

24
PRO 2310 - Engenharia e sociedade

Prof. Mauro Sergio Salerus

15

A RESOLUÇÃO DO PROBLEMA DE MÉTODOS

Autor:

Francisco A. C. Oliva

Revisão e Extensão:

Equipe de Professores do
Depto de Eng^a de Produção

1986

1. A RESOLUÇÃO DO PROBLEMA DE MÉTODOS

1.1. INTRODUÇÃO

O engenheiro de Método se defronta permanentemente com o problema geral da seguinte natureza: partindo de um ponto de um estado, de uma situação A, como chegar a um ponto, estado ou situação B. Por exemplo:

- estado A: várias peças soltas; estado B: um conjunto montado. .
- estado A: um material saindo de determinada máquina; estado B: o mesmo material entrando em outra máquina noutro local.
- estado A: peças, folhas de papel, caixas; estado B: peças embaladas.
- estado A: lâminas de metal, prensas, estampos; estado B: peças prensadas.

Para cada um destes problemas existe quase sempre um número infinito de soluções possíveis. Se não houvesse alternativas, ou seja, se apenas se conhecesse um caminho para a transformação do estado A no estado B, o problema deixaria de existir. Isto quase nunca se dá - ao contrário, ordinariamente, são possíveis inúmeras soluções, algumas óbvias, outras menos evidentes.

Estas diversas soluções em geral não são todas igualmente desejáveis. Todas elas podem realizar o objetivo proposto (partindo de A, chegar a B), mas seus custos, porém, podem e costumam diferir entre si (custos considerados aqui com caráter mais amplo que dispêndio de moeda, incluindo consumo de materiais e de trabalho, riscos, satisfação de pessoas, etc.

A engenharia tem como escopo principal realizar as coisas com eficiência, a mínimo custo. O engenheiro de Métodos, portanto, diante de cada caso deve procurar conhecer as soluções possíveis, avaliar cada uma delas, pesar seus custos, e decidir por aquela considerada a melhor dentro do critério da eficiência.

A resolução de um problema de Métodos obedece, portanto, ao esquema geral de um processo de decisão. Krick, em seu livro *Methods Engineering* (Edward V. Krick, *Methods Engineering - Design and Measurement of Work Methods*, John Wiley e Sons Inc. New York, 1962), procurou utilizar elementos da teoria da decisão para analisar o processo de resolução dos problemas de Métodos. Este processo pode ser subdividido nas seguintes fases:

- 1 - Formulação do problema
- 2 - Análise do problema, com a coleta de informações sobre o assunto
- 3 - Pesquisas das alternativas possíveis
- 4 - Avaliação das alternativas
- 5 - Escolha da melhor solução

Tais fases, embora sejam, em princípio, bastante distintas entre si, podem não ter seus limites bem definidos, apresentando certa superposição. Por exemplo, é difícil definir onde termina a formulação do problema e onde inicia sua análise. A seqüência seguida na resolução do problema também pode variar: geralmente, o estudo se dá seguindo um processo seqüencial, com ciclos de reiteração parcial ou total das fases, como veremos mais adiante.

Na prática, os problemas costumam ser resolvidos sem que haja uma consciência das diversas etapas percorridas no processo da solução. Isto pode tornar os estudos menos sistemáticos e mais confusos prejudicando mesmo a qualidade dos resultados. São bastante comuns, por exemplo, estudos feitos sem que tenha havido uma definição mais completa do problema a ser resolvido. Embora isto pareça absurdo, é compreensível pois os problemas não costumam se apresentar expostos com clareza. Quase sempre, existem situações a serem estudadas, e a primeira tarefa, nem sempre fácil, é a de procurar isolar e definir os problemas subjacentes. É evidente que um esforço consciente e sistemático para bem definir os problemas a serem estudados é extremamente útil no encaminhamento de solução.

Em qualquer estudo, é sempre conveniente que se tenha consciência das diversas etapas percorridas no processo de

resolução do problema. O reconhecimento das várias fases - formulação, análise, pesquisa de alternativas, avaliação e decisão, e a abordagem consciente e sistemática de cada uma delas só pode contribuir para facilitar os estudos e melhorar os resultados.

1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A formulação do problema consiste em identificá-lo, em definir claramente o objeto do estudo. Esta formulação inicial não deve ser excessivamente detalhada. É um primeiro reconhecimento do assunto, uma definição ampla do caso a resolver. Posteriormente, na fase de análise, poderão ser feitos levantamentos mais minuciosos de dados e informações. A vantagem desta abordagem inicial ampla é procurar tornar claro qual o verdadeiro problema a ser resolvido, antes que o excesso de detalhes nos faça perder de vista o aspecto global da questão. É comum a pessoa se envolver desde o início em minúcias, e esquecer a feição geral do caso. As soluções se apresentam, então, como simples melhorias dos métodos existentes, quando uma reformulação completa com o estudo de novas alternativas poderia ter sido mais conveniente.

A formulação do problema em seu caráter mais amplo consiste essencialmente em definir o estado A de onde se deve partir e o estado B onde se pretende chegar. Um outro dado inicial importante é o número de vezes que deverá se processar a transformação do estado A para o estado B. A avaliação das alternativas depende sempre do número de repetições previstas, para o cálculo de rateio dos custos de implantação. Deve também ser estabelecido desde o início, com clareza, o critério a ser adotado na escolha da melhor alternativa. Finalmente, é importante conhecer-se logo o prazo para chegar-se a uma solução, pois a forma de atacar o problema, a extensão e a profundidade da análise a ser feita dependem essencialmente do tempo disponível para o estudo do caso.

Nem sempre a definição do problema se completa com a indicação dos estados inicial e final A e B. Em quase todos os casos, a escolha dos caminhos de A para B não é inteiramente

livre. Existem sempre pontos obrigatórios por onde se deve passar para que a solução possa ser aceita. Estas coisas que precisam acontecer ou aspectos que devem ser obedecidos na transição de A para B são chamadas restrições. Algumas são de ordem física: para fundir um metal é necessário aquecê-lo, para comprimir uma manta de fibra de madeira é necessário aplicar-se pressão, etc. Outras restrições são consequência de decisões tomadas: um certo trabalho deve ser realizado num determinado local, uma operação deve ser feita com determinado tipo de equipamento, etc.

A formulação do problema será tanto mais geral quanto menos restrições considerar. O ideal seria partir apenas dos estados A e B, sem quaisquer restrições para a pesquisa das soluções. Na prática, porém, já de início uma série de restrições é admitida. Para garantir o máximo de liberdade na busca das alternativas possíveis para não se perder de vista, como já foi dito, o aspecto global do caso, só devem ser levadas em conta na formulação inicial do problema as restrições mais importantes, que de qualquer forma serão respeitadas pois sua validade é indiscutível.

Em resumo, a formulação do problema compreende sempre

- a) Especificação dos estados A e B
- b) Restrições mais importantes
- c) Critérios de preferência
- d) Número de repetições
- e) Prazo para a solução

Amplitude do Problema

Já foi dito que as restrições impostas limitam a amplitude do problema. As próprias especificações dos estados A e B influem decisivamente na amplitude do problema, pois elas se traduzem também em restrições, permitindo ou impedindo séries de alternativas. Quanto mais detalhadas aquelas especificações, tanto mais restrito será o campo das possíveis soluções.

Um exemplo apresentado por Krick esclarece bem o assunto. É o caso de uma empresa que produz e distribui rações e fertili-

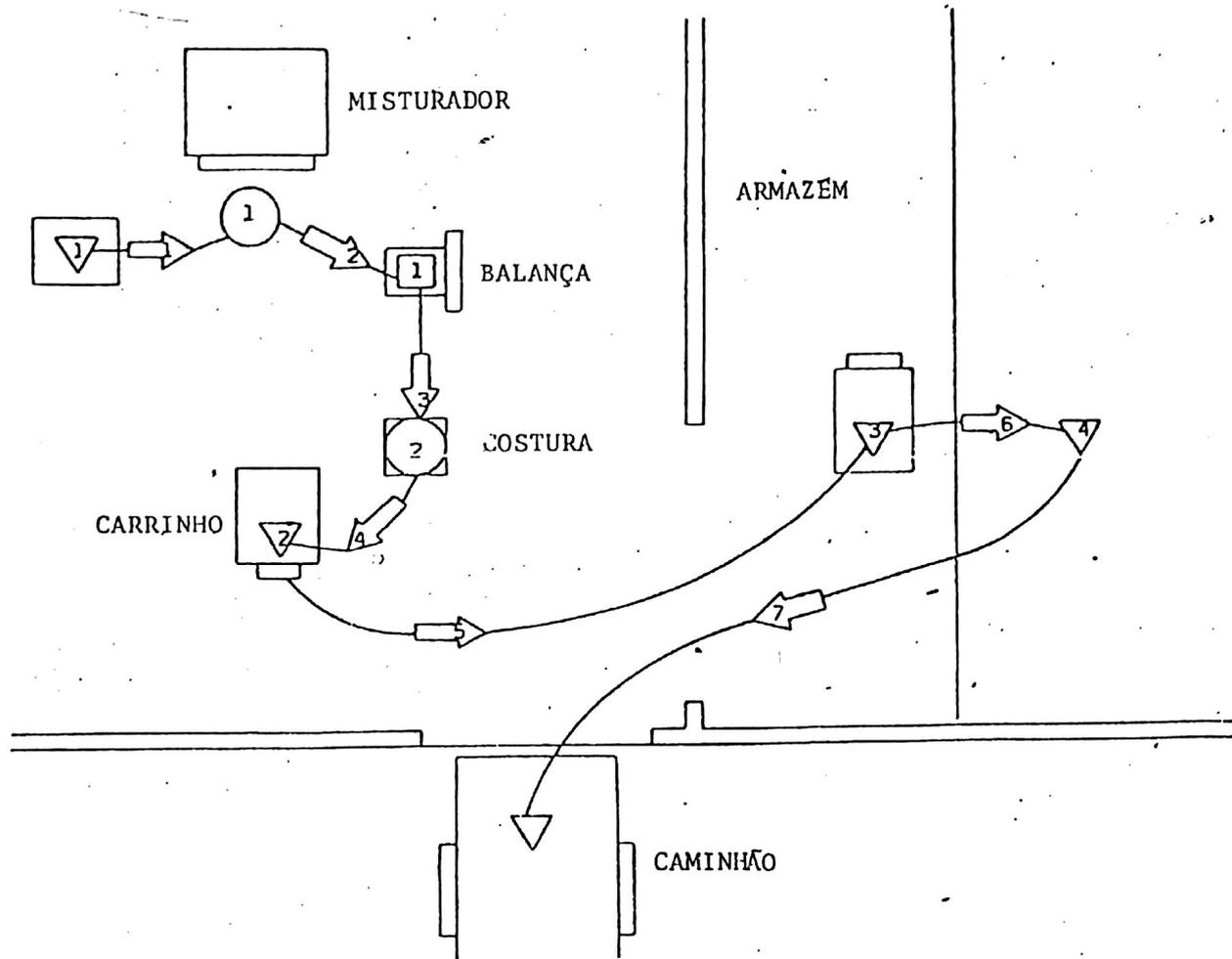
zantes aos agricultores, e que pretende reestudar seus métodos de manuseio e de armazenagem do produto. O engenheiro encarregado do estudo fêz o registro do método existente, conforme o fluxograma e o mapofluxograma (ver desenho na página seguinte). O problema em estudo pode ser, então, formulado como um caso de transferir a mínimo custo uma certa quantidade mensal de ração entre:

(Obs.: A formulação 1 abaixo é a mais restrita; a 9 é a mais geral, seguindo níveis intermediários de especificidade.)

1. O misturador é o armazém, em sacos que devem ser cheios, pesados, costurados e empilhados.
2. O misturador e o armazém em sacos.
3. O misturador e o caminhão de entrega, em sacos.
4. O misturador e o caminhão de entrega.
5. O misturador e o meio de transporte.
6. O misturador e os silos dos fazendeiros.
7. Os silos de componentes da ração e os silos dos fazendeiros.
8. O armazém e o fazendeiro.
9. O produtor e o consumidor.

A formulação nº 1 do problema é a mais restrita, não passando mesmo de uma descrição da solução em uso. Esta tendência que temos em aceitar inconscientemente aspectos do método corrente, sem analisá-los e discuti-los com objetividade, deve ser evitada a todo custo. É um defeito de abordagem que nos limita a visão do caso como um todo e impede-nos de observá-lo à distância. Assim, perdemo-nos em detalhes e esquecemos dos aspectos principais. Precisamos ter sempre em mente que a solução corrente é apenas uma entre muitas possíveis. A formulação explícita e sistemática do problema ajuda a que nos libertemos deste efeito de submissão à solução existente.

A série de formulações propostas no exemplo em estudo mostra que quanto menos específicos os estados A e B, mais amplo se torna o problema, deixando campo aberto para maior gama de soluções. Quando deixamos de citar sacos e caminhões, por exemplo, abriam-se as possibilidades para estudo das formas mais variadas de manuseio e transporte do produto estudado.



- ▽ Sacos vazios empilhados
- Sacos vazios são levados ao misturador
- ① Enchimento com ração
- Sacos são levados à balança
- ① O peso é verificado e ajustado
- O saco é levado à máquina de costura
- ② Fechamento da boca
- O saco é levado ao carrinho
- ▽ Espera sobre o carrinho
- O carrinho é levado ao armazém
- ▽ Espera sobre o carrinho
- O saco é colocado na pilha
- ▽ Sacos em estoque no armazém
- Os sacos são levados ao caminhão, em carrinho de mão

Com que grau de amplitude deve ser encarado um problema? É difícil fixar-se uma regra para resolver esta questão. Suponhamos um problema amplo, para o qual se possa conseguir uma solução ótima. Se dividirmos este problema em partes, e para cada parte determinarmos a solução ótima, raramente estas soluções parciais coincidirão com a solução geral. Quanto mais subdividido for o problema, mais será de se esperar que as soluções parciais se combinem numa solução sub-ótima para o conjunto. De acordo com estas considerações, cada caso deve ser atacado da forma mais ampla possível, para que as soluções sejam as melhores dentro de um ponto de vista global.

Por outro lado, quanto mais amplo o ataque ao problema, mais vastas poderão ser as modificações trazidas pela solução. Se no exemplo citado o engenheiro estudasse isoladamente cada operação, poderia sugerir apenas novos métodos de trabalho dos operários ou, quando muito, alguma pequena modificação no equipamento usado. Já num extremo, se o estudo amplo do problema levasse a uma decisão para o transporte a granel do produto, praticamente todas as instalações e equipamentos existentes estariam superados. A abordagem ampla do problema tem, portanto, implicações profundas de ordem econômica e organizacional, pois leva sempre a maiores mudanças, maiores custos de instalação, atingindo, obviamente, áreas mais extensas de autoridade dentro da organização.

O engenheiro de Métodos deve sempre, como norma, encarar os casos no aspecto mais geral possível, usando seu bom senso, percepção e julgamento no sentido de evitar amplitudes tão excessivas que tornem impraticáveis as soluções, dadas as condições econômicas e de organização da empresa. É aconselhável, porém, pecar um pouco mais por excesso do que por falta. Na formulação do problema, é preferível que haja um excesso de liberdade do que ficar aquém do ponto que poderia ser atingido. Se a amplitude for maior do que as circunstâncias permitem, se o engenheiro excedeu os limites econômicos e organizacionais permissíveis, isto transparecerá no decorrer do estudo e poderá ser corrigido, ao passo que, se ele se limitou a uma extensão do problema menor do que a que seria possível, acentuando assim o caráter sub-ótimo da solução, dificilmente esta falha será percebida.

1.3. ANÁLISE DO PROBLEMA

Depois de feita a formulação do problema em seu aspecto mais geral, passa-se à análise, que consiste em detalhar todas suas características, especialmente as relacionadas com as especificações dos estados A e B e com as restrições a serem obedecidas. Esta fase compreende o levantamento de dados, a coleta de informações sobre o assunto, sempre feitos com espírito crítico, a fim de separar os elementos realmente significativos e relevantes para a solução daqueles que, embora aparentemente importantes, não devem ser levados em conta na pesquisa e avaliação das alternativas.

Nestas etapas, são examinadas todas as restrições a serem observadas com o cuidado de identificar as realmente válidas, as que podem ser modificadas e as aparentes, assumidas como restrições de forma quase inconsciente, embora nada justifique esta atitude.

Restrições

Conforme já foi dito, as restrições são características ou aspectos que devem ser observados na transformação do estado A para o estado B para que a solução possa ser considerada aceitável.

Em primeiro lugar, temos as restrições reais - coisas que necessariamente devem acontecer, por razões naturais ou de ordem técnica para que haja a transformação de A para B: para acelerar a secagem, é necessário aplicar-se calor ou vácuo, a estampagem de uma peça deve necessariamente preceder seu polimento, etc. É impossível obter-se o resultado desejado se estas condições não forem observadas.

Existem quase sempre também restrições de ordem econômica. São aquelas que devem ser obedecidas pois, caso contrário, é evidente que haverá acréscimo de custos. É o caso do traçado de uma estrada desviar-se das áreas mais acidentadas das montanhas e dos precipícios. Na reformulação de um layout, as máquinas pesadas, as de instalações mais difíceis e comple-

xas, exigindo grandes bases, ligações elétricas, hidráulicas, de ar comprimido, etc., costumam ser deixadas onde se encontram, pois quase sempre o custo de sua mudança superará as vantagens que se conseguiriam com sua nova posição.

Outras restrições são impostas por decisões já tomadas por outras pessoas e que, de alguma forma, afetam o caso em estudo. Por exemplo, a administração superior resolveu que o produto tenha tais e tais características, o departamento X exige que a peça seja feita com determinado material, a seção de vendas impõe que o acabamento da peça obedeça a determinadas especificações, o controle de qualidade fixou os limites de tolerância a serem observados nesta ou naquela operação, etc. Muitas destas restrições se ligam com as especificações adotadas para os estados A e B.

Estas restrições decorrentes de outras decisões muitas vezes prejudicam a solução do problema. É o caso de decisões feitas de forma apressada, com informações insuficientes ou imprecisas, com visão parcial dos fatos, baseadas mais na intuição do que numa análise mais profunda do problema. Ou ainda é o caso de decisões tomadas na resolução de outros casos e que, embora afetem o problema em estudo, não o levaram em consideração. São os males de soluções adotadas para casos isolados sem a necessária preocupação com uma visão global do assunto.

O departamento X, por exemplo, exige que a peça seja feita com determinado material porque isto lhe facilita certas operações. Ignora, porém (ou não se interessa em saber), o quanto esta exigência representa em acréscimo de trabalho e de custo em outros departamentos.

Pode haver o caso de que as restrições acabam impossibilitando qualquer solução, ou então só podendo ser satisfeitas a custos extremamente elevados.

Nestes casos de restrições que prejudicam a boa solução do problema, elas ou são obedecidas a qualquer custo ou então procura-se conseguir sua revogação. Muitas vezes, estas restrições são aceitas por premência de tempo, ou porque o esforço necessário para mudá-las não é compensado pelos benefícios conseguidos com sua revogação. As características de

personalidade das pessoas que devem concordar com as alterações de especificações pode tornar praticamente impossível qualquer tentativa de mudança.

Finalmente, é preciso salientar o caso das restrições fictícias que, embora não reais, podem interferir de maneira decisiva na solução do problema. São restrições desnecessariamente assumidas no correr do estudo, não deliberadamente, mas de modo quase inconsciente. Age-se como se certas coisas devam ser de certa forma, apesar de nada existir criando esta obrigatoriedade. Não se cogita de outras alternativas sem que haja explicação para esta atitude. Se estas restrições fictícias se enunciassem explicitamente, seu absurdo se evidenciaria.

Estas restrições fictícias se referem, muitas vezes, a particularidades e características do método corrente, que são mantidas inalteradas sem uma verificação consciente de sua conveniência. Quanto maior a familiaridade com o método em curso, mais facilmente a pessoa torna-se presa destas restrições fictícias.

É notório o fato de que o indivíduo extremamente habituado a um certo método passa a não enxergar suas deficiências e tem dificuldade em imaginar novas maneiras de realizar o trabalho.

Ao se estudar um caso, é quase sempre necessário fazer-se o levantamento do método existente, seja para obtermos dados necessários ao estudo, seja para conhecer os índices de produtividade alcançados e poder estimar as reduções de custo com o método proposto, seja para identificar as partes consideradas satisfatórias e que não exijam reformulações. Ao tratar conhecimento com o método existente, porém, o engenheiro de Métodos deve estar sempre alerta para o perigo de se deixar envolver pelas restrições fictícias e perder a verdadeira dimensão do problema. Uma boa norma para vencer esta tendência consiste em considerar explicitamente cada característica do método existente como se fôsse uma restrição, e discutir o assunto a fim de verificar a validade desta interpretação.

1.4. PESQUISA DAS ALTERNATIVAS

A pesquisa das alternativas consiste na busca das possíveis soluções do problema que atendam à formulação inicial (passar do estado A para o estado B), e que estejam em concordância com as restrições impostas. O ideal seria conhecer todas as alternativas possíveis, e escolher a melhor delas. Teríamos, então, a decisão ótima. As diversas alternativas possíveis não estão, porém, dentro de uma cesta de onde possam ser tiradas uma a uma, até esgotar todo o lote.

Ao contrário, umas poucas apenas são conhecidas. A maior parte delas é ignorada e sua busca se faz por um processo mental complexo que depende de inúmeros fatores, tais como o volume de informações obtidas, os conhecimentos, o treinamento e a experiência dos indivíduos encarregados do estudo, sua criatividade, e também uma boa dose de sorte.

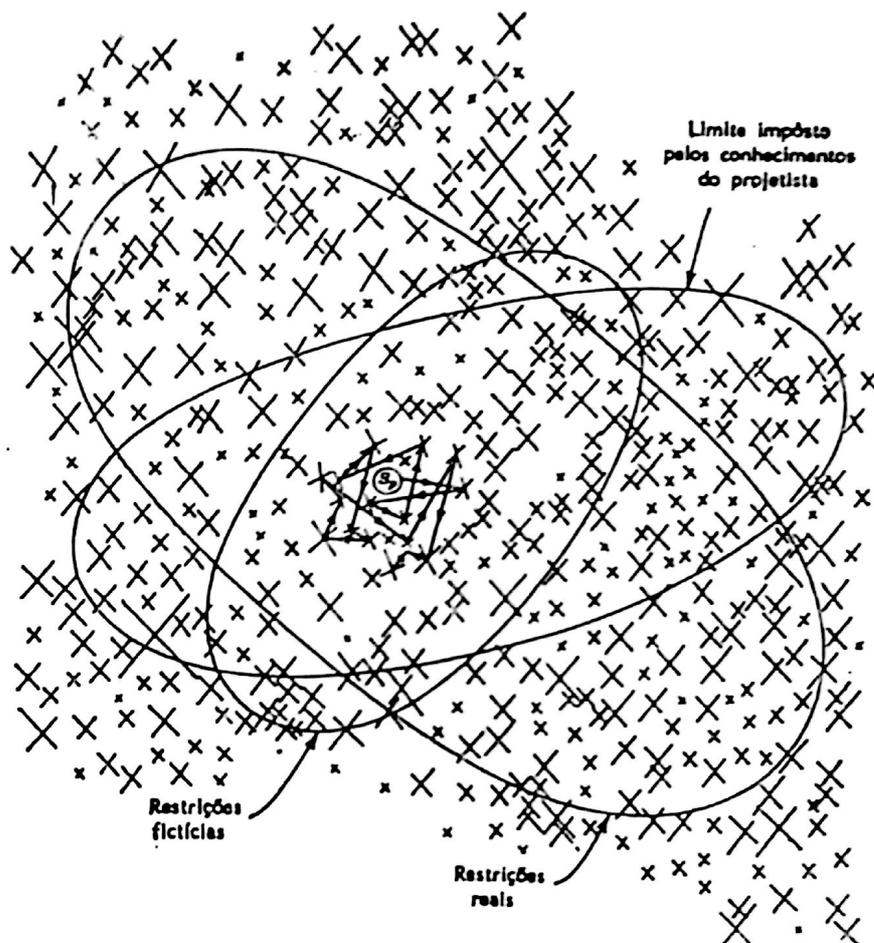
As soluções raramente são geradas como um todo. Imaginam-se soluções parciais cobrindo determinadas etapas do problema, e estas soluções parciais vão sendo combinadas e reformuladas adequadamente até se comporem numa solução total.

Krick, estudando esse processo de pesquisa de alternativas, procurou analisar o comportamento da mente do indivíduo ao realizar esta tarefa. Imaginemos um "espaço das alternativas", multidimensional, contendo as inúmeras soluções possíveis para o problema (ver desenho na página seguinte).

Cada ponto neste espaço representa uma solução diferente. A proximidade ou afastamento dos pontos indicaria a maior ou menor similaridade das soluções que elas representam. As diversas restrições delimitariam sub-espacos dentro do espaço de soluções possíveis. As soluções aceitáveis deverão estar no conjunto intersecção destes diversos sub-espacos. Além das restrições reais, existem as restrições fictícias e as delimitações do conhecimento e da experiência do indivíduo, fazendo ambas com que a solução seja procurada dentro de uma área geralmente menor que a de soluções aceitáveis. Estes diversos tipos de restrições estão representados nos desenhos sob a forma de linhas que isolam sub-conjuntos dentro do conjunto total das soluções.

GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS

ESPAÇO DAS SOLUÇÕES



. PROCESSO DEDUTIVO x PROCESSO INDUTIVO

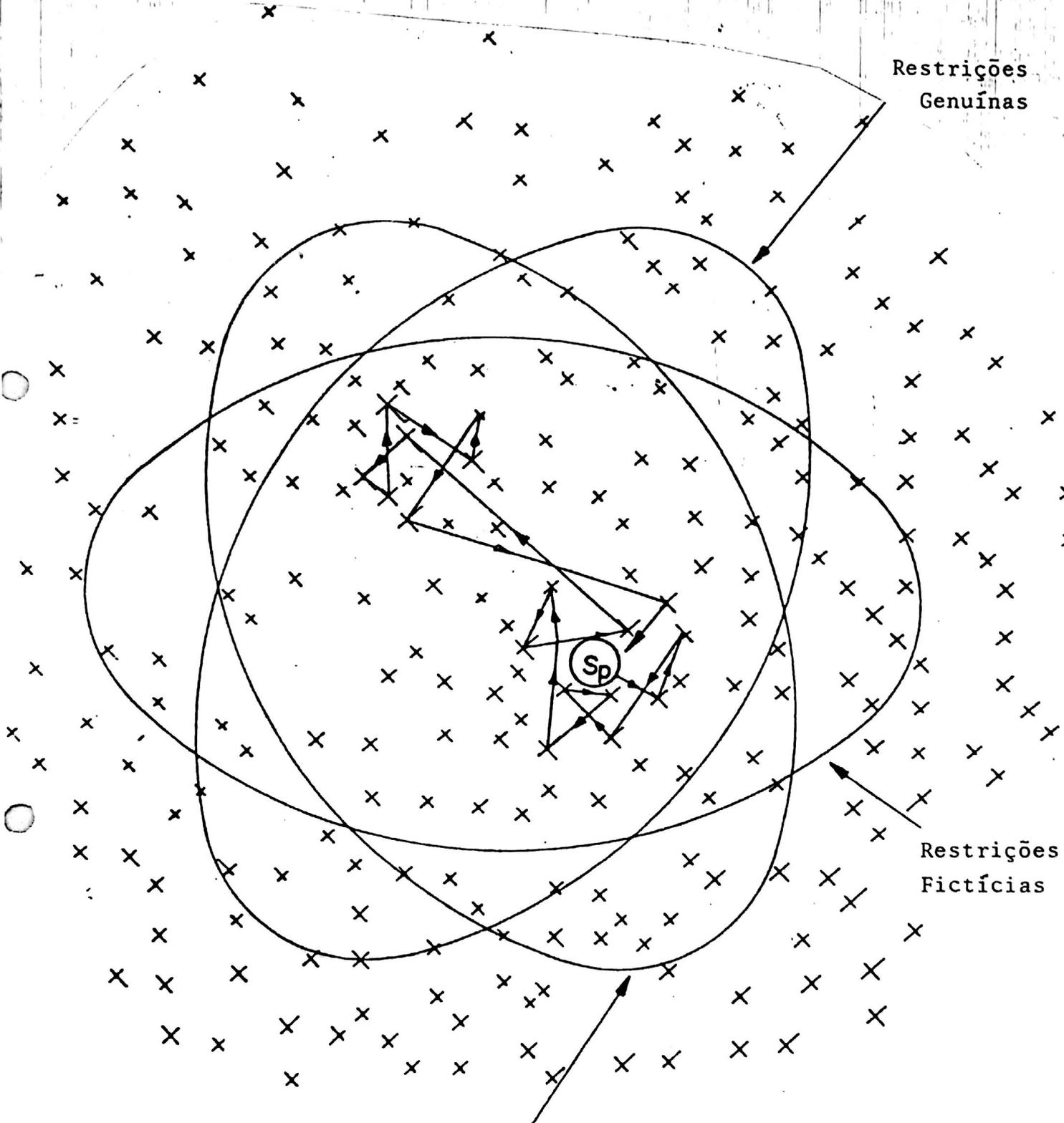
A IMPORTÂNCIA DA C R I A T I V I D A D E

ESPAÇO DAS SOLUÇÕES

Restrições Genuínas

Restrições Fictícias

Limitações do Conhecimento



Se todas as soluções possíveis pudessem ser examinadas, o problema poderia ser resolvido da melhor forma possível. Mas já vimos que as restrições fictícias e os limites de conhecimento e experiência já impedem o acesso às áreas talvez bastante grandes de alternativas aceitáveis.

Mesmo as alternativas que o engenheiro teria capacidade para imaginar não são todas examinadas. Ao contrário, o processo mental da busca de alternativas costuma ser precário e deficiente, deixando inexplorada áreas imensas de possibilidade.

Ao que parece, a busca de alternativas costuma obedecer ao seguinte esquema: partindo da solução presente (ponto S no desenho), passa-se de uma alternativa para outra, girando-se sempre em torno do ponto original, como se uma força de atração impedisse a mente de se libertar das características daquela primeira solução. Saltos para pontos mais remotos, mudanças para idéias radicalmente diferentes são difíceis de acontecer. Quando isto se dá, isto é, quando uma nova solução bastante diferente é cogitada, a mente passa a girar em torno desta nova solução e, se há um esforço para se desligar deste ponto, a tendência é voltar para o conjunto anterior de soluções.

A medida que o estudo se desenvolve, vão se formando estes pontos de concentração de soluções, que tendem a atrair a mente, tornando cada vez mais difícil para esta conseguir escapar para novas áreas. Ficam, então, sem desvendar inúmeras alternativas que talvez pudessem se constituir em soluções muito melhores para o problema em estudo.

O elemento mais importante para maior sucesso nesta pesquisa é a criatividade do indivíduo, sua capacidade de gerar novas idéias. Esta criatividade depende dos conhecimentos e experiência do indivíduo, e do grau de liberdade de sua mente ao se deslocar dentro da área de soluções possíveis, fugindo ao efeito de atração das soluções já conhecidas. É importante a concentração do indivíduo, o esforço aplicado na geração de novas idéias. A atuação do elemento sorte é também ponderável. Pelo efeito associativo, as novas idéias dependem de fatos guardados na memória e das coisas que o indivíduo faz, vê ou ouve no decorrer do estudo.

Algumas medidas podem contribuir para melhorar o processo de pesquisa de alternativas. Uma diz respeito ao alargamento da área de soluções, outras procuram desenvolver a criatividade.

Dentre as primeiras, temos:

- Formular o caso de forma ampla, salientando realmente os pontos essenciais de maneira que a verdadeira dimensão do problema se revele com clareza e em toda sua amplitude.
- Evitar o excesso de familiaridade com o método existente, para não ficar tão envolvido em seus detalhes e características que o problema passe a ser considerado apenas uma melhoria deste método.
- Estar sempre alerta com respeito às restrições fictícias; procurar sempre, de maneira sistemática, relacionar explicitamente o que é restrição e o que não é.
- Ampliar os conhecimentos relativos ao assunto estudado.

Em seguida, temos as medidas para uma exploração mais completa do campo de soluções. Estas medidas têm por objetivo eliminar tendências que prejudicam o trabalho de criação da mente, agitar o processo de raciocínio para adquirir maior grau de liberdade, e desenvolver normas para uma cobertura mais sistemática da área de possibilidades. Krick apresenta em seu livro a seguinte série de sugestões:

- a) Exercer o necessário esforço. A criatividade não se alcança sem uma boa dose de trabalho mental.
- b) Adotar sempre atitude crítica (por que? deve ser a pergunta mais freqüente).
- c) Tentar o ataque sistemático do problema, aplicação sistemática de indagações, alteração sistemática das diversas variáveis, exame sistemático de situações análogas, sistemática substituição, inversão, rearranjo ou combinação de idéias.
- d) Usar listas de idéias ou de indagações que a experiência anterior demonstrou ser útil considerar. O propósito aqui é sacudir a cadeia de idéias e libertar a mente da atração

pelas soluções já conhecidas.

- e) Procurar muitas alternativas. Acumular rapidamente o maior número possível de alternativas.
- f) Consultar outras pessoas. Informações e sugestões das pessoas com atividade relacionada com o caso em estudo são valiosas para aumentar os conhecimentos do engenheiro sobre o assunto, para despertar novas idéias, e também são úteis no sentido de facilitar a aceitação de novas soluções por parte daqueles que tiveram oportunidade de contribuir para o estudo.
- g) Procurar afastar o pensamento da solução existente, ou de soluções já exploradas, para escapar ao bloqueamento de idéias que elas provocam.
- h) Experimentar o exercício de criatividade em grupo, ou seja, o método do "brain storming" em que diversas pessoas juntas procuram imaginar todas as soluções possíveis para o problema. As idéias todas são registradas, ficando vedada qualquer análise ou crítica nesta fase. Devido à soma-tória dos conhecimentos individuais e a um processo de ativação mútua de raciocínio e de associações, este método pode fazer vir à tona grande variedade de soluções que talvez os indivíduos isoladamente não conseguiriam gerar.
- i) Evitar o conservadorismo. Não temer idéias revolucionárias e explorá-las mesmo que pareçam arriscadas ou pouco razoáveis.
- j) Evitar rejeição prematura, guardar sempre a idéia, retardar um pouco a avaliação. O que parece ser ridículo num certo momento pode mais tarde modificar-se em nova idéia e transformar-se numa alternativa promissora.
- k) Evitar satisfação prematura. Não se acomodar com a primeira boa solução encontrada, se ainda há tempo para continuação da pesquisa e se há perspectiva de melhores alternativas.
- l) Trabalhar em ambiente propício para o pensamento criativo em lugar sossegado e sem interrupções.
- m) Procurar sugestões para novas idéias em problemas análogos.
- n) Estar sempre consciente das limitações da mente e do processo de gerar idéias para procurar combater as tendências e efeitos inibidores da criatividade.

1.5. AValiação DAS ALTERNATIVAS

Definidas as alternativas, é necessário proceder à sua avaliação para poder identificar a melhor delas. Esta avaliação é feita dentro do critério de eficiência, isto é, relacionando-se o resultado previsto para cada alternativa com seu custo, resultado e custo estes medidos em termos quantitativos de receitas e consumos e levando também em conta, quando for o caso, fatores intangíveis como qualidade do produto ou dos serviços, satisfação de pessoas e de grupos, etc.

Conforme já foi dito, teremos a decisão ótima quando as alternativas possíveis são examinadas e avaliadas, identificando-se assim a melhor entre as melhores. Mas já vimos como é difícil a pesquisa das soluções possíveis. Por mais que se explore o espaço das alternativas, nunca chegaremos à certeza de havê-lo desvendado integralmente. Há sempre a possibilidade de existir soluções ainda não cogitadas.

Até onde deve estender-se a busca de novas soluções para a tomada de decisão? É necessário lembrar-se de que o estudo tem sempre um custo proporcional à sua duração. A busca das alternativas deve continuar até que a perspectiva de melhoria a ser conseguida com novas soluções não compense o custo de sua busca. Como é fácil de observar, esta regra tem apenas interesse conceitual pois, na prática, não se conhece a priori a melhoria que trará a nova alternativa nem quanto custará descobri-la.

Além disso, a busca de novas soluções não é um processo ordenado em que as vantagens que vão sendo obtidas decrescem sistematicamente à medida que aumenta a dificuldade com a busca. O resultado do trabalho criativo tem caráter essencialmente aleatório. São comuns os casos em que, depois de estudado a fundo o problema, quando parece esgotado o campo das possíveis soluções, surge uma nova idéia com resultados que suplantam largamente tudo o que já se havia conseguido.

A continuidade da pesquisa depende, mais do que do cálculo de custos e resultados, da intuição e percepção das pessoas que realizam o estudo. É encerrada quando se acredita estarem exploradas as áreas mais promissoras. Na maior parte dos casos,

a decisão se faz sob a pressão do tempo. Existem sempre prazos para a apresentação da solução. Em geral, estes prazos se referem a datas a partir das quais a falta de uma solução começa a ocasionar prejuízos, tanto mais vultosos quanto maior o atraso da decisão. Estes prejuízos podem ser incorporados ao custo do estudo, que assim cresce de forma violenta à medida que se vencem os prazos disponíveis. Esta ameaça de prejuízos acelera o encerramento da pesquisa de alternativas e a tomada da decisão. Muitas vezes, contribui também para apressar a decisão o fato de existirem outros problemas para serem solucionados, considerados mais urgentes do que o refinamento das soluções já disponíveis para o caso em mãos.

Segundo Marck e Simon (Marck, J.G. e Simon, H.A., Organization; John Wiley e Sons Inc., New York, 1952) raramente é procurada a alternativa ótima. Na maior parte dos casos, a tomada de decisão não se fez como pesquisa exaustiva de todas as possíveis soluções, mas sim com a descoberta de alternativas satisfatórias que atendem a um padrão mínimo de aceitação. Este nível de aceitação é estabelecido, conscientemente ou não, no início do estudo, mas pode variar no decorrer deste. Se muitas soluções consideradas boas se encontram com facilidade, há uma tendência natural para aumentar as exigências e ergue-se o nível de satisfação. Ao contrário, se se demonstra difícil conseguir alternativas razoáveis, isto pode baixar o nível de satisfação. O que se obtém finalmente não é a solução ótima, porém uma solução aceitável. Quanto mais extensa for a pesquisa das alternativas, maior probabilidade terá a solução de aproximar-se da ótima.

Seqüência do Estudo

Na prática, dificilmente as diversas fases da solução de problema são seguidas a rigor. Na própria formulação do problema e na coleta de dados e informações já costumam surgir as primeiras alternativas. A busca de soluções se faz permanentemente no correr do estudo, ao mesmo tempo em que um processo grosseiro de avaliação baseado quase sempre em puro julgamento elimina as alternativas consideradas inferiores e reserva as mais promissoras para um estudo mais profundo. A pesquisa de alternativas e a avaliação, pelo menos grosseira, se fazem simultaneamente. As alternativas que ficam após este exame

inical passam depois por um sistema de avaliação cada vez mais cuidadoso, colecionando-se assim as melhores para a análise e avaliação final.

Em todo este desenvolvimento pode continuar a coleta de dados e informações sobre o problema. Em geral, a solução do problema obedece um esquema seqüencial: com a coleta de informações, surgem as primeiras alternativas, cuja análise pode exigir nova coleta de informações, e assim por diante.

O Julgamento

Antes de encerrarmos esta exposição, é necessário fazer-se uma referência ao papel do julgamento no processo de solução dos problemas. O sentimento e intuição das pessoas são usados em larga escala, em lugar do raciocínio lógico ou de análise detalhada, em todo o correr do estudo, desde a própria identificação e formulação do problema até a escolha final da solução a adotar. Isto se explica pela quantidade e complexidade dos fatores em jogo, mesmo nos casos bastante simples. Destes fatores, uma boa parte são intangíveis que escapam a possibilidade de uma medida objetiva, tornando impraticável um tratamento matemático adequado. Nem por isto deixam de ser fatores importantes e essenciais para a solução do problema. Mesmo os fatores quantitativos, geralmente, não são conhecidos com rigor. Trata-se quase sempre de variáveis aleatórias, e o que se conhece são medidas grosseiras, aproximações, estimativas, que devem ser encaradas com reserva. Isto tudo, e mais o fato de que os estudos se desenvolvem sob a pressão do tempo, justificam o emprego do julgamento, da intuição, às vezes de mero palpite, em vez da análise extensiva e detalhada dos dados.

Não quer isso dizer que o raciocínio lógico e dedutivo, a aplicação de princípios e leis, o emprego de técnicas matemáticas não sejam importantes na resolução dos problemas. Nos casos mais simples, eles já são suficientes para o encaminhamento da solução. À medida que os problemas se tornam mais complexos, a análise científica passa a ter caráter mais auxiliar, sendo feita no sentido de clarear e definir o quadro dos fatores em jogo e de suas interrelações, facilitando assim o processo final de julgamento para a escolha da solução.

TABELA 1. Esquema de Um Processo de Projeto

Fases de um Processo de Projeto	Como Pode Este Processo Ser Aplicado a um Problema Conjunto
<p>I. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA</p> <p>Uma descrição geral, resumida das características do problema, sem detalhes e restrições e relacionando, pelo menos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Estados A e B e, talvez, 2. O critério principal ou os critérios 3. O volume* e 4. O limite de tempo 	<p>Projetar, dentro de aproximadamente 3 semanas, um método para montagem de 15.000 modelos X que aguardam suas peças componentes, de modo a minimizar o custo total.</p>
<p>II. ANÁLISE DO PROBLEMA</p> <p>Uma especificação detalhada das características do problema, incluindo as restrições. Esta fase está inicialmente, relacionada com as especificações dos estados A e B, critérios e seus pesos relativos e as restrições. Caracteriza-se pela coleta, investigação e busca dos fatos acima relacionados.</p>	<p>A análise deste problema acarretaria: Determinação das especificações dos componentes e do conjunto completo. Determinação dos critérios específicos empregados e seus pesos relativos, bem como o custo de instalação e operação do método proposto, a fadiga consequente, esforço, monotonia, tempo de aprendizagem necessário etc. Determinação das restrições sobre o método de montagem. Por exemplo, algumas peças componentes devem ser montadas antes de outras e já deve estar decidido que a montagem será em certa área da fábrica e executada na linha de montagem.</p>
<p>III. BUSCA DE ALTERNATIVAS</p> <p>A procura de soluções alternativas.</p>	<p>O projetista procura vários processos de montagem, disposições dos postos de trabalho, fluxograma, tipos de equipamentos etc., contando com suas próprias idéias e com as contribuições de muitas outras fontes.</p>
<p>IV. AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS</p> <p>A avaliação de soluções alternativas baseada nos critérios estabelecidos, em preparação para a decisão.</p>	<p>Aqui o custo de investimento (custo de instalação, capital, treinamento etc.) e custo de operação (custo do equipamento de operação, da mão-de-obra etc.) são calculados de acordo com a oferta competitiva.</p>
<p>V. ESPECIFICAÇÃO DA SOLUÇÃO PREFERIDA</p> <p>Delineamento das especificações e características de desempenho dos métodos escolhidos.</p>	<p>Nesta fase, os detalhes do método escolhido (a disposição dos equipamentos, processos de maquinária) são registrados para facilitar a implantação e o controle daquele método.</p>

* Volume previamente referido como número de repetições, refere-se por exemplo, ao número de automóveis a serem fabricados, ao uso previsto de certa rodovia, ao número esperado de clientes de uma usina elétrica etc.