

CAPÍTULO IV

SÍNTESE DE SOLUÇÕES ALTERNATIVAS: CRIATIVIDADE

4.1. INTRODUÇÃO.

Uma vez concluída a tarefa de elaboração das especificações de projeto do problema em desenvolvimento, a etapa seguinte é a da geração de soluções alternativas. Como foi dito, o objetivo do projetista sempre deve ser de procurar várias soluções ou soluções alternativas para o mesmo problema, assim ele pode comparar e combinar soluções e selecionar a melhor solução.

Para alcançar este objetivo, o projetista ou equipe de projeto, precisa ser criativo, ou melhor, usar métodos ou procedimentos que lhe permitam, de uma forma rápida, obter um conjunto de soluções melhores ou inovadoras. Com o fim de identificar indivíduos criativos, suas capacidades ou características, o modo como procedem quando chegam a soluções inovadoras, muito se tem pesquisado e publicado sob o rótulo de criatividade. No presente capítulo não se tem por finalidade aprofundar-se sobre o tema de criatividade mas, orientar o leitor sobre aspectos do chamado processo criativo e descrever alguns métodos ou procedimentos tradicionais que se mostraram úteis na obtenção de um conjunto de soluções de forma mais rápida e com resultados mais inovadores. No próximo capítulo mostra-se uma tendência mais moderna de geração de soluções visando inclusive a informatização da concepção. Como já foi citado, o processo de projeto requer um trabalho em equipe ou multidisciplinar, do mesmo modo a maioria dos métodos descrevem formas de coordenar e de trabalhar de uma equipe com o fim de encontrar soluções alternativas para um dado problema.

Na literatura muitos trabalhos procuram encontrar características de pessoas criativas, como medir estas características ou capacidades e identificar quem é e quem não é criativo. Não se pretende entrar nesta discussão, mas entender que todo o indivíduo com algum conhecimento do processo de criação, de métodos de trabalho e com treinamento e motivação, pode gerar soluções úteis e inovadoras. Como foi mencionado é necessário conhecer o processo e métodos, mas o fundamental é a motivação, o treinamento, a experiência e a transpiração, muito mais que a inspiração como já citado por Thomas Edison.

4.2. CRIATIVIDADE

Entende-se aqui por criatividade a habilidade do projetista de ter idéias novas e úteis para resolver o problema proposto ou sugerir soluções para a concepção de um produto. Coisas, processos, solução de problemas, idéias criativas devem possuir as seguintes qualidades: apresentar novidade e ser única; deve ser útil ou apreciada e apresentar simplicidade.

Quanto ao processo de criação, este pode ser descrito pelas seguintes etapas:

preparação - o ponto de partida é a formulação do problema e busca de informações ou de habilidades;

esforço concentrado - para encontrar uma solução requer-se um trabalho árduo;

afastamento - como foi dito na etapa anterior é necessário um esforço concentrado, mas às vezes tem-se dificuldade de obter uma solução, talvez porque o problema é sempre enfocado sob a mesma ótica, então é conveniente um afastamento temporário;

visão - após um período de afastamento, mesmo que seja pequeno e que pode ser ocupado com outra atividade, quando se volta ao problema é provável que o mesmo seja visto sob outro ângulo ou enfoque. Este procedimento de afastamento e visão pode não ser tão linear, mas repetido até encontrar-se uma solução. Antes de cada passo de visão é necessário uma análise e organização dos resultados já alcançados e

revisão - uma vez encontrada a solução deve-se procurar uma generalização e finalmente uma avaliação.

Para ser criativo o indivíduo, além de conhecer o processo de criação e métodos ou procedimentos, deve ter motivação e uma mente aberta ou em outros termos eliminar o que geralmente são chamadas de barreiras da criatividade. [4-1 a 4-3]. Dentre estas barreiras pode-se citar as seguintes:

definição incorreta do problema - como primeiro fator para a obtenção de uma solução inovadora e útil, é um problema definido de forma clara e precisa, sem indicar ou induzir uma solução e excluir possíveis alternativas. É interessante lembrar o dito, que um problema bem formulado é um problema parcialmente resolvido;

hábitos - sob este termo considera-se os conhecimentos, métodos e técnicas que o indivíduo utiliza para resolver o problema. Os problemas, as condições e os tempos mudam muito, assim os hábitos devem ser avaliados para verificar se são os mais apropriados, se novos devem ser buscados e se não é conveniente adotar diferentes hábitos para resolver um mesmo problema;

fixação funcional - é muito comum entender-se que um produto, solução ou método, uma vez concebido para uma determinada função, não possa ter outros usos ou funções. As vezes, pequenas modificações de um produto pode atender funções bem diversas da original para a qual foi concebida;

super-especialização - um projetista muito especializado chega, geralmente, rápido demais a uma solução, mas tão somente do seu campo de especialização, sem considerar as contribuições que poderiam ser obtidas de outras áreas de conhecimento para o mesmo problema. Para conceber novas e alternativas soluções é necessário uma visão ampla dos potenciais dos vários campos do conhecimento. Como exemplo um engenheiro mecânico poderia adotar um mecanismo de atrito para um redutor com variação contínua de velocidade, sem considerar potenciais de sistemas hidráulicos ou eletro-eletrônicos;

tendência em favor de tecnologias avançadas - claro que ninguém deve ser contra tecnologias avançadas, mas é muito freqüente observar que profissionais das áreas técnicas procuram adotar soluções que requerem avançadas e complexas matemáticas e tecnologias. Isto decorre da noção falsa de que o uso destas ferramentas certifica a competência do indivíduo e sua atualização. Este comportamento pode eliminar muitas idéias boas intuitivas e experimentais;

mentalidade prática - em geral as pessoas têm a tendência de descer aos fatos tão logo um problema seja exposto, mesmo antes de ter entendido o problema, querendo assim mostrar resultados práticos com cálculos, resultados e desenhos. Não é perder tempo, mas vaguear imaginativamente ao redor do problema poderá, às vezes, ser altamente frutífero. Uma solução não deve ser escolhida e particularizada muito cedo, isto porque esta antecipada definição poderá impedir que uma visão ampla do problema e alternativas sejam liberadas;

dependência excessiva de outros - indivíduos podem tornar-se impressionados em demasia pelo conhecimento e julgamento de outros, ou estarem submetidos a excessos de autoridade e falham em exercitar sua própria criatividade;

medo da crítica - semelhante ao caso anterior, a apreensão de desaprovação e possíveis críticas podem fazer com que pessoas não propõem idéias por não serem ordinárias. Idéias originais e inovadoras são, com freqüência, mais sujeitas a críticas, mesmo que mais tarde se provem altamente valiosas. É necessário que a autoridade ou equipe de trabalho deixe

todos bem a vontade para sugerir as idéias, mesmo que de início possam parecer estranhas no problema;

recusa de sugestão não especialista - idéias originais e úteis não vêm necessariamente de pessoas especializadas, com freqüência sugestões valiosas partem de pessoas, as mais simples, dentro de uma organização;

juízo prematuro - idéias devem fluir livremente, julgar cada idéia tão logo ela é concebida interrompe o fluxo das mesmas. A avaliação deve ser efetuada no final do trabalho de concepção e, geralmente, é realizada com melhores resultados por especialistas que podem não fazer parte do trabalho inicial e

motivação em excesso - motivação sempre deve existir para ser criativo, mas não em excesso. Quando um problema é proposto uma solução tem que ser encontrada mesmo que não seja perfeita ou ideal. Fixar objetivos difíceis de serem alcançados, podem ofuscar a visão, estreitar o campo de observação e reduzir a eficácia na solução do problema.

Uma vez identificado o processo de geração de solução e possíveis formas de desbloquear a criatividade, no próximo item serão apresentados métodos ou procedimentos que auxiliam na geração de soluções.

4.3. MÉTODOS DE GERAÇÃO DE SOLUÇÕES

Como já foi dito, características pessoais são importantes para ser criativo, mas não é só isto, é necessário também o conhecimento de técnicas e muito treinamento nas mesmas. Mas não se pode esperar que todo indivíduo venha se tornar eficiente numa atividade somente com o conhecimento dos métodos e com treinamento. Tomando por exemplo o Pelé, sabe-se que ele chegou ao nível de qualidade como jogador de futebol, conhecendo a técnica e muito treinamento, mas também especiais características físicas e mentais ajudaram no seu destaque mundial. Conhecendo a técnica, com conhecimento e com características normais ponderaria esperar que todo jovem, ao menos, viesse ao nível de competições regionais. Do mesmo modo qualquer indivíduo normal, com conhecimento de alguns métodos, a seguir expostos e com treinamento poderá ser criativo. Entre os métodos descritos neste capítulo, far-se-á uma distinção: os chamados intuitivos e os sistemáticos.

4.3.1. MÉTODOS INTUITIVOS

Dentre estes métodos enquadraram-se os seguintes: brainstorming; analogias; sinergia; listagem de atributos e instigação de questões. Estes métodos encontram-se largamente divulgados na literatura como por exemplo nas referências [4.6 a 4.8].

4.3.1.1. BRAINSTORMING

A palavra brainstorming é um termo em inglês composto de brain (cérebro) e storm (tempestade), largamente aceito sob esta denominação e introduzido como um método por Alex Osborn em 1939.

O método consiste no seguinte:

- um coordenador formula convite a um grupo de pessoas para participar de uma reunião de trabalho para sugerir soluções para um problema formulado, o número de pessoas convidadas pode variar, mas o que se recomenda é de 5 a 10 pessoas:

- a formação das pessoas deve ser diversa, por exemplo, representantes dos diversos departamentos e de mesmo nível dentro da empresa;

- o tempo de reunião de trabalho, da ordem de 30 a 50 minutos e

- a reunião deve ter um coordenador e organizada de modo que o registro das sugestões seja garantida.

Como normas a serem seguidas durante a reunião, recomenda-se as seguintes: evitar qualquer crítica ou avaliação prematura sobre soluções apresentadas, mesmo que de início possam parecer as mais absurdas; procurar o máximo possível de soluções, quantidade acima da qualidade, soluções podem ser combinadas, uma pode gerar outra e em outro estágio pode-se compará-las e selecionar; pensar de forma extravagante de tal forma a surgirem idéias as mais diversas e não deve haver direitos de autoria e sim que seja um resultado do grupo de trabalho.

Este método pode ser usado em qualquer fase de desenvolvimento do produto, não é recomendado para problemas muito especializados, mas sim para encontrar novas soluções de problemas mais gerais tais como: um novo produto que a empresa poderia lançar, novo princípio de solução para um subsistema do produto; forma de fabricar; montar; embalar; transportar, etc. Como já foi citado o método propõe que as várias áreas da empresa tenham participantes no grupo de trabalho, isto é importante porque cada um observa o produto e sugere soluções sob a sua ótica e todos ficam sabendo o que está sendo resolvido e o que está por vir.

Outro aspecto importante é que as idéias devem fluir livremente, em quantidade, sem restrições de tipos ou formas de solução e sem avaliações. As avaliações ou triagem das soluções mais promissoras pode ser feita na fase final da reunião ou então por especialistas dentro ou fora da organização. Para mostrar como as idéias podem e devem fluir livremente, será mostrado um exemplo tirado da referência [4.6], com algumas adaptações de nomes e soluções. O problema formulado é de encontrar princípios de solução para separar tomates maduros de verdes. É que certos produtores de tomate entendem que é mais econômico colher todos os tomates de um só vez, que então poderia ser efetuado por máquina, mas como se sabe nesta cultura não tem-se uma maturação uniforme de todos os frutos, então na mecanização serão colhidos tomates verdes e maduros, que deverão ser separados para posterior processamento e comercialização diferente. O objetivo então é encontrar princípios de solução para a função de separar que poderia ser parte da máquina de colher ou uma máquina em separado. Como mostrado abaixo, do grupo surgiram as seguintes soluções:

Antônio: nós separamos pela cor, um medidor de cor deverá ser prático.

Pedro: reflexão, verdes devem ter maior capacidade de refletir a luz.

Davi: dureza, nós apertamos os tomates ou batemos.

Jorge: condutibilidade elétrica.

Antônio: resistência elétrica.

Davi: magnetismo.

Jorge: tamanho, os verdes não são menores?

Pedro: peso, os maduros são mais pesados.

Antônio: tamanho e peso devem correlacionar.

Davi: tamanho e peso é densidade.

Pedro: volume específico.

Antônio: os tomates são mais água e têm o volume específico da água.

Davi: os tomates flutuam ou afundam?

Jorge: talvez seja isto, separá-los por densidade, se flutuam ou afundam em água.

Paulo: não necessariamente em água, poderia ser qualquer coisa.

Antônio: não tóxico.

Davi: água salgada.

Jorge: raios x, o tamanho das sementes ou qualquer coisa assim.

Antônio: cheiro, odor.

Pedro: som, você pode ouvir o tomate?

Jorge: pode o tomate ouvir?

Davi: calor, radiação infravermelha.

Pedro: condutibilidade térmica.

Antônio: calor específico.

Jorge: habilidade de hipnotizar os tomates.

Pedro: deixa uma moça olhar para os tomates e apertar um botão.

Davi: estatisticamente - verifique somente um ou outro.

Jorge: sacudir um balaio, os maduros devem subir ou descer.

Pedro: soprar ar através ao sacudir o balaio.

Antônio: use números aleatórios.

Como viu-se neste exemplo, houve liberdade total de sugestões, para alcançar este resultado, não deve ter demorado mais que 30 minutos e se as mesmas forem analisadas, várias têm potencial ou poderão ser combinadas para a solução prática do problema proposto.

O método de brainstorming recebeu, ao longo dos anos várias sugestões de modificações. Assim como mostra a referência [4.16], a forma descrita é chamada de brainstorming clássico, vindo em seguida o brainstorming escrito e o brainstorming assistido por computador.

O brainstorming escrito ou também chamado método 635 consiste no seguinte:

- uma equipe de 6 (seis) reunidos se familiarizam com o problema a resolver;
- cada um dos membros da equipe escreve numa folha 3 (três) sugestões de solução;
- em seguida cada um passa sua folha para o membro seguinte, que após a leitura deverá acrescentar 3 (três) sugestões novas ou melhoramentos e desenvolvimento das anteriores e
- o último passo é executado até que cada folha com as 3 (três) sugestões iniciais, tenha passado pelos outros 5 (cinco) membros da equipe.

A figura 4.1 mostra o resultado que poderia constar numa das seis folhas de uma reunião de trabalho tendo por objetivo, obter soluções para o aproveitamento de sobras de couro de tamanho 40 x 40 cm [4.12]. Se todos os seis membros fossem bem criativos ter-se-ia no final 108 sugestões.

Como última versão do brainstorming tem-se o chamado brainstorming eletrônico onde o trabalho de obtenção das soluções do problema é feito via Internet, tendo então a vantagem de que a comunicação pode ser no tempo e espaço onde os participantes estiverem.

4.3.1.2. ANALOGIA DIRETA

Observando produtos ou soluções de partes ou de funções, verifica-se em inúmeros casos que tal princípio tem semelhança ou analogia em outro campo do conhecimento, na natureza ou na literatura. Através de pesquisas realizadas com o objetivo de identificar pessoas criativas, constatou-se que os mais criativos usavam, com frequência, a analogia direta com a natureza, a ficção, a história ou de outros campos de conhecimento, para encontrar soluções de concepção e construção de instrumentos ou equipamentos de engenharia. Especialmente a biologia e fisiologia são riquíssimas em idéias, princípios e soluções que podem ser simplesmente transferidos para solucionar problemas de projeto de produtos. Encontra-se atualmente o termo biônica que consiste em analisar sistemas naturais, com o objetivo de identificar princípios de solução, que devidamente adaptados, possam vir a contribuir para solucionar problemas técnicos. Essas adaptações permitem criar formas análogas, funções análogas ou ainda comportamentos análogos. Para um projetista é muito útil ter um bom conhecimento de biologia.

Para entender e justificar esta importância basta ver inúmeras publicações sobre o assunto como as referências [4.7 a 4.9] e exemplos encontrados no dia a dia. Para citar alguns exemplos tem-se: o velcro e a semente do carrapicho; o sonar e o golfinho e o morcego; aviões (forma, asas, estrutura) e pássaros; robôs manipuladores (formas, graus de liberdade, acionamentos) e o braço humano (só com muito mais graus de liberdade); propulsão e direção de veículos aquáticos e a medusa que se desloca por meio da propulsão a jatos de água;

estruturas diversas otimizadas semelhantes a de ossos, plantas, favos de mel e teias de aranha; sensores diversos análogos encontrados nos animais.

Quanto ao conhecimento necessário da literatura ninguém discute, mas é importante salientar que não se pode esquecer do passado para melhorar o futuro, pois as vezes aparecem idéias ditas como novas e que já foram pensadas e esquematizadas por Leonardo da Vinci. Da ficção científica muitas soluções hoje são realidade.

1.1	1.2	1.3	A B C D E F
2.1	2.2	2.3	
3.1	3.2	3.3	
4.1	4.2	4.3	
5.1	5.2	5.3	
6.1	6.2	6.3	

Fig. 4.1 - Exemplo de uma folha de resultados do método 635 aplicado no problema de aproveitamento de sobras de couro [4.12].

4.3.1.3. ANALOGIA SIMBÓLICA

A analogia simbólica ou também conhecida sob o nome de palavra chave, não é nada mais do que a procura por um verbo, declaração ou definição condensada do problema. Em

seguida deve-se substituir a palavra ou declaração, por sinônimos ou alternativas de declarações que tenham alguma relação com a original. Este procedimento permite ver o problema com outros pontos de vista e disparam novas soluções ou aplicações. [4.5 e 4.10]. Para ilustrar considera-se um exemplo em que a palavra ou declaração condensada, para resolver o problema ou uma parte do problema, é cortar então como se mostra em seguida procura-se por palavras com alguma relação com a anterior.

Cortar

rasgar	dobrar	cisalhar	entalhar
dobrar	trincar	dividir	fatiar
riscar	fundir	tracionar	corroer
fundir	furar	romper	desgastar
esmerilar	jatar	serrar	separar

Se agora estas palavras forem examinadas encontra-se diferentes formas ou princípios de solução para cortar um determinado material e perfil ou, então, surgem idéias para cortar diferentes materiais ou perfis.

4.3.1.4. ANALOGIA PESSOAL OU EMPATIA

Empatia é um termo normalmente usado na psicologia, que expressa a tendência para sentir o que sentiria caso estivesse na situação e circunstâncias experimentadas para outra pessoa. Da mesma forma pode-se usar as próprias emoções, sentimentos e características para obter uma compreensão de problemas tecnológicos. Em outros termos é colocar-se no lugar de uma peça, mecanismo ou operação e ver como nos sentiríamos ou o que faríamos. Esta identificação pessoal com os elementos libera o indivíduo de ver o problema em termos de análises anteriores e assim encontrar novas ou alternativas soluções.

4.3.1.5. MÉTODO SINÉRGICO

Este termo foi adotado para traduzir do inglês "synectics", cujo método está descrito em maiores detalhes na referência [4.10]. Conforme o nosso dicionário, sinergia é um ato ou esforço coordenado de vários órgãos na realização de uma função, uma associação de vários fatores que contribuem para uma ação coordenada ou uma ação simultânea.

Como mostra a referência [4.10] o método proposto baseou-se no registro e estudo de procedimentos e mecanismos adotados por grupos de trabalho que se têm mostrado criativos. O que se constatou é que as pessoas mais criativas costumavam usar as analogias descritas nos itens anteriores. Então o método proposto nada mais é do que o uso coordenado das analogias para a solução dos problemas, como descrito a seguir:

1º Passo: Formular o problema. Como em qualquer caso, também no método sinérgico há o reconhecimento de que a formulação do problema influencia, significativamente, a forma na qual o problema é abordado. Com a formulação concluída tem-se declarações do problema como é dado, PCED.

2º Passo: Análise do problema. Na seqüência o problema deve ser entendido, para isto tem-se uma fase de análise, na qual o grupo de trabalho é levado a decidir qual aspecto ou declaração que irá encarar e como decompor o problema. Como transformar um problema desconhecido ou estranho, num problema conhecido ou familiar, tem-se então um problema como é entendido, PCEE. Este estágio analítico do PCED ao DCEE tem como propósitos principais, tornar um problema estranho num familiar, àqueles participantes do grupo que não estão familiarizados com o problema e fundamentos, é usado para levantar e eliminar aquelas

soluções imediatas que, inevitavelmente, ocorrem aos membros do grupo mas que raramente provam ser adequadas e, serve para identificar o ponto de partida no qual o grupo irá se concentrar. O PCED é frequentemente re-declarado, é comum o grupo descobrir que o centro do problema é outro e não aquele do primeiro PCED.

3º Passo: Aplicação das analogias. No método sinérgico, o pensamento oscila de um modo ordenado entre análise e analogia, entre a transformação do estranho em familiar e do familiar em estranho. Transformar o familiar em estranho se consegue com as analogias, através das quais o grupo distorce deliberadamente a imagem do problema, isto para ter um novo enfoque ou novo ponto de vista. O caminho analógico ou a analogia a ser adotada deve ser decisão do coordenador do grupo, que lança uma questão educativa, QE. Como já foi dito a QE deve ser tal que distorce o problema ou que permite um novo ponto de vista. Se for para obter um princípio de solução mecânica ela iria escolher um princípio ou método biológico. Exemplificando questões evocativas: se no problema técnico uma peça ou parte, deve mudar de cor, quando exposta a determinadas condições, o que na natureza muda de cor; se é um problema de orientação, como seres vivos se orientam e se for um caso de propulsão, como os peixes e outros animais se propulsionam. Já foi visto, a analogia direta não é somente com a natureza, mas com outras tecnologias, áreas de conhecimento, a literatura e ficção. Sendo novamente um problema de engenharia mecânica, a questão evocativa poderia ser, como se resolve isto na engenharia civil, elétrica, química ou na medicina. Da mesma forma as questões evocativas podem ser dentro da analogia simbólica ou analogia pessoal. Um bom coordenador logo descobre em qual analogia um membro ou o grupo tem maior facilidade.

4º Passo: Desenvolvimento da analogia. Uma vez identificada uma solução analogia promissora, esta deve ser desenvolvida para entender suas implicações.

5º Passo: Aplicação da solução analógica. Neste passo a solução analógica deve ser aplicada ou confrontada ao PCEE e em seguida ao PCED para verificar se uma nova solução foi encontrada e se atende ao problema como é entendido e ao problema como é dado. Este passo também pode revelar um novo entendimento do problema ou um novo PCEE.

6º Passo: Avaliação da solução analógica. Se a solução atende ao PCEE e ao PCED, esta deverá ser desenvolvida tão longe quanto possível e necessário e, então, avaliada.

7º Passo: Busca de soluções alternativas. Para a busca de soluções alternativas tem-se como possibilidades: encontrar outras soluções para a mesma questão evocativa e repetir os passos 4º ao 6º; lançar nova questão evocativa dentro do mesmo tipo de analogia ou variar o tipo de analogia, repetindo os passos do 3º ao 6º e, se no passo 5º se revelar um novo PCEE, os passos 3º ao 6º também devem ser repetidos.

4.3.1.6. MÉTODO DA LISTAGEM DE ATRIBUTOS

Segundo a referência [4.4] o método foi desenvolvido por Robert Crawford da Universidade de Nebraska e consiste em isolar e listar os principais atributos ou características de um produto. Em seguida cada uma destas características é avaliada com o objetivo de melhorar o produto.

Como um exemplo bem fácil de ilustrar considerou-se o caso de uma chave de fenda de algumas décadas passadas. Esta chave apresentava uma haste de seção circular, um cabo de madeira rebitada e uma ponta chata. Esta chave era acionada manualmente e o torque aplicado por torção. Todas estas características foram consideradas e modificadas para fazer um produto mais eficiente.

Uma haste com seção hexagonal tem substituído a seção circular para facilitar o acionamento com auxílio de outra chave, o cabo de madeira foi substituído por uma haste de plástico, mais leve e mais segura. No lugar do acionamento manual, foi introduzido o motor elétrico com embreagem limitadora de torque nas parafusadoras industriais. Quanto a ponta chata, tem-se as variações de pontas para fendas simples, em cruz, Phillips e Allen.

Como pode-se observar ao descrever os atributos de um produto, isto pode ativar um pensamento criativo, surgindo idéias alternativas de como fazer, outros usos ou como melhorar a idéia existente.

4.3.1.7. MÉTODO DA INSTIGAÇÃO DE QUESTÕES

Conforme a referência [4.4], este método desenvolvido, também por Alex Osborn, utiliza uma série de palavras chave para ativar ou estimular idéias para melhorar produtos ou processos. As palavras chave com as respectivas questões típicas a serem formuladas estão mostradas a seguir:

adaptar: o que mais é igual a isto?; que outra idéia isto sugere?; o passado oferece qualquer paralelo?; o que pode-se copiar ou imitar?

modificar: há uma nova tendência?; pode-se modificar o significado, cor, movimento, som, odor, forma?

ampliar: pode-se adicionar tempo?; maior frequência, maior resistência, maior altura, maior valor?; pode-se duplicar, multiplicar ou exagerar?

minimizar: pode-se subtrair, condensar, diminuir, encurtar, reduzir peso, omitir, dividir?

substituir: quem ou o que pode-se substituir?; existem outros apropriados ingredientes, materiais, processos, aproximações?

re-arranjar: pode-se intercambiar componentes?; pode-se usar outra configuração leiaute ou seqüência?; pode-se modificar o modo ou esquema?

inverter: pode-se trocar o positivo e negativo?; trocar a frente e atrás, de cima e de baixo?

combinar: pode-se usar uma mistura, uma liga, uma montagem?; pode-se combinar unidades e idéias?

Ao examinar a literatura sobre criatividade, encontra-se muitos outros ditos métodos, como por exemplo: método de Delphi; do zero defeito; de relações forçadas, etc., mas muito semelhantes aos aqui enquadrados como métodos intuitivos. Não cabe discutir qual é o melhor, mas conhecer e tentar diferentes métodos, se um ou outro não chega a resultados satisfatórios.

4.3.2. MÉTODOS SISTEMÁTICOS

Entre os métodos enquadrados como sistemáticos serão descritos: o método da matriz morfológica; o método da análise de valor e o método da função síntese. Ao método da função síntese será dado maior destaque no capítulo 5, isto porque apresenta uma maior evolução, desde sua proposição inicial, e também por apresentar um maior potencial para informatizar o processo de concepção.

4.3.2.1. MÉTODO DA MATRIZ MORFOLÓGICA.

Com já foi observado nos métodos anteriores, soluções criativas são, às vezes, encontradas ao formar novas combinações de funções, objetos, processos ou idéias já existentes. Assim o método morfológico consiste numa pesquisa sistemática de diferentes combinações de elementos ou parâmetros, com o objetivo de encontrar uma nova solução para o problema. A descrição do método é mais fácil através de um exemplo prático da referência [4.13], que consistiu no desenvolvimento da concepção de uma desoperculadora de favos de mel. Dentro do processamento do mel a primeira operação a ser realizada é a desoperulação, que consiste na retirada de uma fina camada de cera, o opérculo, que tampa os alvéolos do favo construído pelas abelhas num quadro típico mostrado na fig. 4.2. Uma

vez retirado esta camada de ambos os lados, os quadros são colocados numa centrífuga para a extração do mel. A prática mais freqüente da desoperculação é efetuada com uma ferramenta manual, um garfo como o mostrado na figura 4.2, que leva, em torno de 3 minutos. Após a formulação do problema, na forma do capítulo 3 onde se obtém um conjunto completo de especificações de projeto [4.13], não repetido neste texto, chegou-se em termos gerais, que a máquina deveria ter as seguintes características principais: ser estacionária com acionamento elétrico; permitisse desopercular simultaneamente os dois lados do favo; facilitasse a regulagem da espessura de trabalho; fosse apropriada a um padrão de quadro, mas admitindo tolerância de dimensões; a alimentação e retirada do quadro da máquina bem como o comando fosse manual e que o tempo de trabalho por quadro não ultrapassasse 10 segundos.

Para o desenvolvimento de concepções alternativas foi então adotado o método da matriz morfológica que consiste nos seguintes passos:

1º Passo: Determinação da seqüência de funções do processo. Examinando o processo de desoperculação, a seqüência de funções ou operações, são a alimentação do quadro na máquina, transporte do quadro até um dispositivo de retirada da camada de cera, a desoperculação, o controle da desoperculação e a retirada do quadro e da cera da máquina. Estas funções mais gerais podem sofrer desdobramentos quanto a forma em que são feitas, que tipos de dispositivos ou princípios poderão ser utilizados.

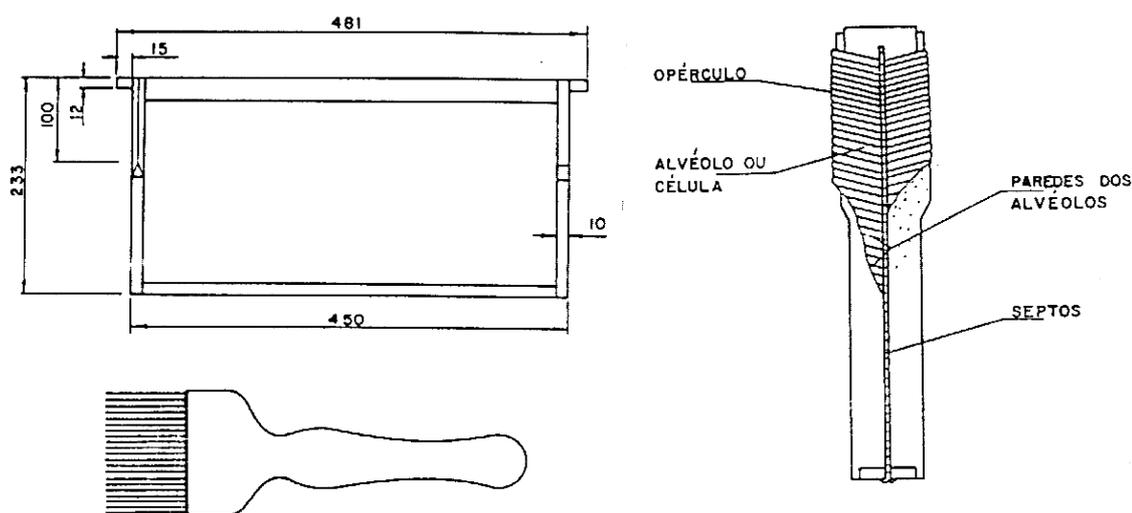


Fig. 4.2 - a) Quadro padrão. b) Favo. c) Ferramenta manual de desoperculação.

2º Passo: Preenchimento da primeira coluna da matriz com a seqüência de funções. A figura 4.3 mostra em sua primeira coluna estas funções com os respectivos desdobramentos.

3º Passo: Busca de princípios de solução alternativos para cada função. Neste passo para cada função listada na primeira coluna, busca-se formas ou princípios para resolver aquela função, de forma independente, sem se preocupar com as demais funções. Em cada linha da matriz, nas diversas colunas registra-se soluções, que pode ser na forma de descrições literais ou representações gráficas. Estas soluções podem ser o resultado de um levantamento da literatura, utilização de mecanismos de outras máquinas ou então soluções criadas usando métodos como o brainstorming, analogias ou outros descritos no item 4.3.1. Serão preenchidas para cada linha, tantas colunas quantas soluções que se encontrar, cada representação gráfica da figura 4.3 representa uma solução.

d) ALIMENTAÇÃO	a.1 POSIÇÃO DO QUADRO								
	a.2 SENTIDO DA ALIMENTAÇÃO								
b) TRANSPORTE	b.1 TIPO DE DISPOSITIVO								
	b.2 ACIONAMENTO DO TRANSPOR.								
	b.3 SENTIDO DO TRANSPORTE								
c) DESOPERCULAÇÃO	c.1 MOVIMENTO DE CORTE								
	c.2 TIPO DE DISPOSITIVO ALTERNATIVO								
	c.3 TIPO DE DISPOSITIVO ROTATIVO FIXO								
	c.4 TIPO DE DISPOSITIVO ROTATIVO ARTICUL.								
	c.5 ACIONAMENTO DO DISPOSITIVO								
d) CONTROLE	d.1 TIPO DE CONTROLE								
	d.2, d.3 e d.4 FORMA DE CONTROLE								
e) SAÍDA	e.1 SENTIDO DE SAÍDA DO QUADRO								
	e.2 SENTIDO DE SAÍDA DA CERA/MEL								
	e.3 TIPOS DE RECEPTORES DA CERA/MEL								

Fig. 4.3 - Matriz morfológica para concepção da desoperculadora [4.13].

4º Passo: Busca de soluções ou concepções alternativas para o problema global formulado. Uma vez construída a matriz morfológica procura-se estabelecer combinações adotando um princípio de solução de uma linha com os princípios das demais linhas. Assim, rapidamente pode-se gerar um número elevado de concepções alternativas, por exemplo, as duas combinações mostradas nas figuras 4.4 e 4.5. A solução da fig. 4.4 seria uma desoperculadora com lâminas de movimento alternativo e a solução da fig. 4.5 com rotores de lâminas articuladas com movimento rotativo.

a) ALIMENTAÇÃO			
			
b) TRANSPORTE			
			
			
c) DESOPERCULAÇÃO			
			
			
	DISCRETO 		
d) CONTROLE			
			
e) SAÍDA			
			

Fig. 4.4 - Disposição dos elementos da primeira alternativa [4.13].

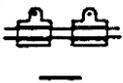
a) ALIMENTAÇÃO			
			
b) TRANSPORTE			
			
			
c) DESOPERCULAÇÃO			
			
			
d) CONTROLE	CONTINUO		
			
			
e) SAÍDA			
			
			

Fig. 4.5 - Disposição dos elementos da segunda alternativa [4.13].

5º Passo: Avaliação e seleção das concepções. Muitas das combinações podem ser eliminadas de imediato por não serem compatíveis ou viáveis. Mas as viáveis devem ser submetidas a um processo mais criterioso de avaliação e valorização para, então, obter a melhor concepção, cujo procedimento será descrito em capítulo posterior.

6º Passo: Leiaute e descrição da concepção. Uma vez selecionada a melhor solução esta deve ser ainda trabalhada de modo a obter uma melhor descrição e arranjo da concepção. Como foi dito, cada espaço da matriz pode ser preenchido com uma descrição verbal ou uma representação gráfica do princípio de solução. A montagem da matriz gráfica, pode ser bem mais trabalhosa do que a verbal, mas a primeira traz grandes facilidades na fase de montar o leiaute da concepção final. Ponder-se-ia pensar em recortar os quadros, por exemplo da fig. 4.5 e montar um quebra-cabeça. As figuras 4.6 a 4.9 mostram vistas esquemáticas da concepção da máquina desoperculadora.

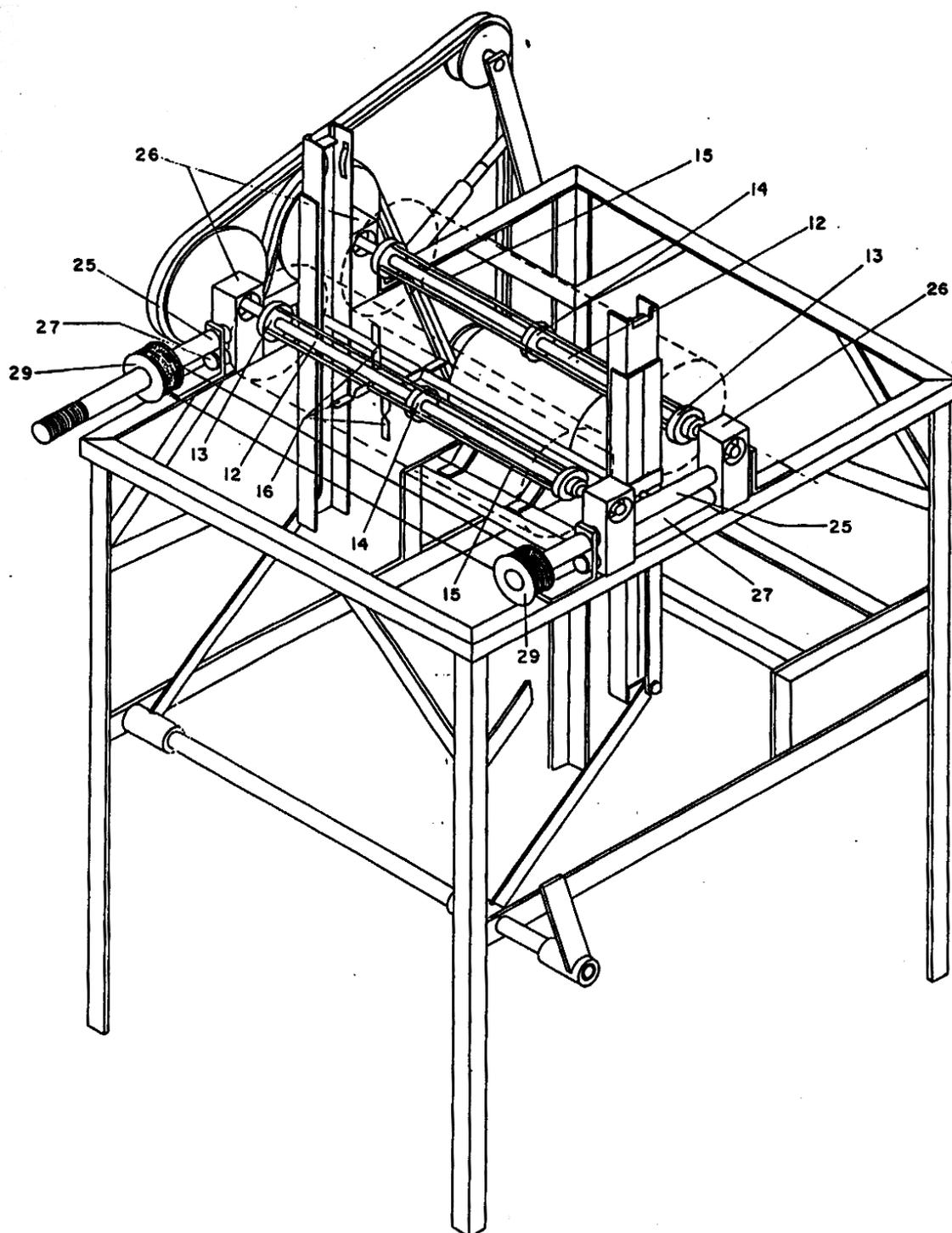


Fig. 4.6 - Esquema em perspectiva da máquina desoperculadora [4.13].

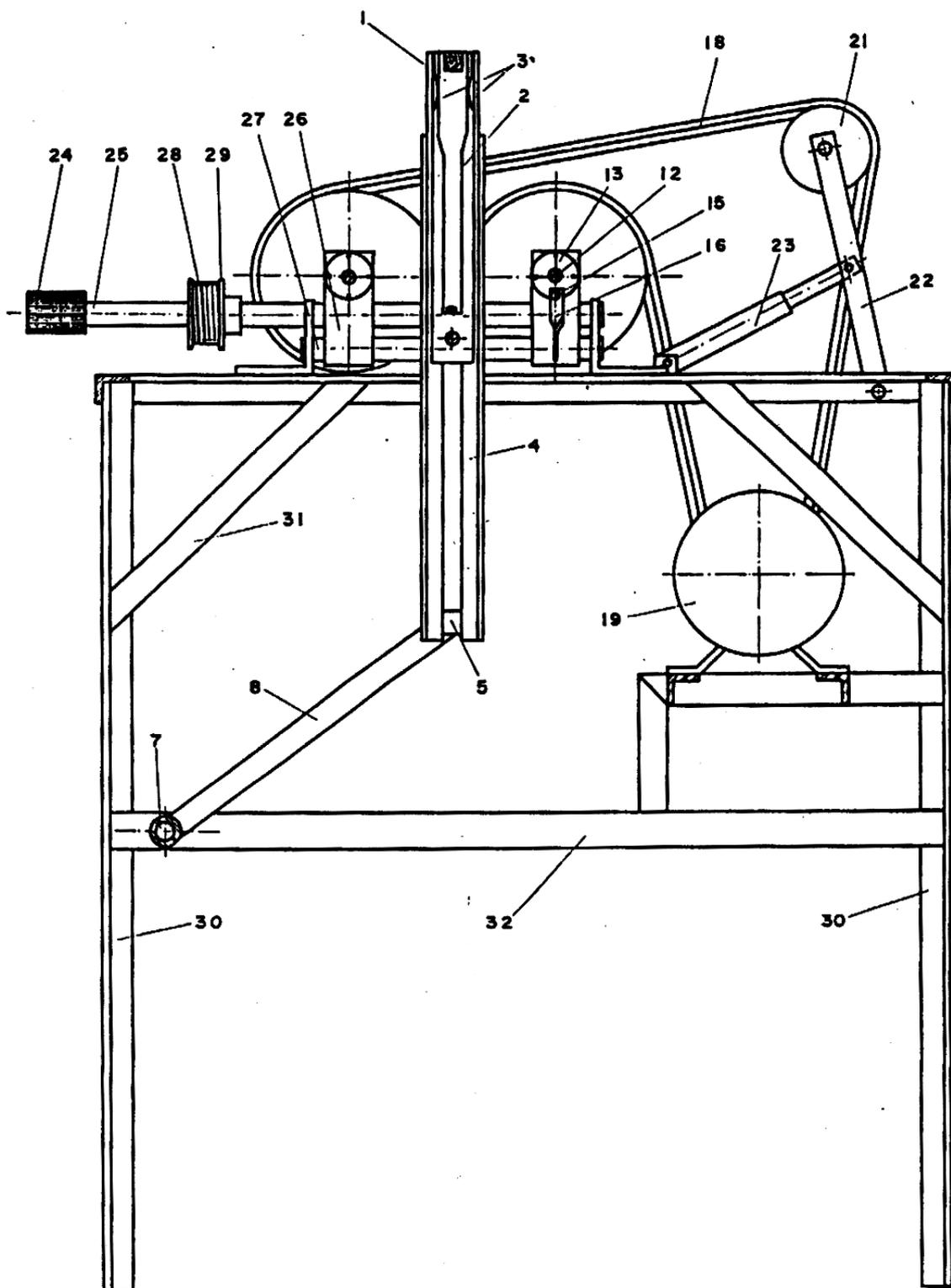


Fig. 4.7 - Vista lateral esquemática [4.13].

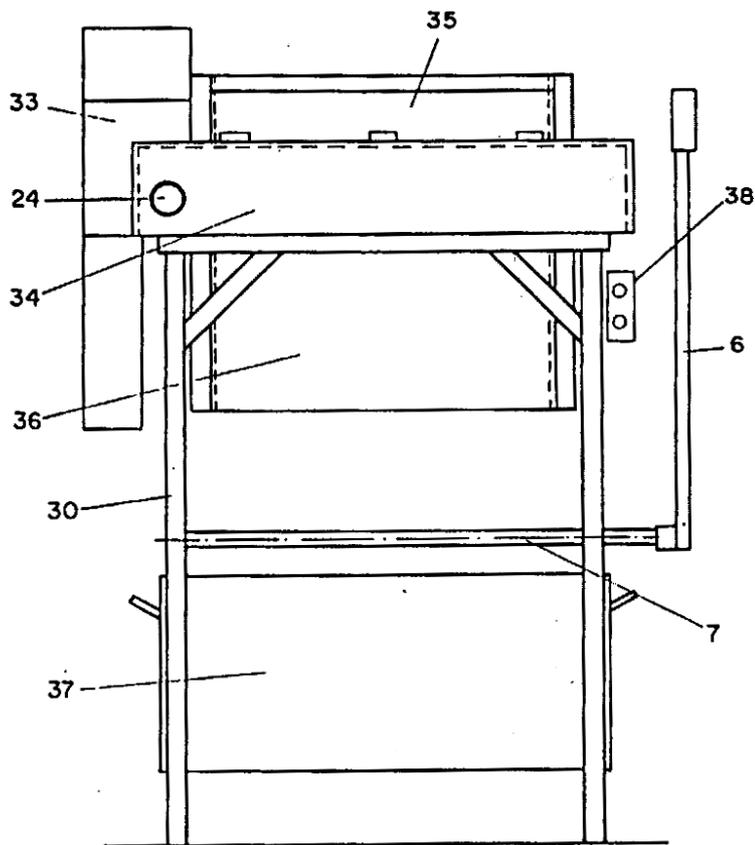


Fig. 4.8 - Vista frontal esquemática [4.13].

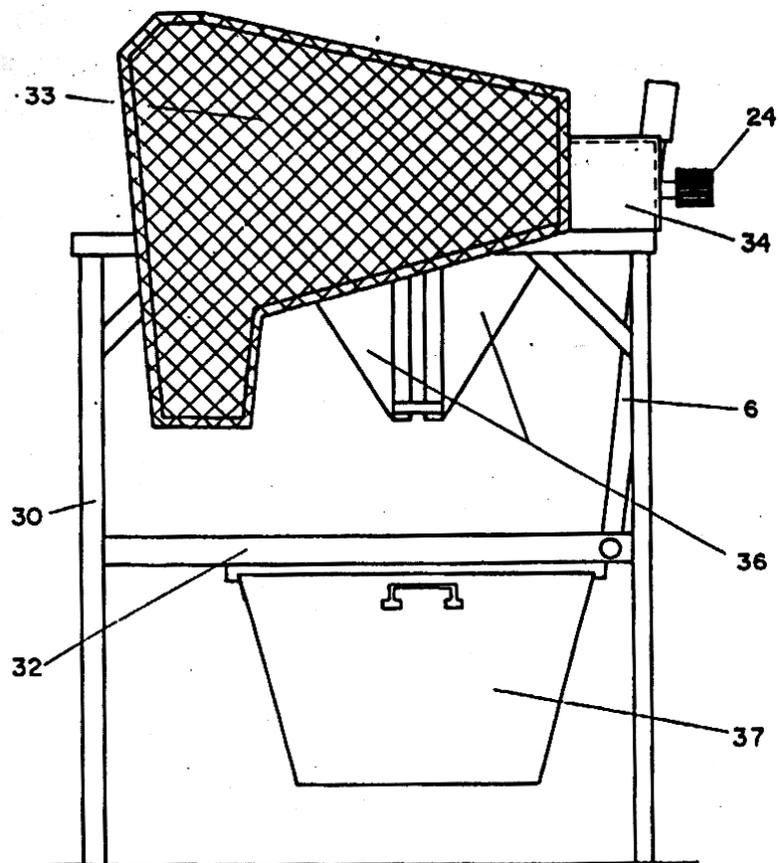


Fig. 4.9 - Vista lateral esquemática [4.13].

4.3.2.2. MÉTODO DA ANÁLISE DO VALOR.

Este método tem suas origens desde 1947, quando Lawrence D. Miles, engenheiro do setor de desenvolvimento do produto da General Electric dos Estados Unidos da América, publicou trabalho desenvolvendo uma metodologia que auxiliava as empresas a reduzir custos e chamou ao método de "value analysis". Em 1954 este método também recebeu o nome de "value engineering" e no Brasil este método é conhecido como o método da engenharia do valor ou análise do valor. Ao longo dos tempos este método foi largamente divulgado e utilizado pelas indústrias, suas formas ou versões são diversas, seus usos são tanto para analisar atividades, serviços ou produtos, visando a melhora do valor ou a redução de seus custos.

No presente texto como tem-se por objetivo o desenvolvimento do projeto, a forma ou enfoque dado é que o método tem por objetivo melhorar o produto e o critério para julgar o melhoramento é o custo, mas o valor ou qualidade do mesmo não deve ser reduzido. Quando se fala em melhorar o custo do produto, este deve ser analisado como um todo do processo de produção ou como já foi citado em capítulos anteriores, deve-se considerar todas as fases do ciclo de vida do produto, desde a concepção até o seu descarte. Como será aqui exposto a análise do valor é entendida como uma revisão completa do projeto do produto, visando introduzir modificações, traduzidas através de novos princípios de solução, tecnologias, materiais, processos de fabricação, formas de distribuição, de operação e de manutenção do produto. Se assim considerado, é evidente que a análise de valor promoverá uma melhora da qualidade ou aumenta o valor agregado, razão porque também é chamado de engenharia do valor.

O método visto sob esta ótica é desenvolvido em etapas bem definidas como descritos a seguir:

1ª Etapa: Fase de preparação.

Como medidas preparatórias para aplicação do método da análise do valor tem-se: a escolha do objeto; o produto a ser submetido à análise; determinar o objetivo; compor um grupo de trabalho e planejar as atividades.

Para escolha do produto a ser submetido a análise do valor, são estabelecidos critérios diversos dentre os quais pode-se citar: técnica da análise ABC; aperfeiçoamento do produto, produtos que não tem sofrido modificações por muito tempo e observa-se que há necessidade de melhoramentos em função de avanços tecnológicos em maquinarias, materiais e processos; complexidade do produto, quanto mais complexos maiores são as chances de redução de custos; produtos que têm elevados custos de manutenção e de garantia são sérios candidatos; produtos dependentes de materiais escassos ou importados; posição competitiva do produto; se a margem de custo é pequena; possibilidade de normalização; etc.

No que se refere aos objetivos da análise de valor, deve-se fixar metas de redução de custos ou comparações do objeto de análise com os produtos da concorrência.

Para a formação do grupo de trabalho, uma das exigências fundamentais é que as pessoas que o compõe, deverão pertencer as diversas áreas da organização, como por exemplo: mercado; projeto; manufatura; controle de qualidade; financeira; compras e assistência técnica. Se assim for cada membro traz para o grupo a visão de sua área de atuação. A segunda exigência é que cada um seja um especialista de sua área no objeto a ser analisado. Além disto deve haver o compromisso com o trabalho de análise do valor e que os indivíduos sejam de níveis hierárquicos semelhantes.

2ª Etapa: Fase da informação.

Esta fase tem por finalidade conhecer a situação atual, desenvolvendo as seguintes atividades: obter as informações gerais da situação atual do produto e levantar os custos.

Informações do objeto são de caráter geral de todas as áreas envolvidas, mercado, compras, manufatura, qualidade, finanças, projeto que devem fornecer a maior quantidade possível de dados, para bem conhecer a situação atual do produto.

Outro tipo de informação fundamental para análise do valor é a dos custos do produto, pois servirão de padrões para a mensuração dos resultados a serem obtidos e para a determinação do quanto poderá ser despendido na modificações do produto. Cada empresa tem seu esquema ou forma de composição de custos do produto, mas para a análise do valor é importante que sejam desdobrados ao nível de conhecer os custos de peças, partes, atividades ou operações e também que sejam diferenciados, por unidade de custo, os custos de materiais, mão-de-obra e outros custos. Estes custos assim diferenciados devem ser fornecidos em folhas padrão, como exemplificado na figura 4.10. Na primeira coluna é colocada uma numeração do item e na segunda coluna uma identificação por nome da parte, código ou número do desenho. As outras três colunas devem ser preenchidas pelo setor encarregado do cálculo de custos.

Todas as informações levantadas nesta segunda etapa deverão estar disponíveis para o início de trabalho em grupo que é a próxima etapa.

3ª Etapa: Fase de análise.

Esta equipe, uma vez reunida, deverá analisar a situação atual, examinando as informações fornecidas e preencher a coluna da fig. 4.10. Mesmo que cada membro seja um especialista de sua área, é difícil ter uma visão de conjunto do produto. Este conhecimento, apropriado ao trabalho de análise do valor, é obtido quando a equipe preenche, em conjunto, a coluna 6, descrevendo a função de cada parte listada. Para a descrição das peças, partes, é recomendado efetuar perguntas tais como: Para que serve isto? O que isto faz? A resposta por sua vez deve ser bem concisa, na medida do possível um verbo mais um substantivo, como exemplos: suportar peso; conduzir combustível; ampliar força; melhorar acabamento; melhorar aparência; etc.

Cada parte ou operação deve ser examinada criticamente quanto a sua função, utilidade ou valor. Os membros da equipe deverão estar certos de que o valor se relaciona à função e não à constituição física do elemento ou operação. As vezes o produto inclui elementos de custo que, eventualmente, não têm valor para o consumidor. Então por que estes estão presentes? Provavelmente, porque os requisitos do produto não eram bem conhecidos na data de seu projeto, não havia tempo para executar um projeto econômico, ou então, porque, o engenheiro de projeto e o de manufatura efetuaram suas tarefas separadamente e sem consultas.

Assim esta etapa do método tem por função, uniformizar e atualizar os conhecimentos da equipe, identificar a real função de cada parte ou unidade de custo e identificar falhas ou deficiências no produto.

4ª Etapa: Fase criativa.

Concluído o preenchimento da coluna 6 da fig. 4.10, o passo seguinte é a equipe buscar idéias ou soluções que venham reduzir os custos para cada uma das unidades de custo. Para isto pode-se utilizar técnicas de criatividade como as descritas no item 4.3, ou então como mostra a figura 4.10, um conjunto de questões evocativas. Este conjunto de questões é aplicado a cada item e a resposta ou respostas alternativas devem ser registradas para uma posterior avaliação e estudo de viabilização. O recomendado é submeter cada item, por sua vez, ao conjunto de questões e aí passar aos itens seguintes até completar todos os itens listados do produto. A seguir apresenta-se uma breve discussão de cada uma das questões, sem preocupar-se com maior aprofundamento e exemplificações, o que será deixado a cargo do leitor identificar mais tarde, nos capítulos que tratam de aspectos de normalização, seleção de materiais, manufaturabilidade, montabilidade, etc.

ANÁLISE DE VALORES					Pode ser:	1 Eliminado este elemento?	2 Combinado com outros elementos?	3 Decomposto em partes mais simples?	4 Usada uma parte normalizada?	5 Usado um material normalizado?	6 Usado material mais barato?	7 Usado menos material?	8 Desperdiçado menos material?	9 Comprado mais barato?	10 Reduzido o refugo?	11 Afrouxado o limite?	12 Economizado no acabamento?	13 Simplificado o método?	14 Reduzido o risco de erro?	15 Feita mais alguma coisa?	
Número da parte	Parte ou operação	Custo de mão-de-obra	Custo de material	Valor ou função																	
Número da folha: Data:																					
Continuação da folha n.º:																					
Continua na folha n.º:																					
Identificação do produto:																					
Identificação do sub-conjunto:																					

Fig. 4.10 - Modelo de folha padrão de análise do valor.

Questão 1. Pode esta parte ser eliminada?

A primeira pergunta a que cada parte ou operação deve ser submetida, é que se pode ser eliminada. Se não apresenta valor para o consumidor então esta parte ou função deverá ser eliminada. O fabricante será beneficiado e o consumidor não perderá nada, talvez até esteja melhor sem o respectivo elemento.

A eliminação de partes desnecessárias poderá melhorar a aparência, tornando o equipamento mais simples, mais limpo e até aumentando a confiabilidade ao remover uma possível causa de falha.

Questão 2. Pode esta parte ser combinada com outras partes?

Combinar funções em uma única pode trazer vantagens como tornar o produto mais compacto e talvez reduzindo custos de fabricação e montagem.

Questão 3. Pode ser decomposta em partes mais simples?

Em certos casos, os componentes têm sido projetados para desempenhar várias funções, mas exames futuros mostraram que as dificuldades de fabricação desta parte de múltiplos propósitos é mais dispendiosa do que a fabricação do mesmo componente, mas composto de partes simples. Em outros casos, um componente apresenta uma forma difícil de ser usinada, e se não houver outro processo de fabricação, procura-se simplificar a forma da peça.

Questão 4. Pode ser usada uma parte normalizada?

Uma parte padrão é aquela que pode ser usada em mais de uma aplicação num único produto, ou em mais produtos. Esta parte pode ser padrão dentro de uma fábrica ou dentro de uma empresa que tem mais do que uma fábrica, ou ainda ser normalizada por acordos nacionais ou internacionais e, assim, disponíveis para todos os fabricantes. Parafusos, rolamentos, correias, são exemplos de produtos normalizados internacionalmente. Motores de automóveis são exemplos de partes normalizadas que são usadas em diferentes modelos dentro de uma mesma firma. Peças normalizadas deverão ser produzidas em grandes quantidades para serem compensadas.

A pergunta se existe uma parte ou uma peça padrão que desempenhará satisfatoriamente a função do elemento em consideração, precisa ser sempre efetuada. É

preciso também, perguntar o quão próximo a parte padrão coincide com os requisitos da peça especial ou se esta faz algo especial que a peça padrão não faz.

Estas mesmas perguntas deverão ser levantadas para processos. Muitas firmas mandam partes incompletas para serem processadas por firmas especializadas. Não poderiam estas operações especiais serem substituídas por operações padrão dentro da própria firma, ou alternativamente, não haveria suficiente demanda para justificar a aquisição de equipamento e mão-de-obra para efetuar estas operações?

Questão 5: Pode ser usado um material normalizado?

Mais e mais materiais estão sendo disponíveis ao projetista e fabricante: metais, plásticos, madeiras e derivados, cerâmica, filmes e fibras, materiais trançados, materiais compostos e, ainda, de todos os acabamentos. O problema da escolha do material está se tornando cada vez mais difícil e complexo. O projetista quer escolher o material adequado para cada parte. A pessoa responsável pelos estoques quer simplificar seu estoque, reduzir os custos e evitar erros. Quanto menor é a gama de materiais no estoque, mais fácil é o controle e administração.

Alguns materiais requerem condições especiais de armazenamento, tais como controle de temperatura e umidade. Assim, controlando a variedade de materiais é possível restringir o número necessário de espaços para o armazenamento. Materiais normalizados serão usados em maiores quantidades, os preços serão reduzidos, a inspeção no recebimento torna-se mais eficiente e menos dispendiosa. Finalmente, com menos materiais a escolher, a possibilidade de suprir a produção com o material errado é menor.

A solução é insistir, o quanto possível, no uso de materiais padrões. Isto não impede que o projetista e seus colegas de pesquisa e desenvolvimento continuem a pesquisar as propriedades de novos materiais; a usar materiais não padrões em partes que apresentem condições especiais de trabalho, nem que materiais novos venham tornar-se materiais padrões.

Questão 6: Pode ser usado material mais barato?

Até certo ponto esta pergunta é uma variante da anterior. Quem escolhe o material é o projetista e sua escolha depende de quais as oportunidades que ele tem de explorar conhecimentos disponíveis. Ao longo do desenvolvimento do projeto, são coletadas informações sobre os materiais passíveis de serem escolhidos. Nesta coleta de dados, são gastos tempo e dinheiro; o projetista não tem tempo suficiente para explorar todas as possibilidades, e muitas vezes não é possível prever precisamente a quais condições que os materiais do produto serão submetidos em uso.

Assim, o projetista as vezes se encontra diante de um conjunto de incertezas, cujo grau depende das circunstâncias. No caso da ausência de conhecimentos completos, o projetista tentará jogar seguro, muitas vezes especificando materiais mais caros do que são realmente necessários.

Aqui verifica-se uma grande virtude da análise do valor, pois quando o produto é reexaminado, haverá uma massa de informações sobre o comportamento do material em uso. Estas informações são derivadas dos registros de serviço do consumidor, que permitem reconsiderar a escolha do material por parte do projetista.

Outro ponto a ser observado é que no intervalo entre o projeto e a análise do valor, novos materiais podem ter sido desenvolvidos.

Os custos de materiais são normalmente cotados por peso, mas a comparação por unidade de peso é irrelevante; o que deve ser comparado é o custo por unidade de desempenho funcional ou por unidade de valor. Por exemplo, para materiais isolantes considera-se o custo por unidade de resistência, e para condutores tem-se o custo por unidade de condutância.

Questão 7: Pode-se usar menos material?

Por que usar dois quilogramas quando um quilograma já satisfaz o consumidor? Frequentemente a redução de peso é uma vantagem em si própria. Por exemplo, o

desempenho dos carros de passeio atuais é melhor que o de seus predecessores de 20 ou 30 anos atrás, parcialmente porque os atuais são mais leves. O desempenho de qualquer dispositivo de transporte é expresso em termos da relação entre a carga útil e a carga total; portanto, o desempenho do produto é aumentado reduzindo o seu peso. Assim, o valor do produto é melhorado ao reduzir o custo do material.

A redução de material pode ser alcançada através de cálculos. Na indústria aeronáutica é prática comum calcular as tensões em cada componente em condições extremas tais que se tenha certeza de que as partes da peça são suficientemente resistentes mas não muito pesadas.

O engenheiro nem sempre tem tempo para refinar o seu trabalho e elaborar o cálculo de tensões. Em outros casos é difícil ou mesmo impossível calcular as tensões em peças de forma complexa. Às vezes é mais econômico e mais rápido determinar a resistência de partes ou conjuntos estruturais por testes. Outros casos aparecem em que o projetista simplesmente especifica uma espessura da peça tal que se sabe, por experiência, que não haverá problemas.

Questão 8: Pode ser desperdiçado menos material?

As formas predeterminadas de peças podem ser basicamente obtidas por corte (usinagem) e conformação. Corte inclui operações de guilhotinar, estampar, serrar, tornear, plainar, furar, fresar, retificar. Conformar inclui fundição, forjamento, extrusão, estiramento, prensagem e dobramento, processos que são normalmente aplicados a metais, plásticos, cerâmica e materiais compostos.

Através do corte, são produzidas mudanças simples de forma em cada operação, e para cortar formas complexas é necessária uma seqüência de operações que, com o desenvolvimento atual no controle de máquinas-ferramenta, podem ser executadas automaticamente. Em contraste, peças de forma complexa podem freqüentemente ser produzidas com uma simples operação de conformação.

Os processos de conformação em geral produzem poucas perdas ou, mesmo, nenhuma. No caso da fundição têm-se canais de alimentação e massalotes, e na extrusão, os extremos dos biletos.

As operações de corte invariavelmente produzem perdas. Serras, fresadoras, furadeiras, rosqueadoras, tornos, todos produzem cavacos ou pó. A estamparia e o corte de chapas produzem retalhos.

Retalhos de tecidos, metal e vidro em pequenas quantidades representam custos maiores ainda, isto porque alguém deverá ser pago para removê-los. Cavacos ou retalhos em maiores quantidades são vendáveis e alguns acreditam que a venda traz lucros. Estes esquecem que o material nesta forma apresenta um preço bem menor do que o original e, ainda, que foram usadas máquinas e mão-de-obra para transformar material caro em cavaco.

A equipe de análise do valor deve examinar com cuidado qualquer peça que seja produzida por operações de corte, para ver se qualquer mudança no projeto ou processo de fabricação reduzirá a quantidade de material necessária antes que o corte se inicie.

No corte de tecidos ou chapas de metal é freqüentemente possível reduzir a quantidade de retalhos, pelo arranjo de configurações, de tal forma que o material entre peças adjacentes seja o mínimo.

Questão 9: Pode ser comprado mais barato?

Esta pergunta é muito comum quando na indústria está sendo preparada a produção de um produto novo. Nesta situação pergunta-se, o componente será feito dentro da própria indústria ou será comprado pronto? Quando a peça é reexaminada pela equipe, estas perguntas devem ser repetidas e as condições poderão ter mudado tanto que a decisão original já esteja obsoleta. Poderão ter sido adquiridas novas instalações que permitam fabricar a menor custo a peça que está sendo comprada de terceiros. Na situação contrária, existe agora um fornecedor que oferece o componente a um preço melhor.

À parte dos efeitos das mudanças tecnológicas e econômicas, a equipe precisa considerar outras possibilidades, tais como, se não há possibilidade de comprar mais barato o

componente ou material. Quem sabe não se usaram todas as possibilidades de barganha ou não se comprou de tal forma a obter o máximo de descontos?

Do lado do projetista, pode ter ocorrido que este tenha estabelecido especificações muito estreitas, ou por inocência ou mesmo arrogância, determinado que o componente fosse fabricado por um especialista.

Questão 10: Pode ser reduzido o refugo?

Neste caso, ao refugar uma peça ou componente, está sendo perdido material e mão-de-obra. Considere-se o exemplo de uma peça fundida e usinada que precise ser testada antes de ser aceita. No caso do corpo de uma válvula, este precisa ser à prova de vazamentos de água ou ar. Porosidades, fissuras, vazios não são aceitos e estes defeitos poderão existir na peça ao sair da fundição, sem que sejam perceptíveis numa inspeção da superfície. Então a peça é usinada, inspecionada e, se for visualmente satisfatória, submetida ao ensaio de pressão. Se ela vaza, então uma peça fundida, usinada e testada é refugada.

O cálculo do custo deve levar em conta a percentagem de refugo de cada processo. Se a percentagem de refugo for reduzida, o custo direto será também proporcionalmente reduzido.

O problema do refugo não é somente uma questão de administração da produção, mas também do projeto. Frequentemente o projeto é tal que a fabricação é desnecessariamente difícil. Então o projetista e o engenheiro de produção deverão cooperar para reprojetar a peça, de tal forma a ser tão boa quanto a original, porém mais fácil e barata de ser fabricada.

Questão 11: Podem os limites de tolerância serem afrouxados?

Esta pergunta é um caso particular da anterior. Em engenharia costumam-se definir dimensões com limites ou tolerâncias. Como nenhum processo de produção opera com absoluta precisão, pode-se dizer que dimensões sem limites não são informações suficientes para a produção saber se pode ou não fabricar esta peça.

Todas as tolerâncias deverão ser baseadas num balanço entre o que é exigido para um efetivo desempenho e o que pode ser alcançado por métodos de produção econômicos. Fabricar peças com menores tolerâncias é mais caro do que peças com maior tolerâncias. Quanto se consideram as tolerâncias deve-se, também, efetuar um balanço com o custo de montagem.

Questão 12: Pode ser economizado no acabamento?

Acabamento refere-se a qualquer tratamento superficial que pode ser aplicado a partes ou conjuntos. Isto pode ser necessário por razões técnicas e estéticas.

A pintura de uma parte melhora a sua aparência e protege contra a corrosão. No caso em que o material do corpo fosse de material não corrosivo, então a pintura seria somente necessária por razões de aparência. Acabamento inclui limpeza, que é preliminarmente necessária para muitos tipos de processos de acabamento. A limpeza, dependendo do caso, é feita por jatos de areia, desengraxantes, cortando material, retífica, polimento e o acabamento pode ser por pintura ou por deposição por métodos químicos e elétricos. Todos estes tratamentos envolvem o consumo de mão-de-obra, tempo de processo, uso de equipamentos, desgaste de ferramentas de corte (rebolos), consumo de potência, calor, ar comprimido e materiais.

A equipe de análise do valor deverá perguntar qual o valor do acabamento para o consumidor. É realmente necessário, e se é, por que é preciso ser tão dispendioso? Ou poderia o mesmo efeito, isto é, o prolongamento da vida e a melhoria da aparência do produto, ser alcançado usando um material que não necessite de acabamento? Ainda, há uma alternativa e um método de acabamento mais barato, uma alternativa de material, assim como uma tinta de menor custo?

Questão 13: Pode ser reduzido o risco de erro?

Pessoas erram, o que é natural e inevitável. Usualmente é possível detectar um erro, antes que este tenha ido muito longe, e corrigi-lo. Uma forma mais eficiente é prevenir erros em primeiro lugar, e isto às vezes pode ser feito.

Erros na produção precisam ser detectados, produtos defeituosos não devem chegar aos consumidores, sistemas de inspeção precisam ser organizados e implantados para rejeitar o que não é adequado. Além dos custos da inspeção, as peças rejeitadas representam também custos sem o prêmio da satisfação do consumidor. Assim, sistemas de controle de qualidade foram desenvolvidos para detectar tendências a erros, de tal forma que ações corretivas possam ser tomadas antes que refugos sejam produzidos.

Acredita-se que ações preventivas possam ser tomadas ainda mais cedo, na fase do projeto, ou na análise do valor, ao projetar componentes de tal forma que seja difícil fabricá-los erradamente e que seja impossível errar na montagem. Tais projetos reduzem a fadiga do operador e as montagens são auto-inspecionáveis.

Para reduzir os custos pela minimização de riscos de erro, é necessário conhecer quanto dinheiro está sendo perdido com erros. Informações precisas sobre refugos deverão ser conhecidas pela equipe. Relatórios sobre refugos de peças serão estudados com cuidado, tendo por objetivo descobrir formas de prevenir refugos através de mudanças no projeto, no método ou pela aplicação do controle de qualidade.

Questão 14: Pode qualquer outra coisa ser feita para reduzir os custos sem prejudicar o valor do produto?

Esta é uma pergunta vaga quando comparada com as anteriores. Uma pergunta deste tipo é apresentada por não se acreditar que haja uma rotina predeterminada para desenvolver um pensamento criativo, parcialmente para lembrar que esta é um exemplo de lista de perguntas e para encorajar cada equipe a preparar a sua própria lista de perguntas evocativas.

5ª Etapa. Fase de Julgamento.

Concluída a fase de criatividade, onde a preocupação foi obter quantidade de soluções alternativas, na presente etapa tem-se por objetivo o julgamento das idéias e identificar as idéias com qualidade. Para isto pode-se decompor esta etapa nas seguintes: formular e desenvolver alternativas; viabilizar tecnicamente; viabilizar economicamente e decidir pela melhor.

Uma alternativa é um conjunto de idéias que podem ser implantadas simultaneamente. É importante que se formule claramente este conjunto de idéias de modo a possibilitar uma análise mais detalhada da alternativa frente a critérios estabelecidos. Se para uma peça foi sugerido uma mudança na forma e troca de material, deve-se especificar em seus detalhes esta forma com esquemas e croquis, o material com suas características e o processo de fabricação.

Para viabilizar tecnicamente uma solução alternativa deve-se:

- listar todas as vantagens técnicas que a alternativa trará quando comparada à solução do produto atual;
- listar as desvantagens e possíveis riscos que afetem o desempenho da função e
- identificar medidas que deverão ser tomadas para eliminar e minimizar a ocorrência de falhas ou riscos.

Esta viabilização técnica pode requerer uma análise mais profunda do problema por especialistas fora da equipe de análise do valor ou mesmo implementação prática com testes e ensaios.

Para viabilizar economicamente a solução alternativa devem ser estabelecidos e avaliados critérios tais como: previsão de custos da alternativa; previsão dos investimentos necessários; amortização; retorno sobre o investimento; economia anual; economia por unidade produzida; etc.

Efetuada a análise técnica e econômica das alternativas cabe o passo de selecionar a melhor solução ou classificá-las usando uma forma descrita mais adiante no capítulo de metodologia de seleção da concepção.

6ª Etapa. Fase de Planejamento.

A última etapa é a do planejamento que compõe-se dos passos: apresentar a proposta; planejar a implantação e acompanhar a implantação. Destes passos o que compete ao grupo de análise do valor é a apresentação e venda da proposta, mas no que se refere aos demais passos, é conveniente uma continuada comunicação com os setores responsáveis pelos mesmos.

4.4. CONCLUSÕES

No presente capítulo procurou-se dar uma visão geral do que é criatividade e de alguns métodos tradicionalmente utilizados para a geração de soluções.

Como foi visto alguns métodos são apropriados para a busca de novas soluções e outros para melhoramentos de produtos existentes, especialmente o método de análise do valor. O importante a destacar é que todos os métodos induzem o indivíduo ou grupo de trabalho a gerar uma quantidade de idéias e alternativas, o que sempre deve ser o objetivo inicial. Com várias alternativas existe maior probabilidade de surgir uma boa ou inovadora solução ou, ao menos, leva à tarefa ou exercício de selecionar ou comparar soluções, que é um benefício.

Dizer qual é o método melhor é difícil, isto depende do grupo, com qual se adapta melhor e também do problema a resolver. O que se recomenda é conhecer e treinar os diferentes métodos e, quando através de um deles está difícil encontrar a solução, usar outros métodos. Cada método enfoca o problema de forma diferente.

4.5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 4.1. T. M. COMELLA. How to Manage Creativity Without Killing it. Machine Design. March 6, 1975, pp. 68-72.
- 4.2. N. SANDOR. Seven Dangers of Designers Overspecialization. Mechanical Engineering, October 1974, pp.23-28.
- 4.3. M. DICK. Creative Problem-Solving For Engineers, Machine Design, February 7, 1985, pp. 57-101.
- 4.4. E. RAUDSEPP. Stimulating Creative Thinking. Machine Design, June 9, 1983, pp.75-78.
- 4.5. A. E. CORYELL. The Design Process: 12 steps that turn ideas into hardware. Machine Design, November 9, 1967, pp. 155-161.
- 4.6. J. R. DIXON. Design Engineering: Inventiveness Analysis and Decision Making. McGraw-Hill, 1966.
- 4.7. J. RAMOS. A Biônica Aplicada ao Projeto de Produto. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFSC, 1993.
- 4.8. W. NACHTIGALL. La Nature Réinventée: la Bionique. Paris: Librairie Plon - 1987.
- 4.9. C. DI BARTOLO. Strutture Naturale e Modelli Bionici. Melano: Instituto Europeo di Design, 1981.
- 4.10. E. RAUDSEPP. Forcing Ideas with Synectics: a creative approach to problem solving. Machine design, October 16, 1969, pp. 134-139.
- 4.11. K. HOLT. Brainstorming - from Classics to Electronics. International Conference on Engineering Design - ICED/1995, Praga, August 22-24. Vol.1, pp.279-284.
- 4.12. G. BONSIPE, P. KELLNER e H. POESSNECKER. Metodologia Experimental: Desenho Industrial. CNPq, 1984.
- 4.13. P. R. SÁ RESIN. Desenvolvimento do Protótipo de uma Máquina Desoperculadora de Favos de Mel. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação de Engenharia Mecânica da UFSC, 1989.

4.14. Análise de Valor. Notas do Centro de Pesquisas e Projetos de Treinamento.
Fundação Volkswagen.

4.15. N. BACK. Metodologia de Projeto de Produtos Industriais. Guanabara Dois, 1983.