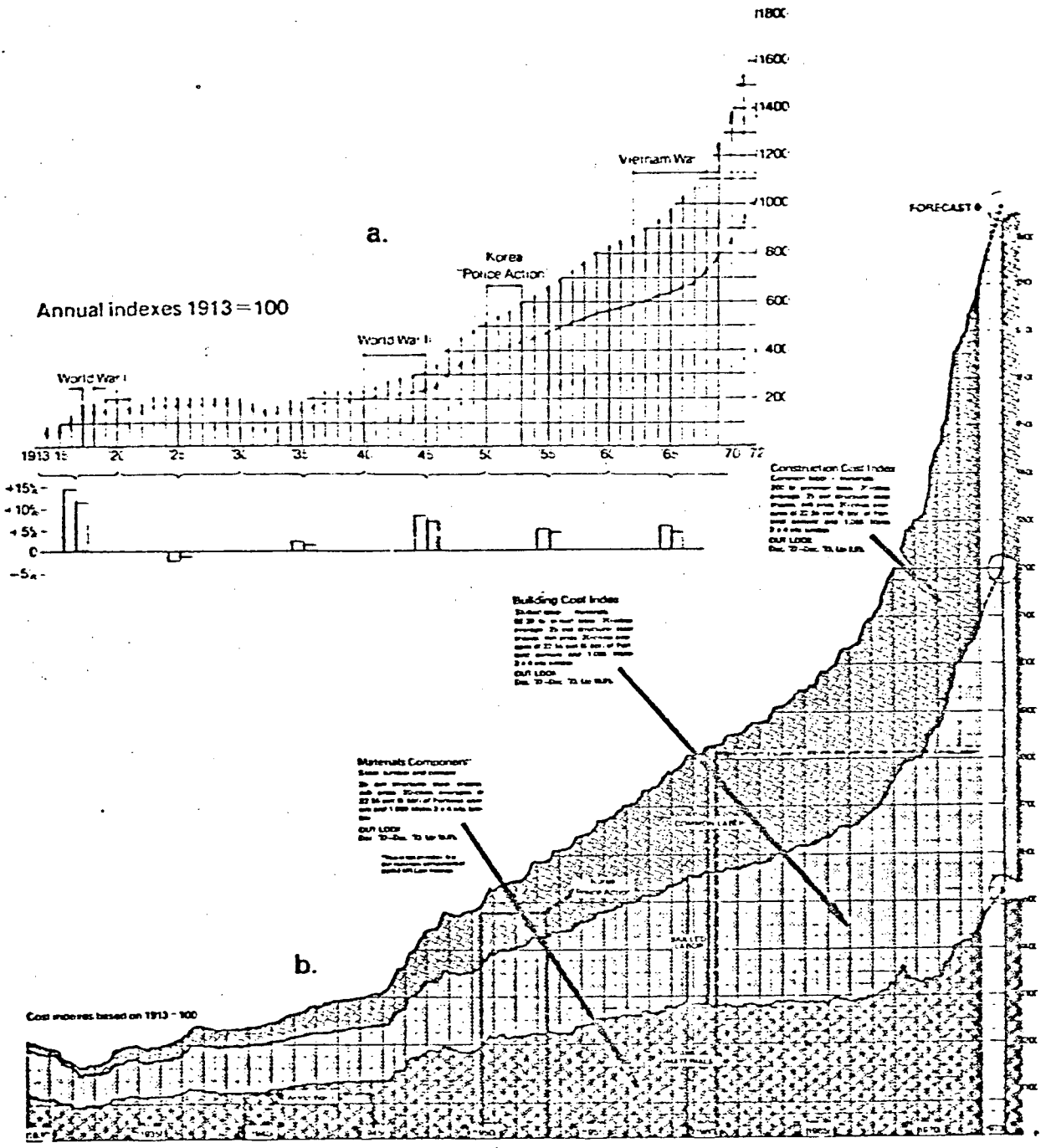


Fig. 11 - Indice de custos de Engineering New Record Construction_ Cost Indexes (de LUDWING [13]).

- NELSON REFINERY CONSTRUCTION COST INDEX: Índice de custos de construção de refinarias (veja em resumo na Fig. 12).

No Brasil, os índices de custo para as finalidades procuradas, somente encontram-se disponíveis a nível de construção civil, sendo os principais:

- INDICE PINI: custos de construção (veja em resumo na Fig. 13).
- SINAPI: elaborada pela revista Dirigente Construtor, tem por base levantamentos de vários órgãos, como mostra em resumo a fig. 14.

Existem também índices de custo de mão de obra, elaborados por diversos órgãos de classe.

A aplicação dos índices dá-se pela fórmula:

$$C_1 = (I_1 / I_0) \cdot C_0$$

C_1 = custo ou investimento procurado

C_0 = custo de referência

I_1 = índice do custo ou investimento procurado

I_0 = índice do custo de referência

Porém, constituindo os índices essencialmente indexadores, a principal aplicação dos mesmos está nesse fim, para projeções de vários custos ou investimentos, por diversos períodos, com o uso de análise regressiva.

Um aspecto bastante restritivo, porém, refere-se a que os principais índices estão voltados à indústria química e são americanos, portanto, com diferenças à realidade brasileira.

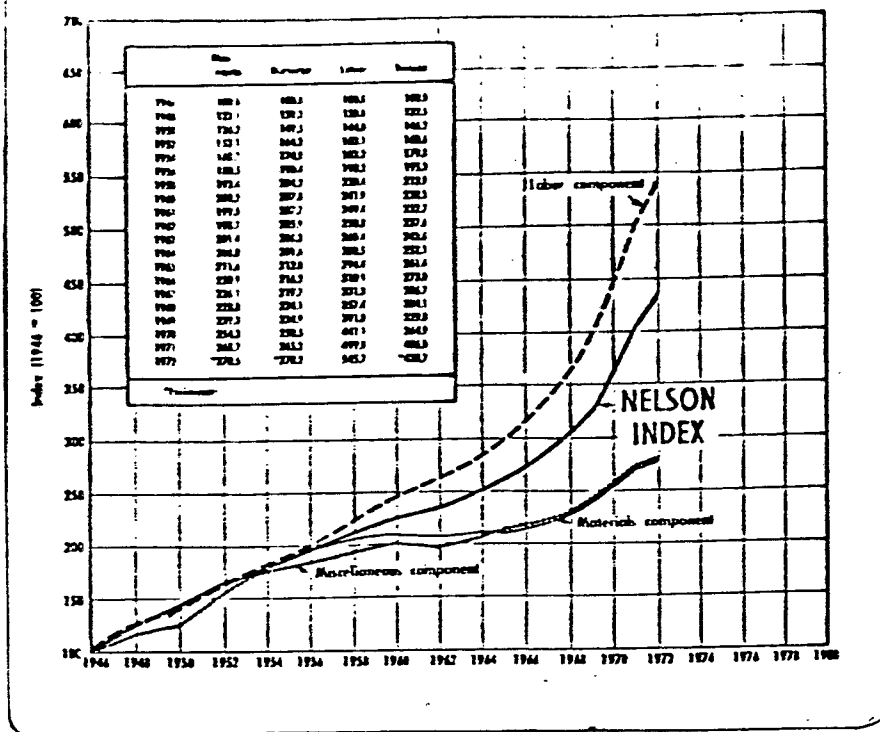


Fig. 12 - Índice de custos de Nelson Refinery Construction Cost Index (de LUDWING [13]).

Índice Pini de Custos de Edificações												
Data base: Mar/86 Fev/89 = 100												
Ano e mês	IPCE	Variação %			IPCE de Materiais	Variação %			IPCE de Mão de Obra	Variação %		
		Mês	Acum. no ano	Acum. em 12 meses		Mês	Acum. no ano	Acum. em 12 meses		Mês	Acum. no ano	Acum. em 12 meses
1988												
Jan	6,782	15,95	15,95	240,86	4,458	16,76	16,76	258,89	2,324	14,42	14,42	216,43
Fev	7,942	17,10	35,77	250,77	5,379	20,86	40,88	268,80	2,563	10,25	25,15	217,88
Mar	8,286	18,68	58,41	272,85	6,217	15,58	62,83	276,23	3,049	18,89	60,11	265,55
Abr	11,044	19,18	88,79	278,23	7,425	19,43	94,46	280,04	3,818	18,67	78,14	256,09
Mai	14,388	30,28	145,97	333,45	8,743	17,76	129,00	304,09	5,945	55,98	177,78	308,41
Jun	17,534	21,87	199,76	364,59	10,720	22,61	180,76	335,19	6,814	20,72	235,43	418,83
Jul	21,368	21,86	265,28	403,71	13,174	22,89	245,04	443,46	8,183	20,24	303,32	498,84
Ago	25,303	23,10	349,86	508,57	15,984	28,84	356,96	537,55	11,639	17,41	373,82	577,88
Set	31,432	19,50	437,33	650,39	19,700	18,63	418,57	637,55	11,639	44,13	725,79	949,10
Out	41,412	31,75	607,94	808,41	24,636	24,47	545,25	733,80	16,776	29,41	968,69	1127,89
Nov	54,491	31,58	831,54	954,08	32,782	33,05	758,57	863,82	21,709	32,06	1317,77	1317,77
Dez	69,208	27,01	1083,12	1083,12	40,407	23,26	958,29	958,29	28,800			
1989												
Jan	93,71	35,40	35,40	1281,87	58,00	43,55	43,55	1201,09	35,71	23,98	23,98	1436,22
Fev	100,00	6,71	44,49	1159,13	81,51	6,05	52,23	1043,52	38,49	7,79	33,05	1481,76
Mar	103,23	3,23	49,16	1014,00	63,53	2,86	56,73	918,86	39,80	3,86	38,54	1208,63
Abr	114,12	10,55	84,89	833,92	70,03	10,58	73,31	843,16	44,09	10,50	83,09	1118,63
Mai	159,32	39,61	130,20	1007,31	87,00	24,36	115,67	898,11	72,23	83,82	150,80	1179,54

Para obter índices na nova base, divida o índice da base antiga pelos seguintes fatores de conversão:
 CE: 85.870,15088
 CE de materiais: 85.869,58528
 CE de mão-de-obra: 85.871,05515

Índice Pini de Custos de Edificações é composto a partir das variações dos preços de um lote básico de insumos.
 número índice é atualizado a cada 30 dias através de pesquisas realizadas em São Paulo - Capital.
 ba.: A partir de maio 89 a taxa de Lais Sociais que incide sobre a mão-de-obra passa para 115,53% devido a retrada do item "redução da jornada de trabalho". Essa taxa (9,09%) já foi incorporada aos salários.

Fonte: Depto. Técnico Pini Sistemas

Fig. 13 - Índice Pini de custos para construção civil (rev. A Construção).

SINAPI					
Mês de referência: Fevereiro de 1989					
Áreas geográficas	Custo médio Cz\$/m ²	N.º Índice (maio/87 = 100)	Variações percentuais		
			Men sal	No ano	12 meses
REGIÃO NORTE	221,70	2.815,69	4,15	41,87	999,03
Rondonia	218,51	2.687,90	8,70	44,90	1.021,31
Acre	200,88	2.639,82	4,34	43,62	957,57
Amazonas	222,51	2.805,84	2,52	40,14	966,33
Roraima	268,03	2.508,13	6,32	46,74	853,87
Pará	220,47	2.872,10	4,62	41,37	1.006,22
Amapá	223,60	3.291,31	6,93	50,65	1.242,78
REGIÃO NORDESTE	180,82	3.066,27	5,18	46,73	1.069,79
Maranhão	200,85	3.230,61	6,56	47,21	1.016,81
Piauí	170,36	2.845,90	5,26	37,60	954,77
Ceará	179,02	2.921,12	7,79	46,90	1.055,18
Rio Grande do Norte	196,88	3.194,79	4,18	31,58	1.015,49
Paraíba	191,08	3.074,42	2,60	44,04	1.044,69
Pernambuco	170,42	3.160,16	3,91	46,19	1.093,68
Alagoas	192,28	3.522,03	5,16	57,86	1.193,19
Sergipe	198,34	3.404,14	7,55	51,94	1.228,34
Bahia	176,63	2.983,47	4,29	51,81	1.081,15
REGIÃO SUDESTE	200,17	2.846,83	3,73	47,95	1.110,85
Minas Gerais	166,55	3.024,37	7,73	55,54	1.124,78
Espírito Santo	167,97	3.096,97	5,68	48,66	1.103,40
Rio de Janeiro	196,91	2.974,74	2,42	40,95	1.144,14
São Paulo	211,90	2.762,87	3,32	49,02	1.097,60
REGIÃO SUL	189,97	2.844,39	3,71	42,61	1.047,39
Paraná	186,98	2.805,64	2,86	40,96	981,83
Santa Catarina	195,08	2.862,20	5,61	49,68	1.127,35
Rio Grande do Sul	190,94	2.875,84	3,79	41,56	1.086,30
REGIÃO CENTRO-OESTE	179,86	3.049,58	5,70	49,85	1.078,17
Mato Grosso do Sul	201,69	2.761,14	9,90	61,40	1.008,93
Mato Grosso	182,97	2.637,77	4,45	48,23	994,28
Goiás	160,73	3.030,59	5,48	51,91	1.079,53
Distrito Federal	184,53	3.220,03	5,26	47,91	1.110,08

Os preços de insumos estão sujeitos a confirmação na fonte.
Os custos do m² são recalculados com base nos preços confirmados e eventuais divergências significativas serão objeto de republicação.
Os índices são calculados com base nos preços confirmados; portanto, os índices dos dois últimos meses ficam sujeitos a confirmação.

Fonte: Departamento de Estudos e Pesquisas Aplicadas (Depae), Caixa Econômica Federal e Departamento de Estatísticas e Índices de Preços (Desip), Fundação IBGE.

Fig. 14 - Índice de custo de construção do Sinapi
(rev. Dirigente Construtor).

2. Modelo dos expoentes

Este modelo se baseia no princípio de que o custo não é diretamente proporcional ao tamanho ou capacidade. Neste sentido, usa-se a fórmula:

$$C_1 = C_0 \cdot (Q_1 / Q_0)^x$$

C_1 = custo procurado

C_0 = custo de referência

Q_1 = tamanho ou capacidade procurada

Q_0 = tamanho ou capacidade de referência

x = expoente de relação. Varia de 0,4 a 0,8 (média = 0,6)

O quadro 6 mostra alguns valores típicos do coeficiente, extraídos de CHEMICAL ENGINEERING [4].

Naturalmente, este modelo pode ser usado para estimar sistemas maiores, pela simples adição:

$$C_t = \sum_{i=1}^n C_i$$

DISCRIMINAÇÃO	TAMANHO	UNIDADE	COEFIC. X
Bombas centrífugas	15-40	hp	0,78
Exaustores	2-7000	Ft /min	0,61
Motor (440v) resf. a vent.	1-20	hp	0,59
Transformador trifásico	9-45	KW	0,47

Quadro 6 - Valores de expoentes de relação custo-tamanho no modelo dos expoentes (de CHEMICAL ENGINEERING [4]).

Também, pode ser determinado o "custo unitário" do custo procurado C_1 , mediante a fórmula:

$$C_1 = C_0 \cdot \left(\frac{Q_1}{Q_0}\right)^{x-1}$$

Como os expoentes encontrados referen-se principalmente a equipamentos, estes tem seu uso voltado a estimativas de investimentos, exigindo um conhecimento dos equipamentos envolvidos, com um relativo detalhe das suas características.

A precisão deste modelo apresenta a grande restrição de que os expoentes desenvolvidos são valores médios, relativamente amplos, voltados para a indústria química e, de origem americana.

3. Modelo do fator de capacidade

Este modelo foi inicialmente desenvolvido por Lang, que, de estudos realizados em empresas, propôs que o investimento total de instalação de uma fábrica, tomando como base os equipamentos mais relevantes é:

$$V_t = f \cdot \sum V_{eq}$$

V_t = valor total da fábrica

C_{eq} = valor dos equipamentos relevantes

f = fator de Lang com:

- 3.10 para processos sólidos
- 3.63 para processos sólidos-líquidos
- 4.14 para processos líquidos

Hand propôs que o investimento seja estimado por:

$$V_t = \sum_l f_l \cdot V_{eq}$$

Os valores de f para vários equipamentos, foram formulados.

CHILTON propôs uma variante mais precisa, dada pela equação:

$$V_t = \theta_1 \cdot \theta_2 \cdot \theta_3 \cdot \sum V_{eq}$$

$\theta_1 = 1,45$ - processos sólidos

$\theta_2 = 0,39$ - processos sólido-líquidos

$\theta_3 = 1,47$ - processos líquidos

$\theta_1 = 1 + f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + f_5$

$\theta_2 = 1 + f_6 + f_7 + f_8$

Os valores de f_i estão indicados na Fig. 15.

A partir desta formulação de Lang, outros estudos foram realizados com variantes na fórmula original ou desenvolvimento de fatores para as duas variantes mais conhecidas de HAND e CHILTON (de PERRY & CHILTON [22]).

- CARACTERÍSTICAS DO MODELO

Os modelos desenvolvidos a partir da proposta de Lang, desenvolveram fatores para equipamentos e outros, visando cálculos rápidos e orientados para o planejamento de produto.

A diversidade de fatores torna difícil saber a precisão de cada um, uma vez que o custo base (dos equipamentos mais representativos), é muito relativo pois muitos destes fatores foram desenvolvidos há muito tempo nos Estados Unidos.

f1 - FATORES PARA PROCESSOS DE TRANSPORTE	
<u>Valor</u>	<u>Condição</u>
0,07 a 0,10	processamento de sólidos
0,10 a 0,30	proces. de sólido-líquido
0,30 a 0,60	processamento de líquidos
f2 - FATORES DE INSTRUMENTAÇÃO	
<u>Valor</u>	<u>Condição</u>
0,02 a 0,05	pouco controle automático
0,05 a 0,10	pouco controle automático
0,10 a 0,15	complexo controle automático
f3 - FATORES DE CONSTRUÇÃO	
<u>Valor</u>	<u>Condição</u>
0,05 a 0,20	unidades externas
0,20 a 0,60	unidades externas/internas
0,60 a 1,00	unidades internas
f4 - FATORES DE FACILIDADES	
<u>Valor</u>	<u>Condição</u>
0 a 0,05	adição menor
0,05 a 0,25	adição maior
0,25 a 1,00	novo sítio
f5 - FATORES DE LINHAS DE SAÍDA	
<u>Valor</u>	<u>Condição</u>
0 a 0,05	planta existente
0,05 a 0,15	unidades separadas
0,15 a 0,25	unidades dispersas
f6 - FATORES DE ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO	
<u>Valor</u>	<u>Condição</u>
0,20 a 0,35	plantas simples
0,35 a 0,50	plantas complexas
f7 - FATORES DE TAMANHO	
<u>Valor</u>	<u>Condição</u>
0 a 0,05	plantas grandes
0,05 a 0,15	plantas pequenas
0,15 a 0,35	plantas experimentais
f8 - FATORES DE CONTINGÊNCIA	
<u>Valor</u>	<u>Condição</u>
0,10 a 0,20	processo definido
0,20 a 0,30	processo sujeito a mudanças
0,30 a 0,50	processo por tentativa

Fig. 15 - Valores de fatores de Lang para o modelo de fator de capacidade de CHILTON (de PERRY & CHILTON [22]).

4. Modelos específicos

A bibliografia para processos contínuos, especialmente na indústria química, apresenta fórmulas específicas para estimar diversos custos ou investimentos, baseados no uso dos expoentes ou fatores.

Por outro lado, as instituições citadas no modelo dos índices preparam outro tipo de dados "prontos", que existem juntamente com os índices. Um exemplo de MARSHALL & STEVENS está no quadro 7 e de CHEMICAL ENGINEERING no quadro 8.

Como uso destes dados prontos temos:

- Modelo unitário

Este tipo de modelo específico e já pronto, tem a particularidade que os valores se expressam por padrões de unidade. Um exemplo do índice Pini é:

$$\begin{aligned} & - \text{custo de construção/m}^2 = \$ A \\ & - \text{custo de concreto armado/m}^2 = \$ B \end{aligned}$$

- Modelo de uso específico

Com base nos índices e dados "prontos", como os mostrados nos quadros 7 e 8. Diversas revistas publicam artigos de estudos que elaboram modelos específicos para estimar geralmente bens de investimento. Este tipo de informação é muito desenvolvida na indústria química, principalmente para equipamentos, bem como na construção civil.

COMPARAÇÃO DE INVESTIMENTOS EM PROJETOS DE FÁBRICAS QUÍMICAS

- Equipamentos, máquinas e suportes	61%
- Implantação e instalação equipamentos	22%
- Instalações, materiais e mão-de-obra	7%
- Engenharia e supervisão	10%

	100%

Quadro 7 - Comparação de investimentos em projetos de fábricas químicas (de CHEMICAL ENGINEERING [3]).

CUSTOS COM VENDAS, ADM. E P&D

Classe de Indústria	Custo como % das vendas brutas
Ind. química básica	11
Química mais especializada	12-24
Química especializada	22
Petróleo	9
Produtos de consumo	24-28
Instrumentos especiais	27

Quadro 8 - Custos com vendas, administração e pesquisa e desenvolvimento, por classe de Indústrias (de CHEMICAL ENGINEERING [4]).

3.2.4. MÉTODOS DE JULGAMENTO E CONFERÊNCIA

1. Método da semelhança

Este método toma por referência os projetos de produtos desenvolvidos, externos ou internos, com dados de produção conhecidos ou não, para, por semelhança ou semi-semelhança, que pode ser do todo ou partes, estimar os custos desejados do produto em desenvolvimento.

Este procedimento exige muito critério e experiência para uma avaliação correta. As semelhanças nem sempre são proporcionais e, neste sentido, relações de proporcionalidade tem que ser formuladas com muito cuidado, tendo os mais diversos critérios e derivando normalmente em relações matemáticas. Também, no caso de projetos com dados da sua implantação e produção desconhecidos, os custos de referência, dependendo da data do projeto, devem ser vistos sob o aspecto da validade dos mesmos.

A precisão deste método, pela natureza do mesmo, depende apenas da sensibilidade de avaliação da equipe, a qual será basicamente subjetiva.

2. Método Delphi

O método Delphi se baseia no julgamento de um grupo de especialistas sobre um determinado assunto (no nosso caso, estimar custos). O grupo, deve ser integrado por pessoas com um nível similar de conhecimento sobre o assunto.

O fundamento teórico do método é que as "n" pessoas, são expertos de igual nível (portanto, nenhuma resposta está acima da outra) e, conseqüentemente, o agregado das suas

respostas, aproxima-se a uma curva de distribuição normal onde a mediana das mesmas é próxima à resposta verdadeira. O grupo, portanto, deve ser o maior possível. A Fig. 16 mostra um estudo de RAND CORP. de USA, sobre a média de erro do grupo em função de seu número.

O procedimento consiste, então, numa interação onde se recebe as respostas, e estas são devolvidas junto com a mediana obtida e o desvio quartílico, para que os respondentes reconsiderem suas respostas até que se obtenha um desvio quartílico aceitável. Obviamente, não é permitido troca de idéias entre os membros do grupo.

O método Delphi torna-se mais consistente e preciso mediante o uso de estimativas de magnitude relativa. Aqui, o produto é dividido em níveis de estrutura (como mostra simplifi-

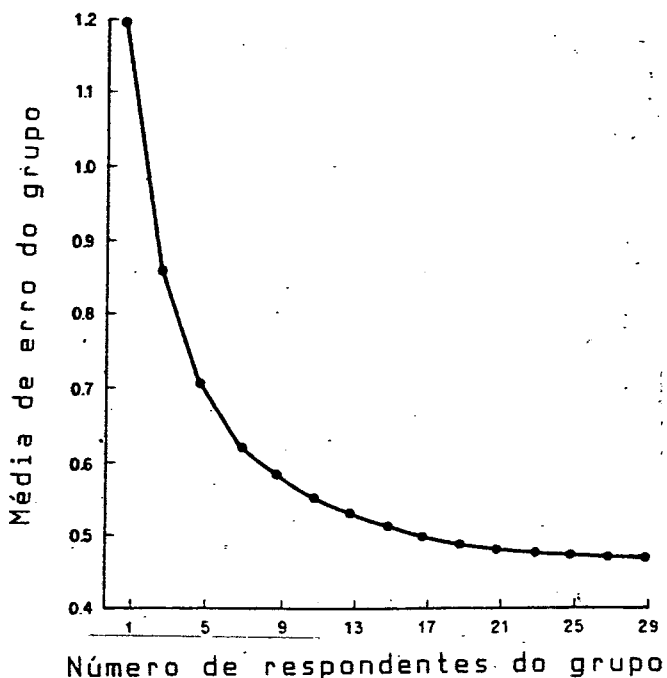


Fig. 16 - Média de erro do grupo em função do seu número no método Delphi de estimativa, segundo a RAND CORP. (O'BRIEN [18]).

cadamente a fig. 17 para um avião), sendo o NIVEL 1: Produto, NIVEL 2: Componentes, NIVEL 3: Componentes do Componente, etc). As pessoas do grupo estimam a percentagem de cada componente do nível 2. Depois, para cada componente do nível 2, são formados novos grupos (escolhidos sempre pelo conhecimento sobre o assunto), que estimam a percentagem de cada componente do nível 3 e assim por diante, até chegar a níveis pouco significativos onde os custos são conhecidos de forma precisa.

O passo seguinte é calcular os custos para o nível 1 em função a todos os custos conhecidos dos níveis inferiores, mediante a cadeia de percentagem que foi estabelecida. Por exemplo, no nível 3, os controles custam \$ 362,00. Este representa 20% da fuselagem, do nível 2. Este por sua vez representa 30% do produto, que é o nível 1. Logo, o produto custa:

$$\text{CUSTO DO PRODUTO: } \$ 362,00.(100/20).(100/30) = \$ 6.003,33$$

Com estas estimativas, calcula-se a média e verifica-se a dispersão. Caso não seja aceitável, volta-se a considerar todo o processo que, porém, já contará com a ajuda dos elementos mais dispersos como indicadores de erro nas estimativas de percentagem. O quadro 9 ilustra o exemplo do avião (de O'BRIEN [18]).

- CARACTERÍSTICAS DO MÉTODO

Além da precisão e consistência, a vantagem do uso de magnitudes relativas na estimativa do custo, é que elas nos fornecem a estimativa dos componentes em todos os níveis.

O método Delphi pelo seu contexto, constitui-se num método importante pois com poucos dados permite fazer estima-

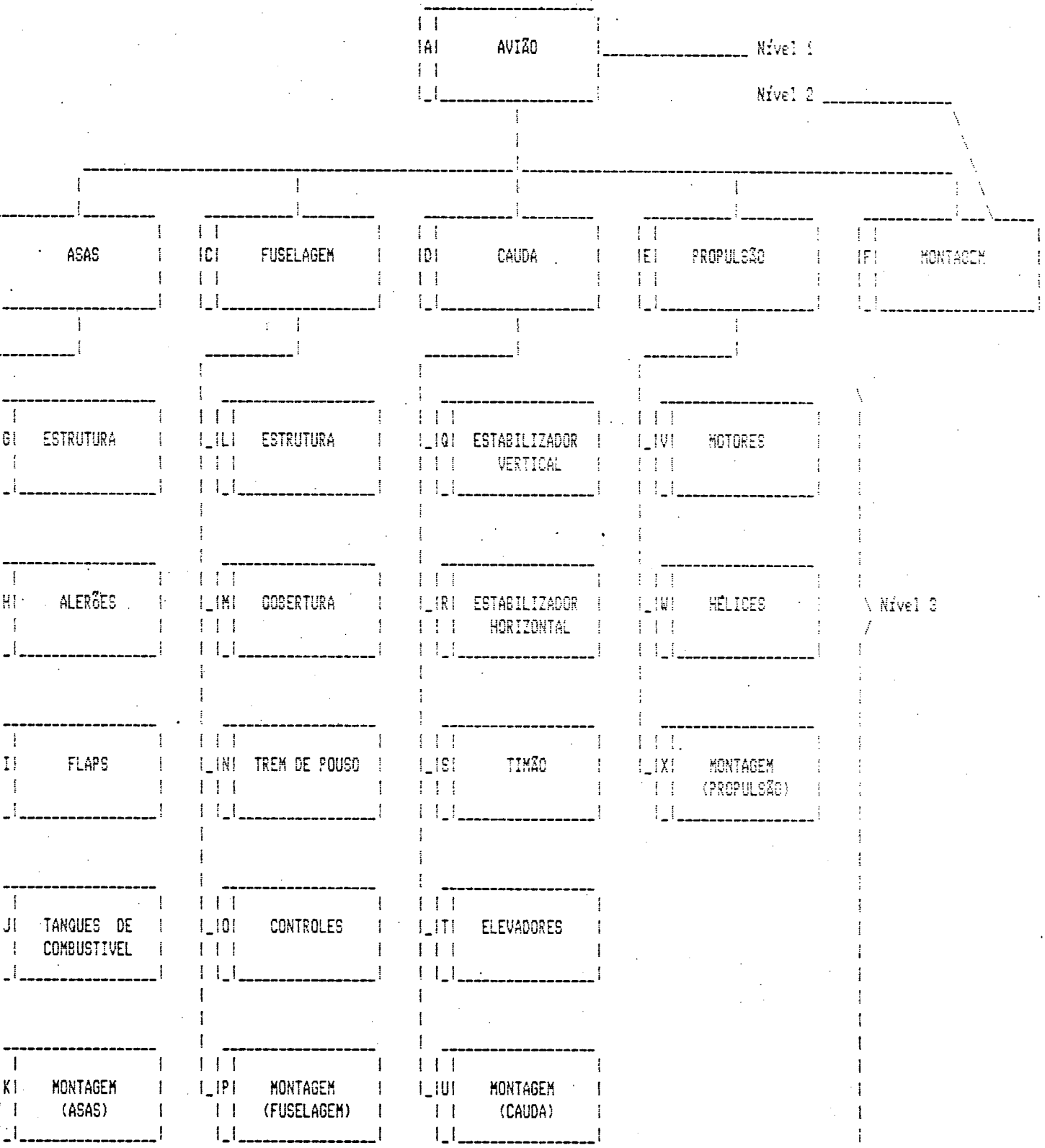


Fig. 17 - Estrutura parcial de níveis para a estimativa de custos no método Delphi (de O'BRIEN [18]).

PARTES				NOME DE PARTE	PERCENTAGEM DE CUSTO E NIVEL				OBJETIVO	QUOTA
E NIVEL					1	2	3	4	CUSTO	ESTIMADA
1	2	3	4					\$	\$	
A				Avião	100				6033	
	B			Asas		20			1207	
		G		Estrutura			50/10,0		603	
		H		Alerões			20/4,0		241	
		I		Flaps			15/3,0		188	
		J		Tanque de comb.			10/2,0		121	120
		K		Montagem			5/1,0		61	
	C			Fuselagem		30			1810	
		L		Estrutura			40/12,0		724	
		M		Cobertura			15/4,5		271	
		N		Trem de pouso			15/4,5		271	250
		O		Controles			20/6,0		362	
		P		Montagem			10/3,0		182	
	D			Cauda		15			905	
		Q		Estab. vertical			25/3,8		229	220
		R		Estab. horiz.			45/6,7		404	
		S		Timão			10/1,5		90	
		T		Elevadores			15/2,2		133	
		U		Montagem			5/0,8		49	
	E			Propulsão		30			1810	
		V		Motores			88/2,5		1589	1600
		W		Hélices			10/3,0		181	
		X		Montagem			2/1,0		60	
	F			Montagem		5	5		301	
					100	100	100			

Quadro 9 - Resumo da magnitude relativa de custos obtida pelo método Delphi, para o exemplo citado (de O'BRIEN [18]).

55

tivas razoáveis de custo, ainda quando não dispõe-se totalmente dos detalhes do produto. Além disso, fornece as estimativas com detalhes dos elementos do custo.

A grande restrição no entanto, está em que o mesmo só se torna efetivo em produtos de elevado agregado, ou seja, em empresas de grande porte com numeroso efetivo técnico especializado.

3.2.5. FONTES DE INFORMAÇÃO

As fontes de informação para estimativas de custo no trabalho de desenvolvimento, são de tipo interno e externo.

- Fontes Internas: tem como mais importante o banco de dados de contabilidade de custos, seguidamente os de métodos e tempos, setor pessoal, manutenção, PCP, controle de qualidade, vendas, etc. assim como os dados do próprio setor de desenvolvimento.

- Fontes Externas: estão relacionadas, basicamente, com indicadores encontrados em bibliografia corrente (como os indicados em 3.2.3), bibliografia específica como de órgãos de classe, empresariais, instituições de pesquisa, catálogos de fornecedores, revistas especializadas, etc.

3.3 SISTEMÁTICA DE APURAÇÃO DE CUSTOS

Os custos com a fase de desenvolvimento do produto, além da sua apuração para as finalidades de controle no de-

envolvimento, é necessário para sua correta alocação contábil, isto é, as formas como será repassado para o custo do produto.

Para esta apuração, via de regra realizada pela contabilidade de custos, o desenvolvimento de produtos constitui uma área autônoma, com as pessoas que realizam este trabalho, e os consumos que incorrem no seu trabalho, creditados à área. Normalmente, isto deve ser acompanhado em termos de organograma, pois, do contrário, torna-se difícil acompanhar os gastos referentes somente ao desenvolvimento.

Constituindo a tarefa a desenvolver um trabalho específico, evidentemente, a melhor forma de registrar os gastos para sua posterior apuração é a "Ordem de tarefa". Um modelo ilustrativo da mesma é indicado na fig. 18, onde se registra, também, eventuais serviços de outras áreas.

A ordem de tarefa, evidentemente, movimentará os cartões de tempo, para controle de mão de obra, bem como ordens de materiais. Exemplos ilustrativos dos mesmos estão na fig. 19 e fig. 20, respectivamente.

As despesas indiretas das áreas, precisarão de taxas pré-determinadas que serão estabelecidas pela contabilidade de custos.

É importante lembrar que o desenvolvimento de uma tarefa somente se refere a esta, excluindo os seus desdobramentos. O produto que será desenvolvido na tarefa, virá com todas suas especificações de fabricação e, se existir no caso, máquinas, ferramentas, etc. que necessitam ser desenvolvidas, estas constituem outra tarefa a ser feita.

No fim de cada período contábil e para encerrar o mesmo, é apurada a ordem de tarefa em processo. Não entanto, co-

EMPRESA			ORDEM DE PESQUISA			Nº		
SERVIÇO:						DATA INÍCIO: DATA TÉRMINO		
MATERIAIS			MÃO DE OBRA			CUSTOS INDIRETOS		
Data	Refer.	Valor	Data	Refer.	Valor	Data	Refer.	Valor
1) SUB-TOTAL			2) SUB-TOTAL			3) SUB-TOTAL		
4) SUB-TOTAL DA ÁREA DE DESENVOLVIMENTO								
SERVIÇO DA ÁREA:			SERVIÇO DA ÁREA:			TOTALS		
MATERIAIS			MATERIAIS			DISCRIMINAÇÃO		VALOR
Data	Refer.	Valor	Data	Refer.	Valor	Materiais		
						Mão de obra direta		
5) SUB-TOTAL			9) SUB-TOTAL			Custos Indiretos		
MÃO DE OBRA			MÃO DE OBRA			TOTAL PESQUISA		
Data	Refer.	Valor	Data	Refer.	Valor	OBS.		
6) SUB-TOTAL			10) SUB-TOTAL					
CUSTO INDIRETO			CUSTO INDIRETO					
Data	Refer.	Valor	Data	Refer.	Valor			
7) SUB-TOTAL			11) SUB-TOTAL					
8) SUB-TOTAL ÁREA			12) SUB-TOTAL ÁREA					

Fig. 18 - Modelo de ordem de tarefa para o controle dos custos com o desenvolvimento (de LEZANA [11]).

CARTÃO DE TEMPO		Nº 157	
EMPREGADO Nº	SETOR:	ORDEM Nº	
OPERAÇÃO (COD.):	HORA INÍCIO:	HORA TÉRMINO:	
DATA INÍCIO:			
DATA TÉRMINO:			

FIG. 19 - Modelo de cartão de tempo para o controle de mão de obra (de LEZANA [11]).

ORDEM DE MATERIAIS				Nº 201	
DATA:		SETOR:		ORDEM:	
AUTORIZADO POR					
QUANT.	COD.	DESCRIÇÃO	VALOR UNIT.	TOTAL	
TOTAL					

FIG. 20 - Modelo de ordem de materiais. (de LEZANA [11]).

mo normalmente será desejado conhecer o valor dos gastos no fim de cada etapa do desenvolvimento, onde fica mais objetivo controlar os mesmos, naturalmente, serão feitas apurações extraordinárias¹.

3.4. MÉTODOS DE ESTIMATIVAS DE CUSTOS COM O DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

Os custos com o desenvolvimento são, pela própria natureza da atividade, difíceis de estimar. Neste sentido, todos os métodos conhecidos encontram por referência os custos com o projeto do produto, cujos princípios consideram dados históricos de projetos desenvolvidos, o que conseqüentemente deriva na semelhança.

O aspecto mais crítico se reflete para os desenvolvimentos originais que não encontram paralelo ou uma vaga semelhança com os disponíveis. Mesmo em situações contrárias a esta, as estimativas destes custos não conseguem elevada precisão. CHEMICAL ENGINEERING [4], estima que na indústria química a margem de erro provável em estimativas desta natureza é de 20 a 30 %. Isto, como foi apresentado, no setor industrial que conta com o maior desenvolvimento na área de estimativas de custos.

1. MÉTODO DA SEMELHANÇA

Este método parte do princípio de que os princi-

¹ Como já indicado, à margem da contabilidade de custos, o desenvolvimento de produtos deve acompanhar nos custos, o aspecto já mencionado da inflação.

país, passos no caminho às soluções são conhecidos e que existem dados de projetos similares.

Neste sentido temos:

- Mão de obra: tempo vs. salários;
- Uso de equipamentos: tempo vs. valor de uso (para protótipos, testes, etc.)
- Material com o desenvolvimento: para o cálculo total do material com protótipos, modelação, etc. são levados em conta os seguintes aspectos para cada material conforme a fórmula:

$$C_j = S.(1 + \sum L_i).P - R$$

C_j = custo com o material j

S = dimensão de referência (peso, área, etc.).

P = preço do material

L_i = aspectos a acrescentar como: sobras, estrago, etc.

R = preço de revenda do sobressalente, que restar desse material.

- Contingências: determinada em percentagem geralmente pela relação:

$$\text{contingência (\%)} = \frac{\text{custos não predecíveis}}{\text{custos predecíveis}}$$

Neste sentido, os custos indiretos, normalmente, já estão incluídos nos valores de cálculo.

Eventualmente, além dos aspectos citados que compõem o custo com o desenvolvimento, podemos ter a necessidade de um laboratório específico, que teriam que ser acrescentados. (de

CHEMICAL ENGINEERING [4])

2. MÉTODO DOS INDICADORES

Não existe, a este respeito, índices que acompanhem este aspecto. CHEMICAL ENGINEERING [4], cita estudos realizados para os custos de engenharia na implantação de fábricas na indústria química, cujos valores sobre o total de investimento e de modo geral na indústria química, estão indicados na fig. 21.

3. MÉTODO DOS INDICES

LUDWIG [13], cita o seguinte modelo desenvolvido

CUSTOS DE ENGENHARIA SOBRE O TOTAL DO INVESTIMENTO	
Discriminação	Porcentagem
- Projeto de engenharia	1,9
- Processo de engenharia	0,6
- Desenvolvimento e detalhe	3,6
- Gerenciamento	0,4
- Instalação (escritório)	0,2
- Custos indiretos escritório	6,9
Total Engenharia	13,9

Fig. 21 - Custos de engenharia sobre o total do investimento na indústria química (de CHEMICAL ENGINEERING [4]).

por GUTHRIE, para projetos na indústria química, com a fórmula:

$$C = (M + L) \cdot (0,10) \cdot (Fce) \cdot (Fme) \cdot (Fpe) \cdot (\text{INDICE})$$

M = Custo dos materiais de produção do produto (anualizado) + equipamentos diretos (U\$/1000).

L = custo anualizado da mão de obra direta de produção do produto (U\$/1000).

Fce = Fator de relação L/M, da fig. 22.

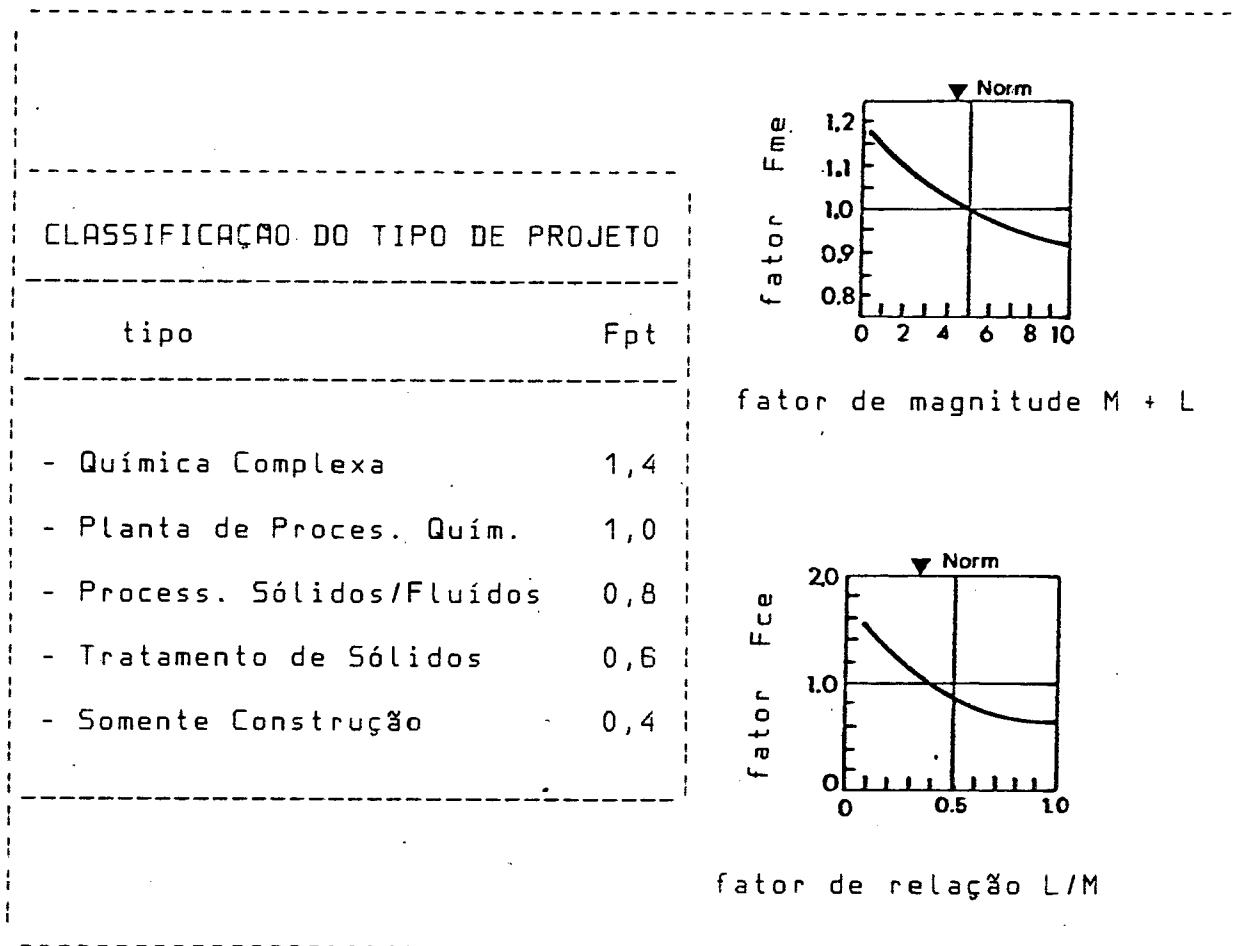


Fig. 22 - Gráficos e tabela para o cálculo dos fatores da fórmula de GUTHRIE para estimativas de custo com o projeto. (de LUDWING [13]).

Fme = Fator de magnitude de M + L (decorrente de (M+L)/investi-
mento total), fig. 22.

Fpt = classificação do tipo de projeto, da fig. 22.

INDICE = índice de construção de CHEMICAL ENGINEERING .

4. MÉTODO DESENVOLVIMENTO X CUSTO

Para situações críticas, onde a incerteza é grande com relação a este aspecto, o procedimento não pode ser outro que o de um trabalho constantemente controlado e avaliado (desenvolvimento X custo), no âmbito do desenvolvimento (de PERRY & CHILTON [22]).

CAPITULO IV

4. OS ASPECTOS DE CUSTOS NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

4.1. IMPORTÂNCIA DO CONTROLE E AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS DE CUSTOS NO DECORRER DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO

Com o mercado cada vez mais competitivo, é preciso um maior rigor no controle e avaliação de todos os aspectos de custo envolvidos no processo de desenvolvimento de produtos, detalhando procedimentos, métodos e técnicas para os custos e investimentos envolvidos, bem como para uma análise custo-benefício mais precisa do produto em desenvolvimento.

Neste sentido, no capítulo anterior foram apresentados métodos para estimativas de custos e investimentos do produto e uma sistemática de apuração de custos com o desenvolvimento, como as técnicas básicas para o controle e avaliação dos aspectos de custo no desenvolvimento.

Na descrição dos métodos para estimativas, foi caracterizado o nível de precisão que normalmente apresentam por constituir um aspecto importante. No controle dos aspectos de custo do produto, uma estimativa mal realizada pode levar a avaliações erradas que, constatadas em estágios adiantados, podem significar em prejuízos elevados, especialmente se esta constata-

tação for na produção. Como é conhecido, os fatores puros de produção não influenciam significativamente, para minimizar os custos, com as soluções para o produto já estabelecidas.

Como o projeto do produto normalmente envolve vários períodos, as estimativas de custos do produto são ainda sujeitas a desvios que podem ocorrer em função das distorções da inflação e sazonalidades do mercado. A importância deste aspecto é ilustrada na Fig. 23, extraída do estudo de BOOZ, ALLEN & HAMILTON [2] sobre produtos novos, que mostra o comportamento vendas-lucro operacional dos seis primeiros anos de produtos novos da linha de toalette. Observa-se no mesmo que o lucro só começa a acontecer a partir da metade do segundo ano. Os prejuízos são equilibrados no fim do quarto ano e, somente a partir daí, começa o retorno do capital investido.

O controle dos custos com o desenvolvimento do produto constitui outro aspecto importante, pela possibilidade de um eventual fracasso bem como pela significância do mesmo no projeto do produto. O estudo anteriormente citado indica que de 58 idéias de produtos novos, 7 chegam à fase de desenvolvimento, 2 sobrevivem ao teste de marketing e apenas um é comercialmente bem sucedido. Ainda, no mesmo é apresentado a evolução dos recursos investidos, excluindo instalações, para projetos de produtos da linha de bens de consumo em embalagens, como mostra a Fig. 24. Pode-se observar na mesma que na fase de desenvolvimento, os itens de despesa, que podemos considerar como o mínimo dos custos com o desenvolvimento¹, representam 20% do total dos recursos

1 Na forma de apresentação dos dados, não está evidenciado os custos específicos com o desenvolvimento do produto, porém, para o objetivo que se pretende, a caracterização é adequada.

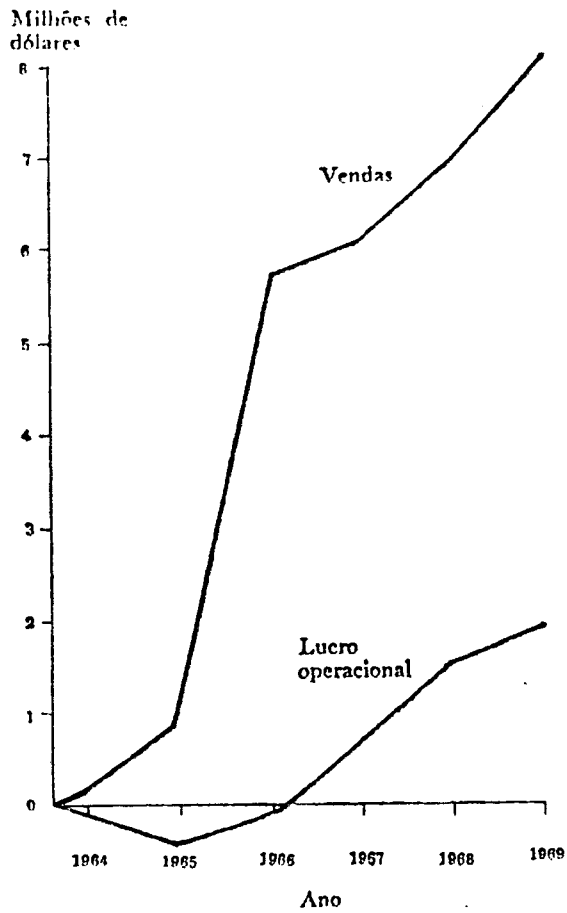


FIG. 23 - Comportamento vendas-lucro operacional de produtos novos da linha de toalette (BOOZ, ALLEN & HAMILTON [2]).

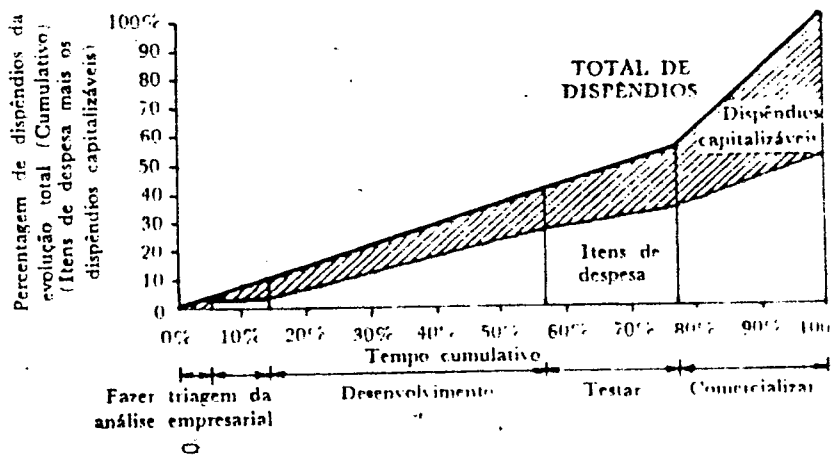


FIG. 24 - Evolução dos recursos investidos no projeto de produtos novos da linha de bens de consumo em embalagens (BOOZ, ALLEN & HAMILTON [2]).

investidos.

Com a relevância dos custos no atual contexto do mercado, técnicas para uma análise custo-benefício mais precisa, são também necessárias para uma correta avaliação dos aspectos de custo, minimizando desta forma os custos finais do produto. Para muitas destas técnicas, é preciso estimar custos e investimentos do produto, constituindo os métodos de estimativa, um subsídio importante.

Com estas considerações, para um maior rigor no controle e avaliação dos aspectos de custo envolvidos, no decorrer do processo de desenvolvimento. É preciso detalhar procedimentos para os custos e investimentos a estimar, levando em conta circunstâncias e características que envolvem os mesmos e determinando o uso mais apropriado das técnicas de estimativas apresentadas. Para os custos que incorrem com o desenvolvimento, considerações similares precisam ser feitas, bem como para a análise custo-benefício. Na apreciação destes aspectos, apresentamos técnicas complementares como subsídios para alcançar resultados mais eficazes.

4.2. CUSTOS E INVESTIMENTOS A ESTIMAR

Estando os custos e investimentos do produto que influenciam o processo de desenvolvimento de produtos, relacionados à viabilidade do produto. Conseqüentemente, decorrem desta os principais custos e investimentos a estimar durante o processo.

Na apresentação dos métodos de estimativa no capítulo anterior, caracterizou-se a precisão que normalmente os

métodos podem alcançar, uma vez que existe uma relação entre o estágio em que se encontra o desenvolvimento e a margem de erro provável associável às estimativas.

Sobre este aspecto, CHEMICAL ENGINEERING [4] e DIETER [5], citam critérios da Associação Americana de Engenheiros de Custos, sobre a fase de detalhamento em que encontra-se o projeto do produto e a margem de erro provável associada a cada fase, na realização das estimativas. O quadro 10 apresenta esses critérios, colocados em seus termos equivalentes às fases da metodologia de PAHL & BEITZ.

Para muitos casos, principalmente o desenvolvimento de produtos tradicionais, a disponibilidade de dados permite uma maior precisão e, neste sentido, a mencionada associação indica para a indústria química em geral, uma margem de erro provável de $\pm 3\%$ no projeto detalhado contra os $\pm 5\%$ indicados para produtos em geral.

Embora genéricos, estes dados constituem uma importante referência sobre o nível que pode-se considerar atingível normalmente em estimativas, e satisfatório diante o detalhamento em que o produto se encontra.

A importância deste aspecto reside em que o valor da estimativa não é consistente ou objetivo sem um conhecimento neste sentido, o qual é necessário num efetivo controle dos aspectos de custo do produto e para uma avaliação adequada dos mesmos, levando a decisões mais corretas. O processo de desenvolvimento de produtos apresenta passos de decisão importantes onde define-se rumos concretos para a tarefa e, portanto, o suficientemente correto conhecimento dos custos e investimentos, é fundamental.

Como normalmente estes passos se identificam com estágios de limitadas especificações técnicas já consolidadas, as estimativas geralmente só podem ser realizadas a nível de custos e investimentos representativos, portanto, sujeitas a maior risco de erro.

PROCESSO DO DESENVOLVIMENTO			ERRO PROVAVEL
FASE		GRAU DE DETALHE E ESPECIFICAÇÃO	(%)
PLANEJAMENTO DE PRODUTO	Fases iniciais do planejamento de produto	Relação de magnitude	± 40
	Ordem de desenvolvimento	Sem detalhe de engenharia	± 30
DESENVOLVIMENTO DE	Clarificação da tarefa		
	Concepção	Esboços preliminares de componentes, processo, equipamentos.	± 20
PRODUTOS	Projeto preliminar	Fluxo do processo, detalhe de equipamentos, componentes.	± 10
	Projeto detalhado	Dados definitivos de engenharia e especificação.	± 5

Quadro 10 - Erro provável aceitável de estimativas conforme a fase do desenvolvimento e para casos gerais, segundo a Assoc. Americana de Eng. de Custos (de DIETER [5])

Com estas considerações, apresentamos os principais passos onde custos e investimentos do produto devem ser estimados, caracterizando os mesmos na sua importância bem como as restrições às suas estimativas. As considerações principais sobre os métodos de estimativa, são apresentadas posteriormente na descrição dos procedimentos para realizar estimativas.

4.2.1. RECONHECIMENTO DE CUSTOS E INVESTIMENTOS DO PRODUTO

1. CLARIFICAÇÃO DA TAREFA

Como apresentado no capítulo II, a viabilidade do produto é considerada principalmente pelo planejamento de produto e aferida na primeira fase do desenvolvimento de produto, quando a ordem de desenvolvimento de produto encaminhada, desencadeia o processo já descrito de clarificação da tarefa, até alcançar sua correta formulação. Neste processo, a tarefa é considerada pelos diversos setores envolvidos, significando que a consideram técnica e economicamente viável, permitindo assim a formulação da lista de requisitos para o prosseguimento da mesma.

A viabilidade do produto pode ser apreciada a partir da estrutura de composição do preço de venda do produto, como apresenta a Fig. 25, bem como dos principais fluxos de análise econômica-financeira do projeto do produto, indicado na Fig. 26¹.

¹ Como é conhecido, estruturas e fluxos desta natureza tem elementos e formas de composição e análise particulares conforme a empresa, o produto, etc. Neste sentido, trata-se de uma ilustração.

- Matéria prima (MP)	XXX
- materiais diretos;	
- componentes de fabricação externa;	
- sobras de material direto;	
- refugo de material direto.	
- Mão de obra direta (MOD)	XXX
- salários/hora;	
- encargos sociais sobre os salários.	
- Custo indireto de fabricação (CIF)	XXX
- mão de obra indireta;	
- materiais indiretos;	
- depreciações;	
- energia;	
- etc.	
= CUSTO DE PRODUÇÃO	XXX
+ Despesas comerciais	XXX
+ Despesas administrativas	XXX
+ Despesas financeiras	XXX
+ Despesas tributárias (Pis, Pasep, ICMS, outros) ¹ ...	XXX
+ Lucro	XXX
= PREÇO NOMINAL DE VENDA	XXX
+ IPI	XXX
= PREÇO DE VENDA LÍQUIDO	XXX

FIG. 25 - Estrutura da composição do preço de venda do produto

1

Os impostos são percentuais sobre o preço nominal de venda

DISCRIMINAÇÃO	PERÍODOS				
	0	1	2	...	N
A DEMONSTRATIVO DE LUCROS E PERDAS DO PRODUTO					
Receita bruta de vendas					
Impostos	(-)				
Receita líquida	=				
custo dos produtos vendidos	(-)				
Lucro bruto	=				
despesas comerciais	(-)				
despesas administrativas	(-)				
despesas financeiras	(-)				
Lucro antes do IR	=				
Imposto de Renda (IR)	(-)				
Lucro depois do IR	=				
dividendos	(-)				
saldo	=				
B FLUXO DE CAIXA PARA O PRODUTO					
1. USOS	(-)				
- ativo permanente					
- terrenos					
- máquinas					
- ferramentas					
- outros equipamentos					
- instalações					
- projetos de engenharia					
- capital de giro					
- despesas com o projeto					
- juros sob financiamentos					
- amortização financiamentos					
2 FONTES	(+)				
- capital próprio					
- reservas de capital					
- saldo em caixa					
- capital de terceiros					
- linhas de crédito bancár.					
- ações preferenciais					
- saldo ano anterior	(+)				
FLUXO DO CAIXA (1-2)					
C FLUXO PARA O TIR DO PROJETO					
- lucro após o IR (- Dep.)	(+)				
- ativo permanente	(-)				
- valor residual ativo per.	(+)				
- capital de giro inicial	(-)				
- capital de giro final	(+)				
D FLUXO PARA O TIR DO AÇIONISTA					
- fluxo de C	(+)				
- juros empréstimos	(-)				

Fig. 26 - Fluxos de análise econômica-financeira no desenvolvimento de produtos.

Conseqüentemente, o reconhecimento dos principais custos e investimentos do produto que influenciam o processo de desenvolvimento, se processa pela identificação da sua significância no contexto da viabilidade. Não entanto, para a lista de requisitos da tarefa, naturalmente que só é preciso especificar requisitos que representam significativamente a viabilidade do produto e a partir dos quais pode ser controlado substancialmente este aspecto. Neste sentido, temos:

- Custo de produção do produto máximo permissível: responsável pela parte principal da viabilidade do produto, este é um requisito fundamental á toda tarefa do desenvolvimento, excetuando-se as tarefas atípicas, onde a solução técnica a alcançar esteja acima de considerações econômicas (como alto risco de vida).

- Investimento fixo máximo permissível: relacionado principalmente às disponibilidades financeiras da empresa. O montante de requerimento de financiamentos para o projeto do produto, pode tornar o mesmo inviável para a empresa. Neste sentido, este não necessariamente pode vir a ser um requisito para a tarefa.

A partir destas especificações, está definida substancialmente para o trabalho do desenvolvimento as restrições sobre o aspecto dos custos do futuro produto. Outros aspectos importantes como o custo fixo de produção e o capital de giro, são considerados no decorrer do desenvolvimento.

- CONSIDERAÇÕES SOBRE A DETERMINAÇÃO DESTAS ESPECIFICAÇÕES

- custo de produção do produto

O estudo de mercado realizado na fase de planeja-

mento de produto, permite estabelecer o preço de venda que seria compatível com o mercado para o produto, com as características que pretende-se desenvolver. Conseqüentemente, a determinação do custo de produção máximo permissível, para o futuro produto, encontra normalmente fácil determinação do ponto de vista do preço do produto. Como mostra a fig. 25, despesas operacionais são normalmente suficientemente conhecidas pela contabilidade de custos da mesma forma que as despesas tributárias e, o lucro, é basicamente uma decisão empresarial sobre o custo do capital social da empresa. Neste sentido, a estimativa do custo de produção para o futuro produto, decorre na verificação se o mesmo pode ser alcançado e, para poder apreciá-lo, a estimativa pode-se apoiar inclusive em tendências de custos.

- Investimento fixo

O investimento fixo requerido é normalmente, neste estágio, difícil de ser estimado. A determinação do máximo permissível, pode encontrar alguns parâmetros que permitam seu reconhecimento suficientemente correto como:

- Os investimentos fixos são exclusivos para o produto: sob estas circunstâncias, com o estudo de mercado e a estrutura do preço de venda¹, é possível colocar o mesmo como variável dentro do fluxo, para determinação da taxa interna de retorno (veja na fig. 26). Neste sentido, estabelecida a taxa de mínima atratividade (o custo do capital social), e estimativas com o capital de giro e

¹ O estudo de mercado normalmente considera o ciclo de vida do produto, evolução das vendas, etc. permitindo um conhecimento da evolução da depreciação bem como os períodos onde serão requeridos investimentos fixos.

despesas com o projeto de engenharia, é possível um conhecimento do investimento fixo máximo permissível.

- Os investimentos fixos encontram-se disponíveis na empresa: sob esta circunstância, Os investimentos normalmente não torna-se influenciáveis e são facilmente reconhecidos.

Neste sentido, diante da dificuldade da estimativa desta especificação, corroborada pelo pouco conhecimento das soluções do produto, este pode derivar no reconhecimento de tendências do mesmo, em detrimento da precisão.

2. SELEÇÃO DE VARIANTES DE CONCEPÇÃO

Como apresentado em 2.3, a combinação de princípios de ação para a solução da tarefa, determina a caracterização das possíveis soluções que devem contar com custos permissíveis.

Como indicado anteriormente, a partir dos requisitos do custo de produção e investimentos máximos permissíveis, procede-se no decorrer do processo a desenvolver dentro do especificado por estes, a partir dos quais, então, os custos e investimentos do produto que são influenciáveis são considerados. Naturalmente, no estágio inicial do desenvolvimento, poucos custos ou investimentos influenciáveis são suficientemente conhecidos, sendo vários os identificados apenas na sua tendência. Consequentemente, é no decorrer do desenvolvimento que serão identificados, seja por uma tendência intrínseca às especificações da tarefa ou decorrentes dos rumos da mesma.

O processo da metodologia indica que soluções e decisões são consideradas primeiramente do ponto de vista técnico

27

e depois econômico. Conseqüentemente, decorre na consideração dos custos e investimentos influenciáveis sob a sua significância na viabilidade do produto, os aspectos definidos como por exemplo: a depreciação na presença de processos corrosivos, o capital de giro requerido pelas soluções adotadas, o custo da mão de obra em relação ao custo fixo, os juros de financiamentos e sua implicância no custo do produto¹, etc.

3. CONFIGURAÇÃO NO PROJETO PRELIMINAR

A descrição realizada em 2.5.1, apresenta este passo com a escolha de materiais e determinação de processos de fabricação onde, conseqüentemente, há varios custos e investimentos a estimar, com vistas já a um detalhe completo dos custos do futuro produto.

Os custos e investimentos a estimar neste passo, não apresentam normalmente um reconhecimento difícil pois a representação da configuração e das restrições geométricas pode ser feita com auxílio de regras de desenho normatizadas, soluções para funções secundárias podem ser obtidas de catálogos, etc.

Neste sentido, estimativas de custo e investimentos do produto neste estágio, são caracterizadas pelo conhecimento de um nível de detalhe técnico já concretizado e, conseqüentemente, as estimativas ficam mais próximas de uma determinação quantificada. Na seleção de materiais por exemplo, o conhecimento dos dados dimensionais e de desempenho, permitem uma estimativa

¹ Alguns autores de custos, apropriam os juros de financiamentos de ativos nos custos indiretos de fabricação.

de custos bastante adequada, pois, os catálogos e listas de preços de fornecedores dos materiais em consideração, permitem quantificar adequadamente os mesmos, inclusive com determinação de possíveis sobras, etc. Da mesma forma, máquinas e outros equipamentos com o conhecimento da sua capacidade ou tamanho ideal, permitem um levantamento preciso de preços.

4. AVALIAÇÃO DO PROJETO PRELIMINAR

Pelas considerações apresentadas no ponto anterior, fica caracterizado que os custos e investimentos do produto que possam vir a ser estimados nesta fase, estão próximos a uma determinação quantificada. O alto nível de detalhe de processos, sistemas e atividades envolvidas nas etapas de fabricação, permitem um conhecimento dos custos do futuro produto por setores produtivos, por componentes, por etapas de fabricação, bem como de desempenhos técnicos (ex. custo/kilo do produto, custo/hora de um conjunto de máquinas, etc.), entre outros.

4.2.2. PROCEDIMENTOS PARA ESTIMATIVAS

No capítulo anterior foram apresentados os métodos para estimativa caracterizados na sua relevância para custos e investimentos representativos do produto, visto que os mais importantes concentram-se sobre este aspecto na viabilidade do produto. Além disso, o suficientemente correto conhecimento dos custos e investimentos, se faz mais importante nas fases onde esta não permite uma determinação quantificada, ou seja, generi-

camente, até a concepção.

Com estas considerações, a partir das características descritas dos métodos e da existência de dados históricos concomitantes citados, podemos considerar as restrições de uso dos métodos apresentados para os passos relevantes indicados anteriormente, como apresenta a quadro 11.

Tal generalização de uso é difícil de associar um risco sobre seus resultados e, como já considerado diversas vezes, é necessário ter um conhecimento sobre erro provável associada à estimativa. Neste sentido, a análise de significância e risco constitui um importante subsídio para o mesmo, pois permite um reconhecimento neste sentido, como apresentado a seguir.

1. SIGNIFICÂNCIA E RISCO SOBRE ESTIMATIVAS

O processo de análise de significância e risco é um procedimento de base estatística, cujos métodos procuram estabelecer parâmetros que permitam uma avaliação sobre a margem de erro provável associada à estimativa realizada. Os principais métodos são:

- MÉTODO DA DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADES COM SIMULAÇÃO MATEMÁTICA DO MÉTODO DE MONTE CARLO

Para uma apresentação mais adequada, será considerado o exemplo de uma estimativa de custos de produção de um produto, realizada destacando os elementos considerados relevantes, como mostra a coluna 2 do quadro 12. Na estimativa, os ele-

		SEQUÊNCIA DO PROJ.				
		fases iniciais de planej.	ordem de desenvolvimento	Desenvolvimento de produto		
				estudo da O. de D.	concepção	configuração
X = a princípio sem restrições						
* = com restrições						
Métodos com base regressiva		X	X	X	X	X
Métodos com base na eng. industrial		-	-	X	X	X
MÉTODOS DOS INDICADORES	Método dos Índices	X	-	-	-	-
	Método dos Expoentes	-	X	X	-	-
	Mét. do Fator de Capacidade	-	X	*	-	-
	Modelos Específicos	X	X	-	-	-
MÉTODOS DE JULGAMENTO E CONFERÊNCIA	Método da semelhança	X	X	X	X	X
	Método Delphi	-	X	X	*	-

Quadro 11 - Restrições de uso dos métodos e modelos no desenvolvimento

1	2	COMPONENTE 1			COMPONENTE 2			COMPONENTE 3			COMPONENTE 4			TOTAL		
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
ESTRUTURA DO	ESTIMADO	MIN.	EST.	MAX.	MIN.	EST.	MAX.	MIN.	EST.	MAX.	MIN.	EST.	MAX.	MIN.	EST.	MAX.
A MOD DEPARTAMENTO 1	6,00	-15%	1,45	+10%	-5%	1,25	+5%	-1%	2,85	+2%	-5%	0,45	+5%	-	6,00	-
B MOD DEPARTAMENTO 2	24,00	-15%	4,00	+10%	-5%	8,50	+10%	-5%	11,00	+8%	-5%	0,50	+5%	-	24,00	-
C MOD DEPARTAMENTO 3	18,00	-15%	4,40	+10%	-10%	7,00	+10%	-5%	5,50	+15%	-7%	1,10	+7%	-	18,00	-
D MOD DEPARTAMENTO 4	34,00	-	-	-	-8%	11,00	+12%	-15%	6,00	+15%	-10%	17,00	+15%	-	34,00	-
E TOTAL MÃO DE OBRA	82,00														82,00	
F Nº1	35,00													-15%	35,00	+15%
G Nº2	42,00													-8%	42,00	+8%
H TOTAL CUSTO MCO + MF	159,00														124,00	
I Depreciação	7,00													-8%	7,00	+8%
J Mão de obra indireta	20,00													-10%	20,00	+15%
K Outros Custos Indiretos	14,00													-10%	14,00	+10%
L TOTAL CUSTO DE PRODUÇÃO	200,00														200,00	

Quadro 12 - Elementos de custo para a análise de simulação com o método de MONTE CARLO.

mentos da MOD foram separados para um cálculo mais adequado e preciso (não consideramos os métodos usados na estimativa).

O método da distribuição de probabilidades com simulação matemática do método de Monte Carlo, baseia-se em que, para cada elemento de custo estimado, associa-se a seu valor determinado um máximo e um mínimo provável de acontecer.

A determinação dos máximos e mínimos depende exclusivamente da experiência da equipe, podendo obtê-la dos métodos usados ou pela realização de várias estimativas por diferentes métodos para cada elemento ou ainda outras formas. Para o exemplo em consideração, o quadro 12 apresenta os máximos e mínimos.

Sejam quais forem os procedimentos e as considerações levadas em conta, a equipe estimadora estabelece, para toda a estimativa, a distribuição de probabilidade que melhor se adequa ao problema.

As distribuições de probabilidades e suas propriedades, encontram-se fartamente descritas na literatura estatística básica. A distribuição mais citada neste tipo de estudos é a distribuição Beta.

Sobre o método de Monte Carlo, este é usado quando eventos ocorrem de uma forma aleatória e gera informações por simulação empregando números aleatórios. O método usa, irrestritamente, amostras aleatórias que selecionam itens de uma população (as estimativas de cada elemento), do modo que cada item dentro da população tenha igual probabilidade de ser selecionado e, dentro de uma simulação computacional, os resultados são desviados repetidamente para desenvolver estatisticamente ques-

1
tões relevantes .

Neste sentido, pela natureza do modelo, é evidente que quanto maior for o número de elementos pouco significativos estimados, minimiza-se os riscos de desvíos (também, não apenas para esta análise).

Neste sentido, para o exemplo considerado foi determinado conhecer a margem de erro provável associada ao resultado bem como a probabilidade de este exceder-se ².

A distribuição de probabilidades usada foi a distribuição triangular, como mostra a Fig. 27. No mesmo, o ponto E é o valor esperado e os pontos M e N são o mínimo e máximo estimados. No entanto, como o mínimo e máximo são determinados sobre bases reais de dados que constituem uma probabilidade coerente de acontecer, portanto, não é lógico considerá-los como valores extremos, isto é, que nunca serão ultrapassados.

Neste sentido, a distribuição triangular, considera o mínimo e máximo valor, os pontos X e Y, respectivamente, entre cujos limites a probabilidade de acontecer é de 100% (o valor entre X e Y é 1). A equipe então estima o limite de "con-

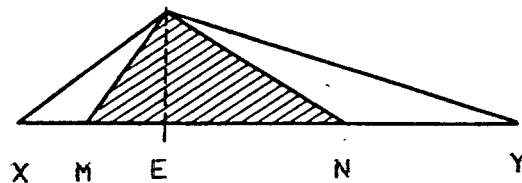


Fig. 27 - Distribuição triangular de probabilidades
(CHEMICAL ENGINEERING [4])

1 Para maiores detalhes veja RUBINSTEIN [24].

2 Ex. com base nos dados de um ex. de CHEMICAL ENGINEERING [4].

fiança" em M e N, conforme seus critérios, usando, por exemplo, o desvio-padrão. Se este for o critério, para o exemplo em consideração do quadro 12 teríamos um limite de confiança de 68%.

Com o método de Monte Carlo e através de um modelo matemático computacional, os resultados estão mostrados na Fig. 28. Conclue-se do mesmo que o erro provável de acontecer está entre + 12% e - 8%, a probabilidade do custo poder exceder-se é de 62% (ponto 1 da Fig.) e, para uma probabilidade do custo se exeder em 15% (ponto 2 da Fig.), o custo de produção aumentaria em 6% ou \$12.

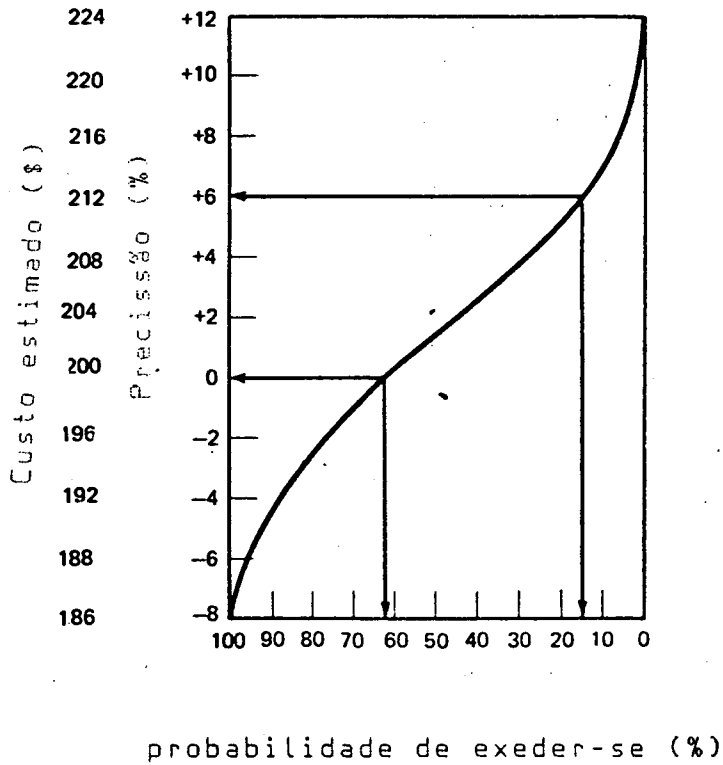


Fig. 28 - Simulação Matemática com o método de Monte Carlo para análise de significância e risco (CHEMICAL ENGINEERING [4]).

- MÉTODO DE DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADES

Devido à sofisticação do método anterior, a análise rápida de significância e risco pode ser feita usando-se somente distribuição de frequência. Porém, com resultados mais restritos.

- Modelo PERT baseado em distribuição Beta

As fórmulas do método são:

$$E (C_i) = \frac{M + 4E + N}{6}$$

$$VAR (C_i) = \frac{N - M}{6}^2$$

$E (C_i)$ = expectativa de custo para o elemento de custo i da estimativa ¹ (\$) .

$VAR (C_i)$ = variância de custo para o elemento i ¹ (\$).

M = estimativa de custo máxima (\$).

N = estimativa de custo mínima (\$).

E = estimativa de custo esperada (\$).

Mediante a somatória dos componentes, calculamos o custo esperado dos elementos e, posteriormente, toda a estrutura de custo solicitada, ou seja:

$$E (C_t) = \sum E (C_i)$$

¹ Como indicado anteriormente, quanto mais elementos de custo sejam estimados, minimiza-se os riscos.

$$\text{VAR} (C_t) = \sum \text{VAR} (C_i)$$

$E (C_t)$ = expectativa do custo total ou sub-total (\$).

$\text{VAR} (C_t)$ = expectativa da variância total ou sub-total (\$).

Considerando o exemplo do método anterior, elaborase um quadro similar ao quadro 12, com exceção de que o mínimo e máximo valor esperado são expressos em valor e não em percentagem. Após os cálculos de $E (C_i)$ para cada componente e elemento sem componentes, realiza-se o cálculo de $E(C_t)$ dos elementos com componentes e, a partir destes, toda a estrutura de custos vai sendo somada até chegar no custo total. Os resultados estão no quadro 13.

A restrição deste método está na interpretação precisa do problema, isto é, somente a expectativa do valor e sua variância não são elementos totalmente conclusivos para este aspecto.

- MÉTODO DA EXPECTATIVA DE VALOR

A característica deste método é que ele permite um tratamento diferenciado para cada estimativa feita para o custo procurado pois, nos métodos anteriores, todas as estimativas passam a integrar um só resultado.

No entanto, o tratamento por este método é muito subjetivo, uma vez que a associação de probabilidades às estimativas, normalmente não permite uma análise de significância consistente.

Considerando cada estimativa realizada do custo procurado, temos:

$$E(C_i) = \sum P_j X_{ij}$$

$E(C_i)$ = expectativa de custo para a estimativa i do custo procurado.

P_j = probabilidade de acerto do elemento j da estimativa i ($\sum P_j = 1$).

P		V	W	X
COMPOSIÇÃO DO CUSTO		ESTIMADO (\$)	VALOR ESPERADO E(C) (\$)	VARIANÇA ESPERADA VAR(C) (\$)
A	MOD Departamento A	6,00	5,99	0,005
B	MOD Departamento B	24,00	24,09	0,133
C	MOD Departamento C	18,00	18,08	0,122
D	MOD Departamento D	34,00	34,21	0,727
E	TOTAL MOD	82,00	82,37	0,986
F	MP 1	35,00	35,00	3,063
G	MP 2	42,00	42,00	1,254
H	TOTAL CUSTO MOD + MP	159,00	159,37	5,303
I	Depreciação	7,00	7,00	0,035
J	Mão de obra indireta	20,00	20,00	0,694
K	Outros custos indiretos	14,00	14,00	0,218
L	TOTAL CUSTO DE PRODUÇÃO	200,00	200,37	6,250

Quadro 13 - Resultados pelo modelo PERT baseado em Distribuição BETA (de SALVENDY [25]).

X_{ij} = elemento j da estimativa i.

Posteriormente, os resultados das alternativas são comparados e, se possível, com análise de distribuição de frequência.

Este método, num procedimento similar, pode ser aplicado aos elementos das estimativas feitas para o custo procurado.

2. PROCEDIMENTOS SISTÉMICOS PARA ESTIMATIVAS

Para uma tarefa organizada do controle dos custos e investimentos do produto e para resultados objetivos e consistentes, no decorrer do desenvolvimento, é preciso sistematizar os seguintes aspectos:

- a importância do custo ou investimento a estimar para o controle e avaliação que será realizado. Isto significa, os cuidados com a precisão e decorrente disto, até que nível de cálculo e detalhes serão necessários, o tempo dispensado e, eventualmente, seu custo;
- os elementos do custo ou investimento a estimar que são relevantes destacar para o controle e avaliação (elementos influenciáveis);
- os procedimentos documentais com as estimativas.

o Neste sentido, uma sistemática para estes aspectos compreende:

- determinação da significância do custo ou investimento a estimar;

- formulação da estimativa;
- procedimento de cálculo;
- formulação dos resultados.

- DETERMINAÇÃO DA SIGNIFICÂNCIA DO CUSTO OU INVESTIMENTO A ESTIMAR

Reconhecidos os custos influenciáveis e, também, os possíveis elementos do mesmo que sejam custos ou investimentos influenciáveis ou a destacar, a significância para estimá-lo decorre do contexto apresentado no item 2 de 2.4.1 (reconhecimento de custos e investimentos influenciáveis).

Como para o controle e avaliação que será feito, o único parâmetro para aferir a estimativa do custo constitui a precisão que pode-se alcançar nesse estágio, a importância da correta estimativa pode ser também estabelecida, na medida que os dados disponíveis o permitam, a partir da análise de sensibilidade sobre os fluxos de análise econômica, ou seja, para um erro de + 20% por exemplo, no custo ou investimento influenciável estimado, qual seu reflexo sobre a viabilidade do produto.

Deve-se considerar também, que os custos e investimentos no desenvolvimento de produtos, não são analisados exclusivamente do ponto de vista financeiro. Aspectos de estratégia empresarial sobre o produto, como por exemplo o desenvolvimento tecnológico alcançável, são parâmetros que também são considerados na significância.

Neste sentido e destas considerações, a equipe estimadora toma conhecimento da significância da estimativa, estabelecendo os seus critérios sobre os limites com o volume de

cálculos, tempo requerido bem como eventualmente seu custo. Como apresentado em significância e risco, quanto mais detalhada for a estimativa, os riscos de erro diminuem.

- FORMULAÇÃO DA ESTIMATIVA

Como já apresentado, o detalhamento dos elementos que devem ser ressaltados no custo a estimar é muito importante pois, normalmente, determina os métodos de estimativa que serão empregados.

- PROCEDIMENTO DE CÁLCULO

Como apresentado em 3.2.2, os métodos de estimativa são baseados em princípios de relação ou indicadores estabelecidos, entre o detalhe do produto e dados históricos com alguma relação a este.

A partir da significância da estimativa (precisão, importância, etc.), naturalmente decorrem os métodos ou princípios que podem ser adequados.

Uma evolução natural do processo de cálculo envolve uma sequência lógica de passos, como mostra a Fig. 29, onde acontece um processo de análise e síntese de informação que, conforme os resultados, implica no retorno ou avanço de passos, tantas vezes quanto necessário. Desta forma, a procura da estimação pode ser entendida como uma oscilação entre diferentes enfoques de observação, definidos pelos princípios de relação considerados apropriados para a estimativa e que, se necessário, podem ser alterados com o avanço dos resultados.

- FORMULAÇÃO DE RESULTADOS

Toda estimativa deve conter uma série de informações próprias à tarefa e para seu processo documental no projeto, principalmente na importância já destacada do aspecto da inflação.

Dada a diversidade dos custos e investimentos do

No PASSO	SEQUÊNCIA LÓGICA DE PASSOS	ASPECTOS NORMALMENTE ENVOLVIDOS
1	Exploração	- levantar hipóteses; - avaliar métodos e modelos; - procurar alternativas; - formular modelos (composição de métodos e modelos).
2	Verificação	- Testar hipóteses; - conferir modelos; - aferir modelos; - etc.
3	Estimação	- Cálculos
4	Controle	- Avaliar os cálculos; - Análise de significância e risco.
5	Predição	- Fixar resultados; - Adotar resultados.

Fig. 29 - Sequência lógica de passos no procedimento de cálculo de estimativas.

produto a estimar, evidentemente, existem padrões diferentes de formulários. De modo ilustrativo, a Fig. 30 mostra o cabeçalho e rodapé com as informações básicas a toda estimativa de custos para sua documentação.

Neste trabalho, a codificação que decorre no desenvolvimento para a posterior documentação dos componentes do produto, deve integrar a formulação de resultados no possível.

ORDEM DE TAREFA:	DATA:
CÓDIGO:	PREPARADO POR:
ESTIMATIVA DE:	REVISADO POR:
	UNIDADE MONETÁRIA:
ETAPA:	PRECISAO:
C O N F O R M E O D E T A L H E S O L I C I T A D O	
OBSERVAÇÕES:	INDICE DE INFLACAO:
	DATA DE VALID. ESTIM.:

Fig. 31 - Modelo genérico de formulário de estimativa realizada

4.3. CUSTOS A APURAR

Em 3.3 apresentou-se a sistemática para apuração de custos com o desenvolvimento e em 3.4, para a estimativa dos mesmos. A natureza dos custos a apurar fica evidenciada nos mesmos e pelo próprio sentido da tarefa, sendo importante destacar a forma de consideração dos mesmos no projeto e na viabilidade, relacionados com sua forma contábil.

Existem duas formas de se considerar os custos com o desenvolvimento, para efeitos de alocação:

- como ativo fixo;
- como despesa do período.

Aloca-se os custos com o desenvolvimento como ativo fixo, porque todo desenvolvimento de produto, traz benefícios durante a vida deste, portanto, deve ser diferido e depreciado conforme os critérios da contabilidade de custos.

Aloca-se custos com o desenvolvimento de produtos como despesas, mais para efeitos de simplicidade do trabalho da contabilidade. Também, sendo contabilizados os gastos com o desenvolvimento como despesa do período, diminui-se o Imposto de Renda a pagar.

Independente da consideração da contabilidade sobre o que é despesa e o que é ativo fixo, dos custos com o desenvolvimento. Para efeitos do desenvolvimento de produtos, o que interessa são os dados da contabilidade real de custos que têm por objetivo uma apuração dos custos o mais próxima da realidade, para um conhecimento preciso, por parte da empresa, sem a interferência dos regulamentos fiscais que nem sempre refletem a realidade, como por exemplo, a fixação de 10 anos para a depre-

ciação de máquinas em geral. Neste sentido, consideraremos os custos com o desenvolvimento como ativos fixos dentro da visão de trabalho com os custos mais próximos da realidade.

Durante o desenvolvimento, a contabilidade lançará à debito os gastos e consumos incorridos com estes custos, na respectiva conta de desenvolvimento, no ativo, como saldo ainda não distribuído.

Devemos considerar também que uma tarefa encaminhada para o desenvolvimento de produto, pode ser um ferramental específico ou em geral um ativo permanente onde, consequentemente, o tratamento contábil a rigor, implica na sua consideração como ativo fixo.

No caso de produtos e sendo os custos do desenvolvimento contabilizados como ativos fixos, os custos finais permanecem a débito na respectiva conta de desenvolvimento até que o produto entre em produção, passando posteriormente ao ativo permanente. Para ferramental, etc. permanecem à debito até sua implantação na fábrica.

Como todo ativo fixo é depreciado e, sendo que os referentes com desenvolvimento incidem diretamente sobre o produto, estes são então alocados no CIF dos produtos de forma direta (se o desenvolvimento foi um produto), ou indireta se for um ativo fixo.

- CRITÉRIOS DE DEPRECIACAO

Sendo ativos fixos, os custos com desenvolvimento passam a ser depreciados pelos critérios adotados pela Contabilidade Real de Custos.

Esta será, por taxa periódica, constante ou variável ou por um valor fixo sobre os produtos se os custos do ativo fixo são rateados por um determinado número de produtos que serão vendidos.

Na generalidade dos casos, as ferramentas são depreciadas por taxa periódica. Já com os custos com produtos, é mais comum e prático, depreciá-los por valor fixo sobre estes, em função de sua vida esperada, ou tempo desejado de retorno do investimento.

No quadro 14, é mostrada a alocação das duas variantes que podem surgir com o trabalho de desenvolvimento, bem como o tipo de depreciação normalmente adotado para estes, mostra-se também o caso de eventuais fracassos (desenvolvimento abandonado).

2. REFLEXOS DOS CUSTOS COM O DESENVOLVIMENTO

É importante salientar que os custos com o desenvolvimento devem ser controlados porém, não limitados nos seus gastos e consumos. Restrições de custo para a tarefa podem levar a comprometer a qualidade do desenvolvimento com o risco de derivar em prejuízos elevados. Defeitos em componentes na fase de comercialização, significam sérios transtornos para vendas e para o próprio desenvolvimento de produto que, às pressas, deverá dar uma solução.

Neste sentido, sua adequada consideração como investimento influenciável, no início do desenvolvimento, é fundamental.

4.4. ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO

A análise custo-benefício no desenvolvimento de produtos, pode ser entendida como conseguir a maior otimização em considerações técnico-econômicas do produto, desde os componentes inferiores até o produto como um todo, procurando desta forma minimizar os custos finais do produto.

TAREFA	CUSTOS CONSIDERADOS COMO ATIVO FIXO			CUSTOS CONSIDERADOS COMO DESPESA	
	CRITÉRIO DE ALOCAÇÃO	CRITÉRIO DE DEPRECIAÇÃO NORMALMENTE USADO	DATA DE INÍCIO	CRITÉRIO DE ALOCAÇÃO	DATA
Produto	CPV deste, no CIF, como custo de depreciação	- Valor fixo por produto. - Taxa periódica fixa ou variável.	Início de produção	Despesas gerais da produção (no CIF dos produtos vendidos pela empresa).	No encerramento contábil de cada período.
Máquina ou ferramenta	CPV que utilizá-lo (no CIF, como o custo de depreciação.	taxa periódica fixa ou variável.	Entrada em produção	IDEM	IDEM
Fracasso de desenvolvimento de produto, máquina ou ferramenta.	Despesas operacionais da empresa (DRE).	---	No encerramento contábil do período de abandono.	IDEM	IDEM

Quadro 14 - Considerações contábeis dos custos com o desenvolvimento de produtos.

Neste sentido, pode-se dividir o problema entre otimizar alternativas de solução e otimizar o desenvolvimento de alternativas. Para o primeiro caso, os princípios da teoria do valor constituem a principal ferramenta básica de análise. Para o segundo caso, métodos matemáticos são imprescindíveis para este trabalho.

Seguidamente, são citados os principais métodos para os dois aspectos referidos, complementando aos apresentados por PAHL & BEITZ.

1. Análise custo-benefício de alternativas de solução

A análise custo-benefício de alternativas de solução, pressupõe avaliar um aspecto com várias variantes já concebidas, procurando uma maior relação custo-benefício.

Para este fim, apresentamos detalhadamente o processo de avaliação de PAHL & BEITZ, descrito em 2.3, sétimo passo.

Conforme o passo 1 do quadro 2, identifica-se os objetivos e/ou critérios de avaliação. No passo 2, a ponderação dos pesos seria como indica a fig. 31. Na composição do mesmo, os critérios individuais parciais são colocados verticalmente em níveis decrescentes de complexidade e, horizontalmente, conforme os n diferentes campos de avaliação como técnico, econômico, ergonômico, etc. O passo 3, listagem das Grandezas, está indicado na fig. 32 ilustrado para um sistema de lubrificação de mancais. Após ser apreciada a grandeza das variáveis no passo 4, teríamos o valor global das soluções como indicado no quadro 15.

No passo 6 são comparadas as variantes de solução

onde, com os parâmetros e o valor estabelecido para os critérios de avaliação, é determinada para cada variante de solução (veja quadro 15), o valor da função critério, isto é:

$$F_j = \sum_{i=1}^n P_j \cdot V_{ij}$$

Sendo n o número de critérios parciais e j indica a j-ésima solução. Comparados estes valores, o maior valor representa a melhor solução.

Como é evidente que possíveis erros na valoração das variantes de solução possam ter acontecido, apresentamos a seguir as seguintes considerações complementares.

- Análise probabilística para variantes de solução

Determinando para cada critério de avaliação sua curva de valor, isto é, a relação entre seu parâmetro Kij (veja o

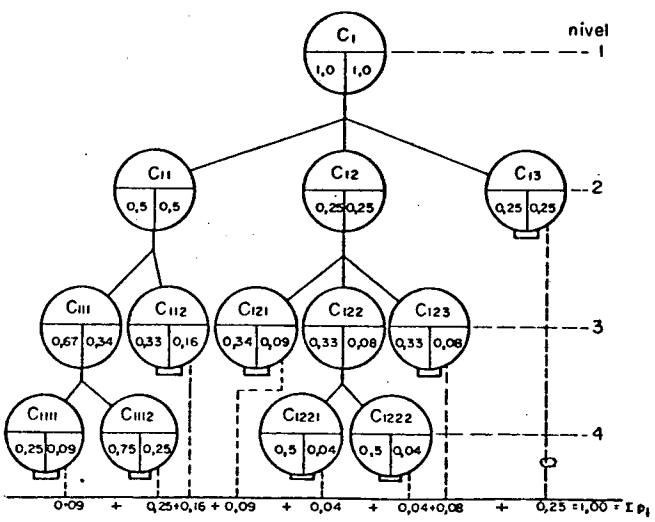


Fig. 31 - Determinação dos coeficientes de pesos dos critérios do sistema (de PAHL & BEITZ [19]).

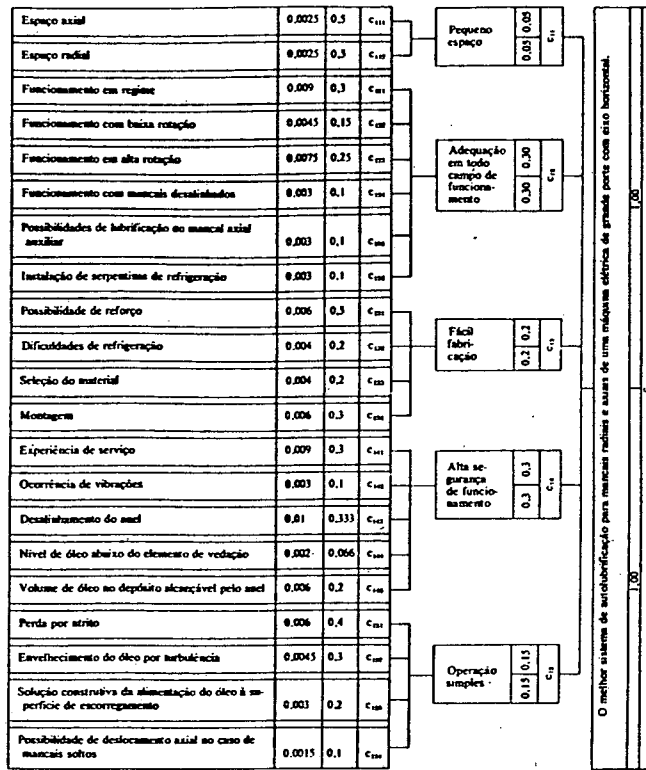


Fig. 32 - Sistema de critérios e coeficientes de peso para seleção de um sistema de lubrificação de mancais (de PAHL & BEITZ [19]).

N.º	Critério de avaliação		Parâmetros		Solução S ₁ (motor M ₁)			Solução S ₂ (motor M ₂)			Solução S _m (motor M _m)		
	Título C _i	p _i	Nome	k _{ij} unid.	Param. k _{1i}	Valor v _{1i}	p _{1i}	Param. k _{2i}	v _{2i}	p _{2i}	k _{1m}	v _{1m}	p _{1m}
1	Pequeno consumo de combustível	0,3	Consumo de combustível	$\frac{g}{kWh}$	240	3	0,90	300	2	0,60	k _{1m}	v _{1m}	p _{1m}
2	Baixo peso	0,15	Relação peso/potência	$\frac{kg}{kW}$	1,7	4	0,60	2,7	2	0,30	k _{2m}	v _{2m}	p _{2m}
3	Fácil fabricação	0,1	Facilidade de fundição das peças	—	Regular	i	0,10	Bom	2	0,20	—	—	—
4	Vida longa	0,2	Vida	km	80.000	2	0,4	150.000	3	0,60	—	—	—
n	—	p _n	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		$\sum p_{i=1}$	—	—	—	—	$\sum p_{1i}$	—	—	$\sum p_{2i}$	—	—	$\sum p_{1m}$

Quadro 15 - Tabela de critérios de avaliação (PAHL & BEITZ [19]).

quadro 15) e seu valor V_{ij} , com sua utilidade incorporada ($U_{ij} = P_i \cdot V_{ij}$), teríamos uma curva de valor como mostra a parte superior da fig. 33. Associando probabilidades às mesmas, pode-se construir curvas de distribuição de frequência para cada alternativa gerando, assim, as densidades de probabilidades para as curvas de valor dos critérios de avaliação, tal como mostra a Fig. 33 na parte inferior, para um dado critério.

Estabelecido o ponto do desenvolvimento ou especificação ($U_{ij} = P_i \cdot V_{ij}$) de cada alternativa j . Com o uso de expectativa de valor, o valor esperado do $E(U_{ij})$, para cada critério de avaliação i , é:

$$E(U_{ij}) = \int_r U(Y_i) \cdot F(Y_{ij}) \cdot dY_i$$

com

$U(Y_i)$ = função da curva de valor do critério de avaliação i .

Y_i = critério de avaliação i .

$F(Y_{ij})$ = função de densidade para o critério de avaliação i na alternativa j .

Considerando todos os critérios de avaliação i , para cada alternativa j de solução, tem-se:

$$E(F_j) = \sum_{i=1}^n \int_r U(Y_i) \cdot F(Y_{ij}) \cdot dY_i, \text{ ou}$$

$$E(F_j) = U_{1j} + U_{2j} + \dots + U_{nj}$$

Desta forma e sendo que as áreas sob as funções é

1 (são distribuições de funções), as integrais são avaliadas numericamente para obter a expectativa de valores.

- Modelo Delphi para otimização das alternativas de solução

O método Delphi, descrito na sua aplicação para estimativas de custo em 3.2.4., é largamente utilizado nesta análise para a otimização subjetiva das curvas de valor e curvas de probabilidade.

O procedimento para isto é o mesmo princípio apresentado em 3.2.4. (método Delphi associado a estimativas de custo).

2. Otimização do desenvolvimento da alternativa de solução

O desenvolvimento cria uma configuração gerada

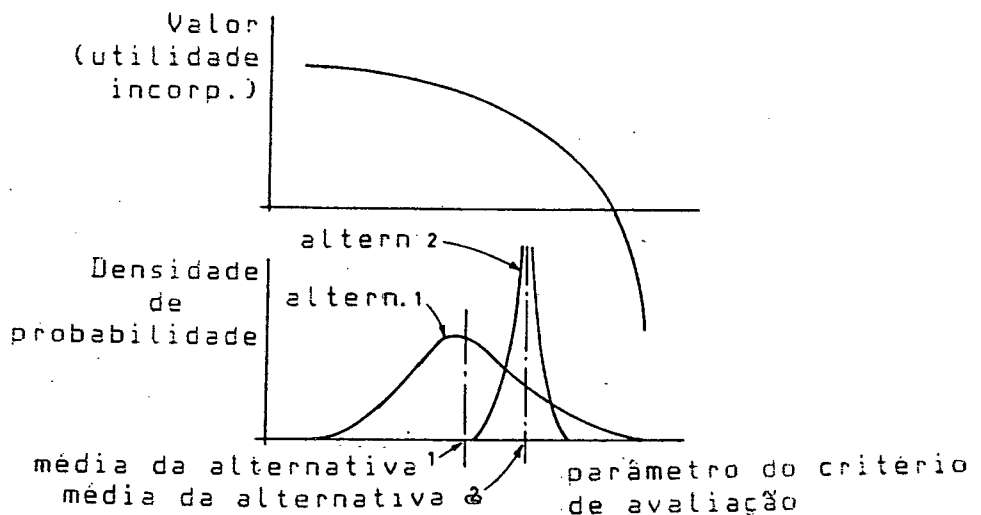


Fig. 33 - Curva de valor e função da densidade de probabilidades para um dado critério de avaliação com 2 alternativas (de SIDDALL [27]).

dentro de valores numéricos das variáveis independentes, geralmente não bem fixadas. Neste sentido, para obter a melhor especificação da configuração, o problema deve ser formulado, de modo geral, como uma otimização em função objetivo, que é montada definindo o valor total em termos de variáveis independentes (requisitos) com:

$$V(X_1, X_2, \dots, X_n) = \text{minimo}$$

Igualdades e desigualdades necessárias são desenvolvidas com possibilidade definida, com respeito a um possível modo de falha.

$$\mu_i(X_1, X_2, \dots, X_n) = 0 \quad i = 1, n$$

$$\theta_j(X_1, X_2, \dots, X_n) = 0 \quad j = 1, p$$

A resolução destes problemas passa necessariamente por técnicas numéricas, sendo os mais importantes citados a seguir.

- Método do cálculo diferencial

São amplamente conhecidas as teorias clássicas de cálculo diferencial para determinação analítica de pontos ótimos.

O método mais importante para otimização constitui o multiplicador de Lagrange, tendo a função objetivada:

$$V = V(X_1, X_2, \dots, X_n),$$

Sujeita às restrições funcionais:

$$\mu_j = \mu_j(X_1, X_2, \dots, X_n), \text{ e}$$

$$\theta = \theta (X_1, X_2, \dots, X_n).$$

Se estabelece a expressão de Lagrange:

$$\theta = V(X_1, X_2, \dots, X_n) + \theta_1 \cdot \mu(X_1, X_2, \dots, X_n) + \theta_2 \cdot \theta(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

com θ_1 e θ_2 , sendo os multiplicadores de Lagrange e, para estabelecer o ponto ótimo, as seguintes condições devem ser satisfeitas:

$$\frac{\delta \theta}{\delta x_1} = 0 ; \quad \frac{\delta \theta}{\delta x_2} = 0 ; \quad \dots ; \quad \frac{\delta \theta}{\delta x_n} = 0$$

- Outros métodos

Existem diversos métodos baseados principalmente na programação linear e programação não linear, bem como considerações de custo-volume-lucro, as quais encontram-se descritas na bibliografia corrente.

4.5. ASSOCIAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DOS ASPECTOS DE CUSTOS às FASES DA METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS DE PAHL & BEITZ

Como apresentado em 4.2, Custos e Investimentos a Estimar, foi caracterizado a relevância e sequência dos custos e investimentos influenciáveis ao novo produto, coerentemente ao nível de concretização do desenvolvimento, bem como o procedimento sistêmico para as estimativas a realizar.

Da mesma forma em 4.3, Custos a Apurar, foi

apresentado todo o procedimento com estes custos, caracterizando seu aspecto contábil e outras considerações. Sobre a análise custo-benefício, técnicas complementares foram apresentadas, para uma minimização dos custos finais do produto.

Este item abordará os procedimentos técnicos apresentados, associando a metodologia nos seus passos e procedimentos relevantes. Para fins ilustrativos, será feita uma aplicação simulada com base num desenvolvimento realizado de um tanque de combustível para caminhões. Neste sentido, ele será adequado à metodologia de PAHL & BEITZ, pois o procedimento metódico empregado foi diferente, ressaltando os aspectos fundamentais de custo. Pelas limitações dos dados disponíveis, muitos aspectos citados por PAHL & BEITZ e aqui considerados, serão somente mencionados.

A empresa, do ramo metalúrgico, atua no setor de auto-peças com produtos de aço estampado, ou seja, com uma especialização no tratamento de chapas finas de aço.

Como indicado no capítulo II, o processo de desenvolvimento de produtos inicia-se com a ordem de desenvolvimento encaminhada pelo planejamento de produto, decorrendo as seguintes etapas:

4.5.1. ESTUDO DA ORDEM DE DESENVOLVIMENTO

Como apresentado anteriormente, após encaminhada a ordem de desenvolvimento pelo planejamento de produto, inicia-se o processo descrito de clarificação da tarefa, até alcançar sua correta formulação e posterior elaboração da lista de requisitos para o prosseguimento da mesma. Neste passo, após a consideração dos diversos setores envolvidos, significa que a tarefa é consi-

derada técnica e economicamente viável.

Os aspectos de custo considerados nesta fase são:

- reconhecimento dos principais custos influenciáveis, como indicado em 4.2 e sintetizados nas Fig. 25 e 26, da estrutura do preço de venda do produto e fluxos de avaliação econômica;
- especificação dos requisitos fundamentais;
- o processo de clarificação pode envolver a estimativa de custos e investimentos não realizadas na fase de planejamento de produto. O procedimento e as técnicas decorreriam como apresentado em 4.2 ;
- como indicado para o caso do custo com o desenvolvimento, pode-se proceder à sua estimativa inicial, conforme os métodos apresentados em 3.4, e a sua apuração, como indicado em 3.3, com a abertura da ordem de tarefa.

Para o exemplo simulativo do tanque de combustível, apresentamos os resultados desta fase:

1. Lista de requisitos da tarefa, indicada na fig. 34;
2. Custos e investimentos influenciáveis do produto, apresentada na fig 35 com a estrutura do preço de venda de um dos modelos do produto e, na fig. 36, com os fluxos de análise de viabilidade econômica;
3. Ordem de tarefa para apurar custos com o desenvolvimento, como indicado na fig. 37.

1. Lista de requisitos

A presente lista de requisitos foi elaborada a partir dos seus documentos similares no projeto.

METALÚRGICA		ESPECIFICAÇÃO PARA: TANQUE DE COMBUSTÍVEL	FORMULAÇÃO Nº: DATA: PAGINA: 01/02
AMBIOS	O/D	REQUISITOS	RESP.
		<p>1. TIPO, CONEXÕES, DIMENSÕES</p> <p>Modelos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2 (210 L e 300 L) <p>Volume:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 210 L e 300 L - não conta o volume do bocal - $\pm 1\%$ de variação <p>Escaas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 210 L: circular ; 300 L: retangular - comprimento tanques < 1500 mm - altura livre dentro do tanque = 410mm - variação de $\pm 1\%$ <p>Material:</p> <ul style="list-style-type: none"> - aço <p>Conexões ao motor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2 saídas aliment. de comb. - 1 saída medidor de comb. - saídas com M16 x 1,5 (3x) - posição pre-determinada com relação a longitudinalina <p>Conexões ao chassis:</p> <ul style="list-style-type: none"> - por fita de aço flexível (2x) - fixação pre-determinada no chassis <p>Conexões de alimentação:</p> <ul style="list-style-type: none"> - bocal circular, conforme norma para tampa de fechamento - $D = 101,6$ mm - variação de $\pm 1\%$ <p>Condições de limpeza:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tampa de limpeza removível no fundo - Tampa tipo "comercial" <p>2. CONTEÚDO, TEMPERATURA</p> <p>Líquido: Faixa Operação: Condições de Armazen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diesel - 5°C a + 45°C - 20°C a + 60°C 	
FORMULAÇÃO: ___/___/___			

METALÚRGICA		ESPECIFICAÇÃO PARA: TANQUE DE COMBUSTÍVEL	FORMULAÇÃO Nº: DATA: PAGINA: 02/02
AMBIOS	O/D	REQUISITOS	RESP.
		<p>3. ENERGIA, SINAL</p> <ul style="list-style-type: none"> - quebra-ondas no tanque para minimizar movimentos - estanquidade: 100% - rigidez elevada - logotipo firma estampado em lugar visível - prazo de desenvolvimento (90 dias <p>4. TESTES ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> - teste de estanquidade no produto - teste de qualidade material conforme NB-2 <p>5. DURABILIDADE</p> <ul style="list-style-type: none"> - 6 anos sem corrosão - 2 anos sem vazamento <p>6. PRODUÇÃO</p> <ul style="list-style-type: none"> - área disponível exclusiva para a linha: 2000 m2 - todo uso de equipamentos existentes sem comprometer a produção atual - não alterar lay-out atual <p>7. QUALIDADE</p> <ul style="list-style-type: none"> - resistência ao impacto puntual: 500 Kg - acabamento externo sem ondulações na chapa - embalagem de resistência ao manuseio - propriedades físico-químicas do material: considerar da Cosipa - variações dimensionais de componentes $\pm 0,1\%$ <p>8. QUANTIDADE</p> <ul style="list-style-type: none"> - 210 L (200 a 250); 300 L (300 a 350) /mês <p>9. CUSTO</p> <ul style="list-style-type: none"> - Custo de produção: 210 L < \$ 3700 300 L < \$ 4800 	
FORMULAÇÃO: ___/___/___			

Fig. 34 - Lista de requisitos para o tanque de combustível

CÁLCULO DE CUSTO

Descrição **Tanque Redondo - 210 L.**

NS

Matéria Prima					Material Embalagem				
Descrim.	unid	vl. unit	quant.	total	descrim.	unid	vl. uni	quant	total
Chape	Kg	106,00	27,93	2932,64					
Tube	Kg	145,36	0,68	98,84					
F. Chato	Kg	96,84	0,70	67,80					
F. Trefil	Kg								
Solda	anel	8,48	2,00	16,96					
Soma Matéria Prima (a)				3116,24	Soma Embalagem (b) ≈ 100				

Resumo Custo		Custo Fabricação			
01 - Material (a+b)	3116,24	set	unit	quant	total
02 - Benef. Efet. 2%	-	16	0,268	91	24,39
03 - Custo Fabric.	336,94	15	0,048	52	2,49
04 - Desp. Adm. 90,11 %	302,79	17	0,046	32	0,19
05 - Custo Ind. (1 a 4)	375,77	22	0,140	42	2,38
06 - Desp. Venda 11,15 %		18			
07 - Desp. Trib. 12,94 %		21	0,356	320	113,92
08 - Desp. Financ. 9,19 %		10	0,180	469	84,42
09 - Fin Social 0,5 %		20	0,228	455	103,78
10 - Pis 0,75%		23			
11 -		14			
12 -					
13 - Custo Operacional					
14 - Lucro 25,00 %					
15 - PREÇO VENDA 31,81 %	9.419,28	Soma (c)		336,44	

Reajustes

em ___/___/___ Czf _____

em ___/___/___ Czf _____

OBS: preço A.V. CIF-SP

Calculado em ___/___/___ - por _____

Fig. 35 - Estrutura de composição do preço de venda do modelo de 210 L. do tanque de combustível.

DISCRIMINAÇÃO	PERÍODOS					
	0	1	2	3	4	5
A DEMONSTRATIVO DE LUCROS E PERDAS DO PRODUTO						
(\$ x 1000,00)						
Receita bruta de vendas		67800	77900	97400	97400	97400
impostos (-)		89800	100000	100000	100000	100000
Receita líquida (=)		77000	67900	87400	87400	87400
custo dos produtos vendidos (-)		117000	100000	100000	100000	100000
Lucro bruto (=)		70000	67900	87400	87400	87400
despesas comerciais (-)		70000	70000	70000	70000	70000
despesas administrativas (-)		70000	70000	70000	70000	70000
despesas financeiras (-)		70000	70000	70000	70000	70000
Lucro antes do IR (=)		10000	70000	87400	87400	87400
Imposto de Renda (IR) (-)		50000	70000	70000	70000	70000
lucro depois do IR (=)		11020	12660	15829	15829	15829
dividendos (-)						
saldo (=)		11020	12660	15829	15829	15829
B FLUXO DE CAIXA PARA O PRODUTO						
(\$ x 1000,00)						
1. USOS (-)	21150	12542	13417	8267	8117	
- ativo permanente	11000					
- máquinas	3000					
- ferramentas	2000					
- outros equipamentos	2000					
- instalações	7000					
- capital de giro	5500	6492	8117	8117	8117	
- despesas com o projeto	500					
- juros sob financiamentos		1050	300	150		
- amortização financiamentos		5000	5000			
2 FONTES (+)	21150	12542	13417	15819	23371	31073
- capital próprio	11150	15222	757			
- reservas de capital	11150	15222	757			
- saldo em caixa					7552	15254
- capital de terceiros	10000					
- linhas de crédito bancár.	10000					
- ações preferenciais						
- saldo do ano	(±)	11020	12660	15819	15819	15819
FLUXO DO CAIXA (1-2)		0	0	7552	15254	31073

Fig. 36 - Fluxos de análise de viabilidade econômica do tanque de combustível.

2. Custos e investimentos influenciáveis

Como indicado em 4.2, Custos e Investimentos a Estimar, primeiramente deve-se definir os requisitos fundamentais para a tarefa.

Para este fim, o custo de produção do produto foi determinado primeiramente da estrutura de composição de preços (fig. 35), que acusa um custo de produção (05), de \$ 3.755,47. Para a determinação destes custos, foram empregados métodos de julgamento e conferência, a MP foi determinada pelo conhecimento dos produtos similares no mercado, isto é, mediante relações de peso, dimensões, tipo de material, etc, foi possível quantificar o mesmo, como mostra a fig. 38 para o cálculo de MP de capa.

Cabe destacar neste ponto que os valores monetários estão na unidade monetária corrente. No projeto, todos os valores foram indexados ao índice oficial de inflação.

Para o cálculo da MOD, novamente pelo reconhecimento de produtos similares foi estabelecida esta, cujo rigor porém não torna-se significativo, uma vez que representa em torno de 5%, como pode-se observar na fig. 35 da estrutura do preço de venda.

Desta forma estimou-se o preço de venda em \$ 9.419,28, atendendo ao considerado no estudo de mercado e permitindo fixar para o desenvolvimento os custos de produção máximos permissíveis, indicados na lista de requisitos da fig. 34. A precisão foi considerada satisfatória pelo nível que foi possível conhecer pela semelhança com os produtos no mercado.

Sobre o investimento fixo, como indica a própria ordem de tarefa, muitas máquinas da indústria serem aproveitadas, restando somente o ferramental específico que, no entanto, é

LEVANTAMENTO DE MATERIA PRIMA
 PEÇA Nº TAUQUE REDONDO - 210 Lts.

<u>CAPA</u>		Louçã 2 1500
<u>MATERIAL</u>		COMP 2 1300
CH - SAE 1010		Sobran (B2) - 2 1400
diâmetro - 16		ÁREA = 2,10 m ²
tipo - EP		
Y - 12,969 Kg/m ²		PREÇO - 2123 Kc
OBS - Galvanizada		
		MP CAPA = Cód 1 656,74
<u>PREÇO</u>		
CH 1500 x 2500 - Cód 51,17/Kg.		
OBS - min 25 100 = 1.300 CAPAS		

SETOR-16 ESTAMPARIA				SETOR-15 CORTE DE CHAPAS			
Pré-quec. V.W. cada curva	4	x		Capas	10	x	20
Capas repuxadas (B9+179-651AB)	10	x		Chapas e miolo			
Presilhas	9	x	3 21	esportivo	8	x	
Flanges	8	x	1 8	Tiras (tampa 4 tiras/			
Tampas (miolo-funil refor. Gr.)	7	x	4 28	Presilha 2 tiras	4	x	32
miolo prensa Grande							✓/52
Reforço pequeno	4	x					
Bolote nº 04	8	x		SETOR-17 CORTE DE CAMIS			
Bolote pequena	6	x		Cortar/Rebarber 85mm e 1/2	9	x	2
Chapô de miolo	3	x		" " 2 1/4 e 3"	8	x	
Aressar cano p/ chapô ST1000	3	x		" " 1 3/4 e 2"	6	x	
Conectar	3	x		" " 1/2 e 1 5/8	5	x	
Outros	3	x	10 30	Calibrar (aleno, Reduzir, Focar)	10	x	1
Recortar V.W.	7	x		Rasps e viralas			2x
			3				28

Fig. 38 - estimativa do custo da MP da capa para o modelo de 210 L.

pouco definível neste estágio pelo desconhecimento de muitos componentes e, conseqüentemente, das matrizes, principal ferramenta para este tipo de produto.

Porém, para apreciar o máximo permissível dos investimentos, cálculos rápidos e simplificados neste estágio permitem sua determinação, como ilustram os fluxos da fig. 36, pelo processo já indicado de colocar os investimentos como variáveis em relação à taxa de mínima atratividade. Considerando que o produto será implantado com recursos próprios, TMA de 15%, Valor residual das máquinas de \$ 8.950,00 e depreciação fiscal, o investimento máximo permissível apresenta \$42.600.00, isto é, em torno de 1,8 vezes mais que o estimado na fig. 36. Tal fato decorre do baixo nível do investimento, em função às disponibilidades de máquinas, como indica a lista de requisitos na fig. 34.

3. Ordem de tarefa

Os custos com o desenvolvimento foram considerados despesas do período e, conseqüentemente, não existe um registro específico como normalmente aconteceria se este fosse considerado um ativo fixo. Nesse sentido, o formulário da fig. 37 ilustra aquele usado quando os dispêndios são capitalizados.

4.5.2. CONCEPÇÃO

O processo nesta etapa envolve os passos já apresentados na fig.3 e descritos nas suas considerações em 2.4.

Também, como apresentado em 4.2 e 4.4, este envol-

ve os importantes passos de:

- seleção de variantes de solução;
- avaliação de variantes de solução.

Conforme os passos descritos na metodologia para esta fase, apresentamos na fig. 39 a estrutura de funções e o processo de derivação da mesma, decorrente da análise de sistemas existentes dos produtos da empresa, bem como das soluções encontradas no mercado nesta linha de produtos. A fig. 40 apresenta para algumas das principais sub-funções com as possíveis soluções.

Como indicado em 2.4, Quarto Passo, realizada a combinação de princípios obtém-se as possíveis variantes de solução. Para a seleção de variantes, PAHL & BEITZ [19], apresenta a tabela indicada na fig. 41. Este passo não teve o mesmo tipo de consideração indicado por PAHL & BEITZ, não entanto a consideração é similar pois, como indica a fig. 41 no item D, a mesma tem que ser com custos e investimentos permissíveis.

Na referida consideração, como passo fundamental que constitui o mesmo, todos os custos influenciáveis foram considerados. A MP, embora seja um custo muito influenciável, como mostra a composição do custo de produção, pouco pode-se fazer para influenciá-la pelas restrições impostas em termos geométricos.

Os aspectos influenciáveis recaem, portanto, no investimento fixo. Na Fig. 40 por ex., as possíveis soluções para costurar tampas (sub-função 2.2), as opções basicamente estão entre solda e encravado. Como a aparência constitui um requisito importante, o encravado foi considerado embora o investimento

ELEMENTOS DO SISTEMA	TAREFA DOS ELEMENTOS DO SISTEMA	SUB-FUNÇÕES	Nº
	Ligar componentes	Forma que permita armazenar	1
	Evitar vazamentos	Armazenar sem perdas	2
	Quebra-onda	Evitar movimentos bruscos do fluido	3
	Resistência à corrosão	Permitir eliminação de impurezas do combustível	4
	Permitir limpeza e esvaziamento	Permitir a entrada do combustível	5
	Entrada do combustível	Permitir a fixação do medidor e das saídas do combustível	6
	Permitir sair e medir o combustível	Permitir a fixação à longarina do caminhão	7
Adequar-se ao espaço disponível e posição predeter.			

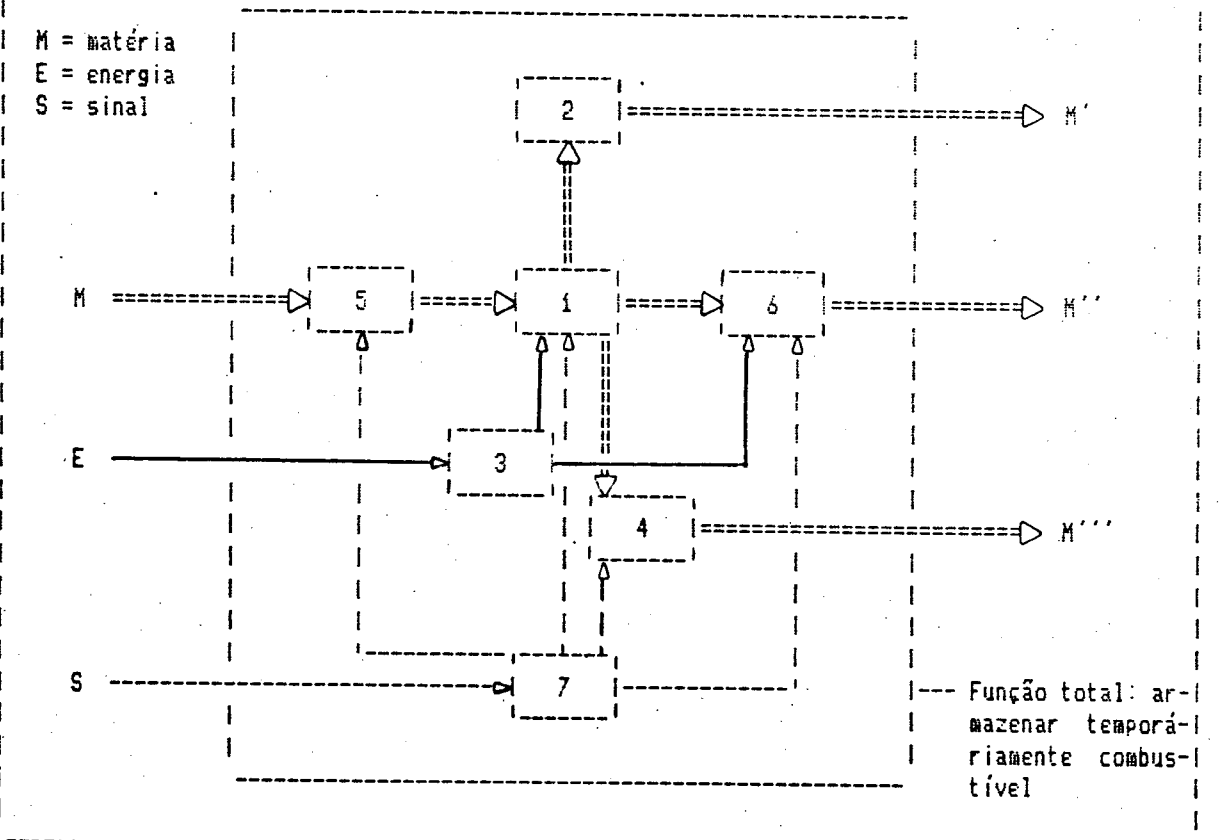


Fig. 39 - Estrutura de funções para a simulação do tanque de combustível

SUB-FUNÇÕES			SOLUÇÃO				
			1	2	3	4	5
1	Forma que permita armazenar	1.1 210 L					
		1.2 300 L					
	2	Armazenar sem perdas	2.1 costura capa	solda de costura contínua	solda de arco submerso	encravado	encravado com material vedante
			2.2 costura tampas	solda de costura contínua	solda de arco submerso	encravado	encravado com material vedante
3	Evitar movimentos do fluido	2.3 costura bocal	solda de arco submerso	conectado bocal	conectado com material vedante		
		2.4 material	aço	aço galvanizado	aço zincado	protetor químico (tipo pintura)	
4	Permitir eliminação de impurezas do combustível	3	tampas internas	Tampas Internas			
		4	tampa com rosca tipo parafuso	tampa tipo 'radiador'	tampa com rosca com material vedante		

Fig. 40 - Principais sub-funções e suas possíveis soluções

		TABELA DE SELEÇÃO							PAGINA:
		Para: TANQUE DE COMBUSTÍVEL							
Entrada de variantes de solução (SV)	Variantes de Solução (SV) avaliadas por CRITÉRIO DE SELEÇÃO							DECISÃO	
	(+) Sim (-) Não (?) Falta de informação (!) Verificar a informação							NOTA DE VARIANTES DE SOLUÇÃO (SV) (+) seguir solução (-) eliminar solução (?) coletar informação (reavaliar solução)	
		Compatível com a tarefa total Cumpre demandas da especificação Realizável em princípio Com custos e investimentos permissíveis Incorpora diretamente medidas de seg. Preferido pelo design da empresa Informação adequada							Decisões
		A	B	C	D	E	F	G	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									

DATA: _____ INICIAIS: _____

Fig. 41 - Tabela de seleção de variantes de solução na concepção do tanque de combustível.

requerido era significativamente maior.

Para esta estimativa, foi preciso elaborar o esboço da máquina necessária, como mostra a fig. 42, cujo investimento elevado exigiu um maior detalhamento do sistema hidráulico, isto é, dada sua significância como investimento influenciável. Como já indicado, na definição detalhada de soluções técnicas, a estimativa fica mais próxima da determinação quantificada e, nesse sentido, este pode ser obtido diretamente dos fornecedores, como mostra o detalhe ainda maior do sistema hidráulico, na fig. 43, proposto por um fornecedor.

4.5.3. PROJETO PRELIMINAR

Nesta fase, como indicado, a avaliação econômica após a configuração é detalhada pois componentes são definidos bem como o fluxo de produção, permitindo que a estimativa do custo de produção do produto, esteja mais próxima de quantificação.

Configurados os componentes, é possível estimar com suficiente precisão os investimentos como das matrizes. A fig 44 ilustra o mesmo para a matriz da tampa interna do tanque do modelo de 210 L.

Com o fluxo de produção praticamente definido, como mostra a fig. 45 para o modelo de 300 L, o conhecimento das máquinas do processo produtivo deste juntamente com os investimentos, levam a estimativa final e definitiva como apresenta a fig. 46. Comparada com a estimativa inicial, a estimativa final e definitiva não apresenta variações significativas embora seus

MAQUINA FRISADORA E ENCREVADORA HORIZONTAL

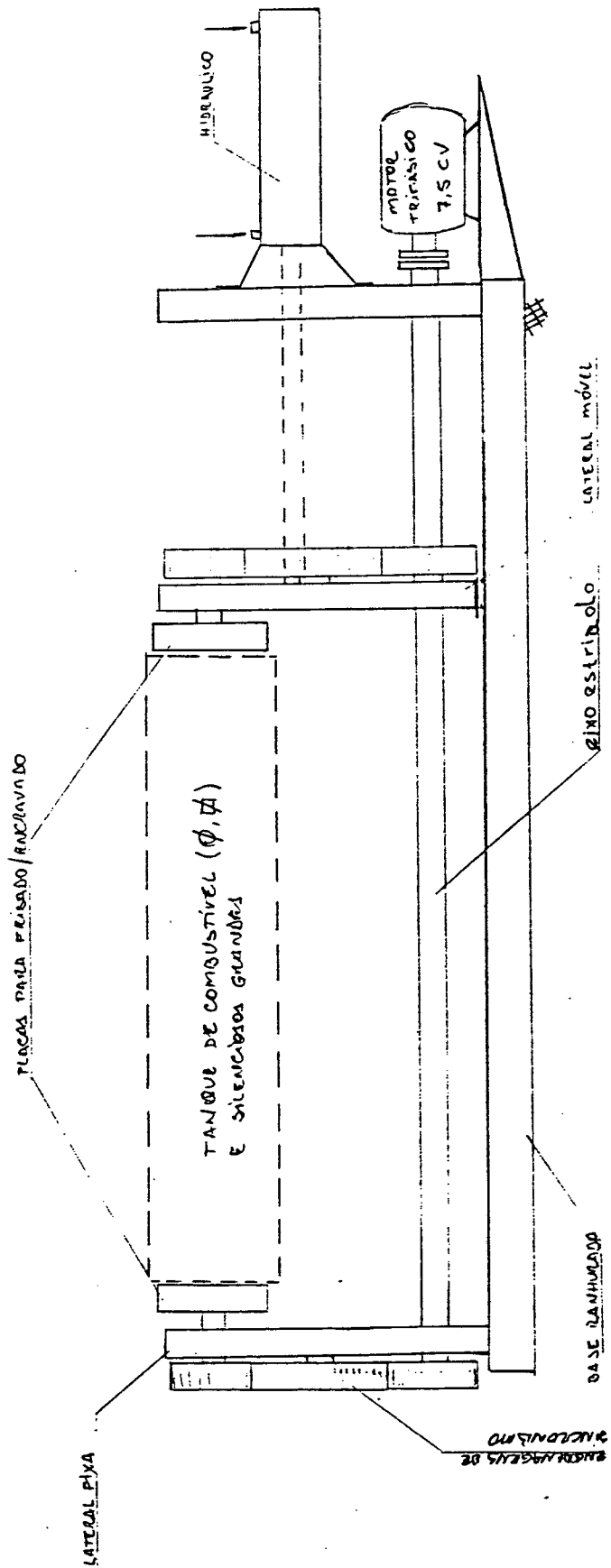


Fig. 42 - Esboço do projeto da máquina frisadora e encrevadora horizontal para o tanque de combustível.

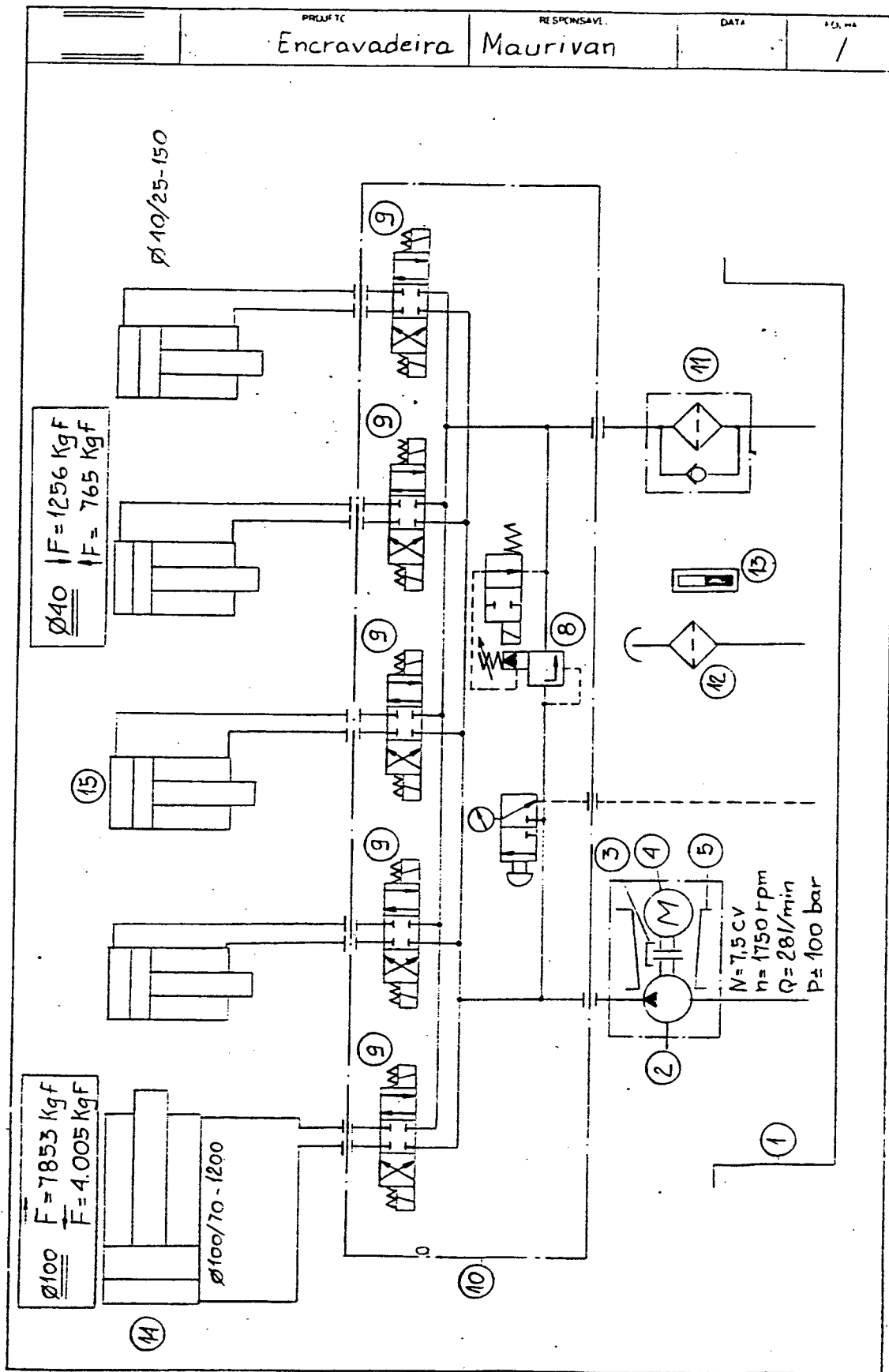


Fig. 43 - Projeto do sistema hidráulico

Fluxo de produção de 300 Lt

Nº da Operação	Descrição da Operação	Máquina requerida	
1	Corte da chapa 16/308 1010 em tiras de largura 270 mm	Guilhotina	E-III
2	Rebate em cantos Fe = 30 ton	Pressa	E-0105 / E-0108 E-0107 / E-0109
3	RePURE	Pressa	E-0105 / E-0108 E-0107 / E-0109
4	Corte do tubo Ø" 114 x 12,75 em C/ comprimento = 55 mm	seco 7/ tubo	E-1205 / E-1209 C-1203
5	Rebate do tubo	Rebocadora	C-1502 / C-1507 C-1506
6	Solda externa encaste/tubo	solda rolado	L 3412
7	Galvanização	tancares	
8	Corte de chapa 16/308 1010 em tiras de largura de 43 mm	Guilhotina	E-III
9	Rebate em cantos Fe = 30 ton	Pressa	E-0105 / E-0108
10	RePURE	Pressa	E-0105 / E-0108 E-0107 / E-0109
11	Rosqueado de 2 furos M10x1,5	torxo	A-5104
12	Galvanização	tancares	
13	Corte de chapa 16/308 1010 Fe 7 tiras de 22 mm	Guilhotina	E-III
14	Rebate em cantos Fe = 30 ton	Pressa	E-0105 / E-0108 E-0107
15	Rosqueado de 2 furos M5x0,8	torxo	A-5104
16	Galvanização	tancares	
17	Corte de chapa 16/308 1010 Fe 7 tiras de largura de 59 mm	Guilhotina	E-III
18	Rebate em cantos Fe = 22 ton	Pressa	E-0105 / E-0108 E-0116
19	RePURE	Pressa	E-0105 / E-0108 E-0116
20	Rosqueado de 1 furo M5x1,5	torxo	A-5104
21	Galvanização	tancares	
22	Corte de chapa 16/308 1010 TAM. 708 x 455 mm C/ 0,61		
23	Rebate externo e rebusa interna		
24	rebute interno e rebusa externa		
25	Corte de chapa 16/308 1010 TAM. 708 x 455 (subseq.) C/ 0,61		
26	rebute e rebusa		
27	Corte de chapa 16/308 1010 TAM. 3326 x 2304		
28	rebute e rebusa tubo de 1/2" e rebute de Mangueira e anel do óleo		
29	rebute e rebusa flange externa óleo		
30	Suavise foga abris/dobras		
31	Pontasa caso (suavise)		
32	Cantone		
33	foga empia		
34	Montagem e torxo sistema		
35	Postando nivel do óleo		
36			

Fig. 45 - Fluxo de produção para o modelo de 300 L. no projeto preliminar.

CÁLCULO DE CUSTO

Descrição **TANQUE REDONDO - 210 Lt** Nº

Matéria Prima					Material Embalagem				
Descrim.	unid	vl.unit	quant.	total	descrim.	unid	vl.uni	quant	total
Chapa	Kg	53,00	0,89	47,17	Tampa plástica				
Tubo	Kg	85,33	0,68	58,03	Capa	u			
F. Chato	Kg	19,58	0,25	12,40	Vedação				
F. Trefil	Kg								
Solda	anel	8,19	2	16,38					
Chapa - cal	Lt	77,05	34,45	2654,37					
Soma Matéria Prima (a)				2.784,36	Soma Embalagem (b) ≈ 100,00				
Resumo Custo					Custo Fabricação				
01 - Material (a+b)				2.884,36	set	unit	quant	total	
02 - Benef. Efet. 3%				212,10	16	0,291	≈ 115	33,46	
03 - Custo Fabric.				321,88	15	0,018	≈ 66	3,12	
04 - Desp. Adm. 92,39%				297,22	17	0,046	≈ 46	2,12	
05 - Custo Indl (1 a 4)				3.715,56	22				
06 - Desp. Venda 11,11%					18				
07 - Desp. Trib. 12,88%					21	0,352	≈ 287	103,02	
08 - Desp. Financ. 7,12%					19	0,224	≈ 391	89,75	
09 - Fim Social 0,5%					20	0,203	≈ 465	92,36	
10 - Pis 0,75%					23				
11 - Transporte ≈ 25%					14				
12 -									
13 - Custo Operacional									
14 - Lucro 20,00%				2.351,03					
15 - PREÇO VENDA 39,51%				9.404,10	Soma (c)		≈ 321,11		

Reajustes

em ___/___/___ Cz\$ _____
 em ___/___/___ Cz\$ _____

OBS: - 02 - ZINGGEN EVARONA (1,82 kg) - 111,54/kg)
 - Preço A.V. - CIF-SP.

Calculado em ___/___/___ - por _____

Fig. 46 - Estrutura do preço de venda na fase de projeto preliminar.

elementos, como MP e MOU, as apresenta.

4.5.4. PROJETO DETALHADO

Nesta fase, os custos do produto ja foram substancialmente determinados, constituindo a fase documental do mesmo, a fig. 47 ilustra um dos componentes, cujo investimento de ferramental foi indicado na fig. 44.

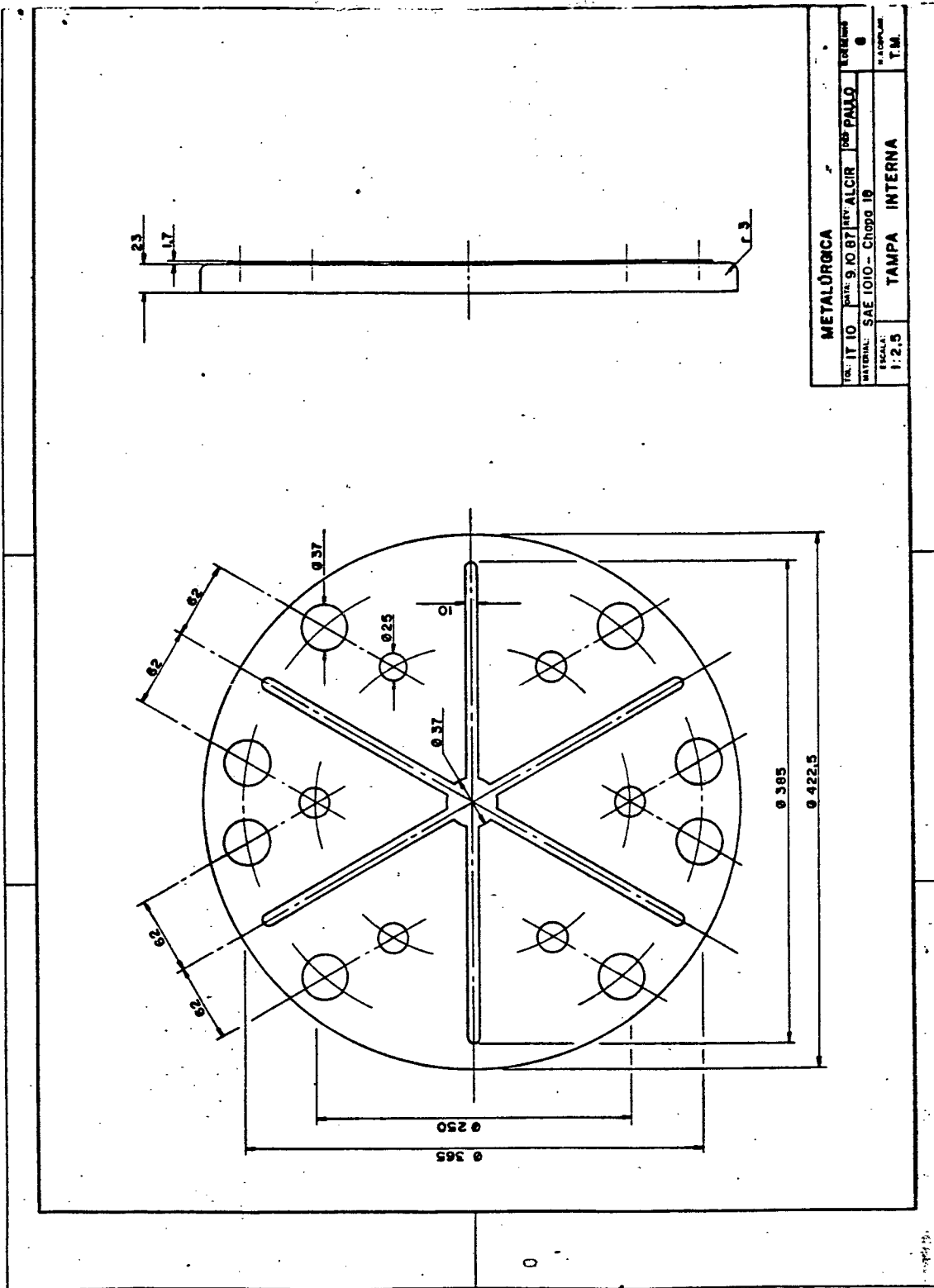


Fig. 47 - Detalhe de um componente do tanque de combustível na conclusão do projeto detalhado.

CAPITULO V

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. CONCLUSÕES

As considerações feitas sobre os aspectos de custos no processo de desenvolvimento de produtos, abordaram as três principais atividades relacionados com esta, sendo eles as estimativas de custos e investimentos a serem realizadas, os custos com o desenvolvimento e a análise custo-benefício. Foi caracterizado, também, a identificação da viabilidade do produto e a sua consideração para se dar a respectiva relevância e importância a estes aspectos, dado que no decorrer do processo de desenvolvimento de produtos constituem um fator a considerar e, portanto, de diferentes relevâncias e importâncias, conforme o produto e o contexto (mercado, possibilidades tecnológicas, etc.), a ele associado.

As considerações desenvolvidas, tendo como suporte metodológico a metodologia de PAHL & BEITZ, permitem indicar o já conhecido potencial dos controles de custos vistos de um enfoque gerencial, desde que apropriadamente organizados. Sobre os custos com o desenvolvimento, podemos indicar que seu controle e avaliação pode ser considerado como sem obstáculos em quaisquer produtos a serem desenvolvidos. Este, porém, não é o caso do aspecto das estimativas de custo e investimentos, cuja realização

na prática, pode apresentar muitas dificuldades, inerentes à própria atividade e limitada nos seus resultados.

Isto decorre de que trabalha-se com um produto em desenvolvimento sobre o qual não existem dados históricos. Consequentemente, deve-se apelar a outras fontes, pelos métodos descritos, cujos resultados no seu aspecto mais importante, a precisão, depende muito da experiência da equipe sobre estimações, pois mesmo a análise de significância e risco, um instrumento poderoso para uma checagem dos resultados obtidos, pode apresentar desvios se os critérios e princípios iniciais adotados nas estimativas estiverem errados.

A dificuldade aumenta, visto que importantes métodos e modelos apresentados têm como base dados da indústria americana, cuja realidade difere da brasileira. Dados nacionais quase inexistem, o que leva a este aspecto a ser um dos mais críticos no processo de desenvolvimento de produtos, não obstante a sua enorme relevância, de oferecer ao desenvolvimento estimativas suficientemente corretas e oportunas de custos e investimentos, para serem apreciados.

Os procedimentos, métodos e técnicas de custos com o desenvolvimento e as estimativas de custos e investimentos do produto descritos neste trabalho, permitem ser apresentados como de uso geral a toda metodologia de desenvolvimento de produtos, embora tenhamos usado como suporte a metodologia de PAHL & BEITZ, que apresenta as suas características próprias.

Sobre o custo-benefício, podemos considerar a mesma conclusão, ressaltando que este aspecto foi considerado parcialmente, apenas complementando o indicado por PAHL & BEITZ. Sobre as considerações desenvolvidas, cabe ressaltar que envol-

vem, de modo geral, elevado grau de complexidade e são frequentemente, impraticáveis sem o uso de processamento de dados computacional.

Todos estes aspectos foram associados à metodologia de PAHL & BEITZ de forma específica, os quais conseguem alcançar os objetivos de desenvolver e detalhar os aspectos de custos na metodologia, para um maior controle e avaliação dos mesmos.

A aplicação simulada foi particularmente dirigida ao projeto após o desenvolvimento do produto, isto é, aos investimentos com máquinas e ferramentas. Em produtos como o tanque de combustível, a fabricação não se realiza basicamente com máquinas universais (como tornos, fresadoras, plainas, etc), e sim por ferramentas e máquinas específicas que, posteriormente, precisam ser desenvolvidas. Para estes casos, a estimativa dos investimentos fixos é particularmente crítico se comparada com um produto que precisará para sua produção de máquinas universais.

De fato, na aplicação simulada, a parte crucial das corretas estimativas não estava nos custos de produção e sim no ferramental e máquinas requeridas e ainda não desenvolvidas. Este aspecto reforça mais uma vez o contexto crítico que é a estimativa apropriada de custos ou investimentos pois, todo reconhecimento oportuno dos mesmos, só traz benefícios para a eficácia do trabalho, permitindo avaliar melhor as possibilidades de sucesso.

5.2. RECOMENDAÇÕES

As recomendações acerca da continuidade deste trabalho, foram identificados nas etapas cruciais dos aspectos de custos estudados. Entre estes podemos citar:

- Desenvolver modelos específicos para estimativas de custos e investimentos de produção em setores específicos da indústria, a semelhança da indústria americana.
- A necessidade de indicadores nacionais para a atividade do desenvolvimento de produtos na parte de estimativas.
- A necessidade de software para os vários métodos e modelos de estimativas e otimização.
- Estender os aspectos de custo a considerar a fases anteriores ao desenvolvimento de produtos e posteriores a este.
- Estender a associação dos aspectos de custos a outras metodologias..

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA PRINCIPAL

1. BACK, Nelson. Metodologia de Projeto de Produtos Industriais. Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1983.
2. BOOZ, ALLEN & HAMILTON. Administração de Novos Produtos. Chicago, Booz, Allen & Hamilton Inc, 1968.
3. CHEMICAL ENGINEERING. Cost Engineering. New York, McGraw-Hill Book Company Inc, 1960.
4. CHEMICAL ENGINEERING. Modern Cost Engineering. New York, McGraw-Hill, 1979.
5. DIETER, George E. Engineering Design. New York, McGraw-Hill Book Company, 1983.
6. FLORENTINO, Américo M. Custos - Princípios, Cálculo e Contabilização. Rio de Janeiro, FGV, 1983.
7. JOHNSON, Ray C. Optimum Design of Mechanical Elements. New York, John Wiley & Sons Inc. 1961.
8. KENDALL, M.G. Cost - Benefit Analysis. Londres, The English Universities Press Ltd, 1972.
9. LEONE, George Guerra. Custos - Planejamento, Implantação e Controle. São Paulo, Atlas, 1982.
10. LEZANA, Alvaro G. Rojas. Custos Industriais. Florianópolis,

UFSC, 1984 (Apostila).

11. LEZANA, Ricardo Rojas. Curso de Especialização em Engenharia Econômica. Florianópolis, UFSC, s/ data (Apostila).
12. LUCK, David J. Política e Estratégia de Produto. São Paulo, Atlas, 1975.
13. LUDWIG, Ernest E. Applied Project Management for the Process Industries. Houston, Gulf Publishing Company, 1974.
14. MAKRIDAKIS SPYROS & outros. Forecasting: Methods and applications. New York, John Wiln & Sons, 1983.
15. McNEILL, Thomas F. & CLARCK, Donald S. Cost Estimating and Contract Pricing. New York, American Elsevier Publishing Company Inc, 1960.
16. MIRSHAWKA, Victor. Probabilidades e Estatísticas para Engenharia. São Paulo, Liv. Nobel S/A, 1983, Vol. 1 e 2.
17. NOVEZHILOV, V.V. Problems of Cost-Benefit Analysis in Optimal Planning. New York, International Arts and Sciences Press, Inc, 1970.
18. O' BRIEN, Gerard T. Estimating Design Costs. Machine Design. Cleveland, mar. 20, 1986, p. 75-81.
19. PAHL, Gerhard & BEITZ, Wolfgang. Engineering Design. Londres, The Design Council, 1984.
20. PAHL, Gerhard & BEITZ, Wolfgang. Konstruktionslehre. Berlin, Springer-Verlang, 1986.
21. PARK, William R.P. E. Cost Engineering Analysis. New York,

John Wiley & Son, 1976.

22. PERRY, Robert H. & CHILTON, Cecil H. Chemical Engineer's Handbook. New York, McGraw-Hill, 1973.
23. PETERS, Willian S. & SUMMERS, George W. Análise Estatística e Processo Decisório. Rio de Janeiro, Fev. 1973.
24. ROTH, K. Konstruieren mit Konstruktionskatalogen. Berlin, Springer, 1982.
25. RUBINSTEIN, R.Y. Simulation and the Monte Carlo Method. New York, John Wiley & Sons Inc, 1981.
26. SALVENDY, Gauriel. Handbook of Industrial Engineering. New York, John Wiley & Sons, 1982.
27. SELL, Ingeborg. Desenvolvimento de Produtos. Florianópolis, UFSC, s/data. (apostila).
28. SIDDAL, James N. Optimal Engineering Design. New York, Marcel Dekner, Inc. 1982.
29. WATSON, Guy E. How Much Will that New Product Cost?. Machine Design. Cleveland, Abr. 19, 1973, p. 96-101.

BIBLIOGRAFIA SECUNDARIA

30. ASSMUS, Gert. Newprod: The Design and Implementation of a New Product Model. Journal of Marketing. Chicago, Vol. 39, Jan. 1975, p. 16-23.
31. AZEVEDO, Antonio C.S. Introdução à Engenharia de Custos - Fa-

- se Investimentos. São Paulo, Ed. Pini Ltda., 1985.
32. BUCK, C. Hearn & BUTLER, D.M. Economic Product Design. Londres, Collins Clear, 1970.
 33. CAMPBELL, Gay D. Organizing for New-Product Development. Machine Design. Cleveland, Mai. 16, 1974, p. 116-119.
 34. CHEVITARESE, Salvador. Contabilidade Industrial. Rio de Janeiro, Ed. FGV, 1983.
 35. DONNELLY, Thomas A. Robust Product Design. Machine Design. Cleveland, Out. 8, 1987, p. 77-80.
 36. FISHER, Gene H. Cost Considerations in Systems Analysis. New York, American Elsevier, 1971.
 37. GAZE, W.L. Value Analysis. Londres, McGraw-Hill, 1967.
 38. GORLE, Peter & LONG, James. Fundamentos de Planejamento de Produto. São Paulo, McGraw-Hill, 1976.
 39. Gostlin, Lewis N. El sistema de diseño de productos. Buenos Aires, Ed. El Ateneo, 1971.
 40. GRAWFORD, C. Merle. Strategies for New Product Development. Business Horizons. Bloomington, Dez. 1972, p. 49-58.
 41. KNAPP, J.G. Industrial Design. Mechanical Engineering. New York, Dez. 1971, p. 23-26.
 42. LEECH, D.J. & TURNER, B.T. Engineering Design for Project. Chichester, D.J. Acford, 1985.
 43. LEONE, George Guerra. Custos - Um Enfoque Administrativo. Rio

de Janeiro, Ed. FGV, 1983, vol. 1.

44. MATOUSEK, Robert. Engineering Design. Londres, Blackie & Son Ltd, 1963.
45. MISHAN, E. J. Elements of Cost-Benefit Analysis. Londres, George Allen & Unwin Ltd, 1972.
46. NEVES, Adalberto F. das. Sistemas de Apuração de Custo Industrial. São Paulo, Atlas, 1981.
47. OSTROFSKY, Benjamim. Design, Planning and Development Methodology. New Jersey, Prentice-Hall Inc, 1977.
48. PESSEMIER, Edgar A. The Dimensions of New Product Planning. Journal of Marketing. Chicago, vol. 37, Jan. 1973, p. 10-18.
49. SPIEGEL, Murray R. Estatística. São Paulo, Ed. McGraw-Hill do Brasil Ltda., 1974.
50. TAKAOKA, Hiroo & Outros. Aplicação de um Método de Crescimento para Novos Produtos. Revista de Administração, São Paulo, Vol. 13, nº 3, Jul/Set. 1978, p. 19-46.
51. THORNTON, H. Patrick. Why You Need the Industrial Designer. Machine Design. Cleveland, Jun. 11, 1987, p. 109-113.
52. TRACY, Douglas H. How to Evaluate a New Product. Machine Design. Cleveland, Nov. 12, 1987, p. 132-135.