

Computador: Conceitos e Aplicações

*Samsão Woiler **

1. Conceitos Básicos. 2. Descrição Funcional de um Computador. 3. Aplicações. 4. Conclusão.

A Revolução Industrial começada em 1860 foi um marco importante na história da humanidade. Porém, mais importante ainda será considerada no futuro a era da informática que ora atravessamos, iniciada há aproximadamente um quarto de século, com o emprêgo em larga escala dos computadores eletrônicos. Milhares desses equipamentos estão sendo utilizados atualmente nos mais variados campos, desde a produção de energia nuclear até projeto de mísseis e o processamento de informações em bancos, além do controle de estoques e diagnósticos médicos. Além das aplicações no campo da ciência e da técnica, seu uso se estende às ciências biológicas, econômicas, políticas e sociais. Há quem compare a inovação que o computador trouxe com aquela da máquina a vapor. Entretanto, as primeiras máquinas a vapor eram dez vezes mais velozes que os cavalos, e os computadores são milhões de vezes mais rápidos que as calculadoras mecânicas. Ralph Gardner, em 1955, quando presidente da Ge-

* Livre-docente da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

neral Electric, afirmou: "Quando escreverem a história de nossa era, citarão como os mais importantes desenvolvimentos tecnológicos, a energia nuclear, a automação e os computadores."

O primeiro computador eletrônico digital de grande porte só foi operado com sucesso cerca de 20 anos atrás. Porém, o conceito de computador data de alguns séculos, pois, já em 1617, John Nappier elaborava um dispositivo que facilitaria a multiplicação e Leibnitz, em 1678, descrevia uma máquina capaz de efetuar multiplicação através de adições sucessivas. O primeiro computador eletrônico de larga escala foi o Eniak completado em 1945 pela Moore School of Electrical Engineering da Universidade de Pensilvânia.

Nas seções que se seguem, os administradores não familiarizados com os conceitos e aplicações ligados ao uso do computador poderão encontrar idéias que eventualmente poderão ser úteis no diálogo com técnicos em computação.

1. Conceitos Básicos

O propósito desta seção é apresentar ao leitor as partes de um computador digital. Os computadores têm sido classificados em **Digitais** ou **Analógicos**, conforme a representação dos números, ou seja: discreta, cada número representado pelos diversos algarismos que o compõem, havendo para cada algarismo uma posição ou associada a certas grandezas físicas como tensão, corrente, permitindo assim uma representação contínua, respectivamente.

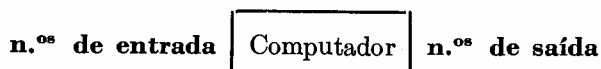
As funções básicas de um computador são a **entrada**, o **contrôle** dessa entrada, o **armazenamento** desses dados, o **processamento** desses dados e a **saída** de informações.

O **processamento comercial** é caracterizado pelos grandes volumes de entradas e processamento pouco elaborado, em contraposição ao **processamento científico** onde entram poucos dados e após um processamento muito elaborado acontece a saída. Pode-se entrar com dados num computador através de máquina de escrever, cartões perfurados, fitas de papel perfuradas, fitas magnéticas, leitura de discos magnéticos, interpretações óticas,

ou ainda pela leitura de caracteres magnéticos. Na função de saída pode-se relacionar praticamente quase tôdas essas entradas e mais algumas, como, por exemplo, as impressoras. A fita de papel, a fita magnética, o disco magnético, o cinescópio, a impressora, as máquinas de desenhar gráficos são entre outras algumas das saídas mais utilizadas.

1.1. O COMPUTADOR

O computador opera números que lhe são fornecidos, chamados de argumentos da operação, formando números de saída. Portanto, o diagrama de blocos mais simples de um computador será:



Muitas operações realizadas pelo computador são similares às efetuadas manualmente, tais como somar, multiplicar, etc. Do mesmo modo, o computador só realiza uma dessas operações por vez (os modernos computadores estão sendo desenvolvidos para realizar mais de uma operação simultaneamente). Portanto, se quisermos realizar muitas operações, estas deverão seguir alguma seqüência apropriada.

Diz-se ao computador que operações devem ser efetuadas por meio de **instruções** que normalmente não contêm apenas informação sobre uma operação que deve ser efetuada, mas também indicam quais os argumentos para a operação.

O computador em si é composto de duas partes principais: uma **memória** que armazena números e instruções e uma **unidade de processamento**, na qual o processamento realmente se efetua.

1.2. ARMAZENAMENTO

A memória armazena os números a serem operados, os resultados intermediários gerados durante o processamento e os resultados finais. A memória do computador é composta de um grande número de **caixas** análogas às caixas postais. A informação, dado ou item a ser memorizado são colocados nestas cai-

xas como uma carta é colocada numa caixa postal. Esses **endereços** são em geral números.

As informações, dados ou itens colocados nas caixas de memórias são chamadas **palavras** e são análogas às cartas.

Todavia, somente uma palavra pode ser armazenada em uma caixa de memória de cada vez. Há dois tipos básicos de palavras que podem ser colocadas nas caixas: quantidades numéricas e instruções. Uma palavra de instrução é um número e não há modo de dizer a partir da palavra em si se é uma quantidade ou instrução. Ao computador deve ser dito explicitamente qual endereço contém instruções e qual contém quantidades.

O fato de ser somente a interpretação da palavra que distingue instruções de quantidades é o primeiro conceito fundamental dos modernos computadores digitais, pois capacita o computador a operar com instruções, isto é, o computador pode formular ou alterar uma instrução tratando-a como se fôsse uma quantidade e depois, durante o processamento, essa instrução alterada pode ser executada. Isto dá ao computador a capacidade de realmente escrever instruções assim como executá-las. Assim o computador pode dizer a si mesmo o que fazer.

A unidade de processamento tem duas funções: 1) obter instruções da memória e interpretá-las; 2) executar as operações. Por isso a unidade de processamento é composta de duas partes: 1) o controle, relacionado com a primeira função; 2) unidade aritmética relacionada com a segunda, que serão apresentadas a seguir.

1.3. PROCESSAMENTO: CONTRÔLE E UNIDADE ARITMÉTICA

O **controle** deve interpretar a instrução, e com base na interpretação, comandar a unidade aritmética para que execute as operações. A última função é concluída por meio do uso de sinais de controle eletrônicos. De acordo com essas duas funções, podemos separar a parte do controle que interpreta ou decodifica as instruções, chamado decodificador de instruções, da parte que gera os sinais de controle chamada gerador de controle.

Para que o decodificador realize sua função deve constantemente referir-se à instrução que está sendo interpretada durante o tempo em que os sinais de controle estão sendo acionados. Para facilitar isso, enquanto uma instrução está sendo executada ela é armazenada em uma célula especial chamada registro de instruções, localizada no decodificador de instrução.

Existe uma outra célula de memória especial localizada no decodificador de instrução, chamada registro de endereço atual. O conteúdo desse registro é (quase) sempre o endereço de memória da qual a instrução que está sendo executada se originou. A razão disto está relacionada ao fato de o endereço da instrução referida ser dado como parte da instrução prévia.

Vejamos o que acontece na **unidade aritmética** enquanto uma instrução está sendo executada. Na maioria dos computadores somente uma palavra por vez pode ser transferida entre a unidade aritmética e a memória, portanto, para efetuar uma operação envolvendo dois argumentos, deve o primeiro ser transferido da memória para a unidade aritmética e armazenado temporariamente enquanto o segundo está sendo transferido. A célula especial da memória na unidade aritmética para esse fim é chamada de acumulador. Quando a operação é efetuada, o resultado é formado no acumulador antes de ser transferido de volta à memória.

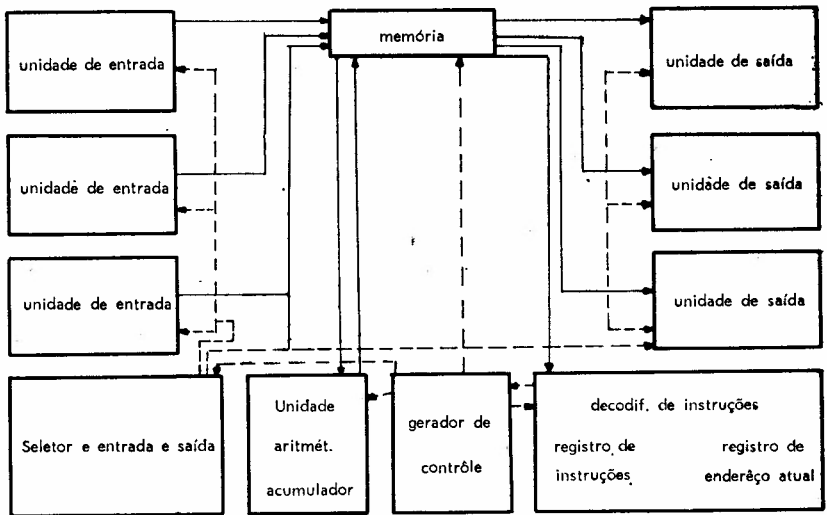
1.4. ENTRADA E SAÍDA

A maioria dos computadores tem várias destas unidades de entrada e saída. O seletor de entrada e saída determina qual a unidade a ser acionada; êle é controlado por sinais do gerador de controle.

Há muitos meios pelos quais os números e instruções podem ser introduzidos ou extraídos da memória do computador, conforme vimos na introdução desta seção. Porém as velocidades variam desde cerca de 10 caracteres por segundo para máquina de escrever, até vários milhares de linhas por minuto para impressoras, ou centenas de milhares de caracteres por segundo em fita magnética.

1.5. DIAGRAMA DE UM COMPUTADOR

Resumindo os conceitos apresentados nesta seção, reproduzimos o diagrama utilizado por Ledley na descrição funcional de computadores:



As linhas cheias indicam fluxo de dados e informações e a pontilhada sinais de controle.

2. Descrição Funcionar de um Computador

O funcionamento de um computador durante a execução de uma instrução pode ser resumido em quatro fases.

Admitindo que uma instrução já tenha sido transmitida para o registrador de instrução, teremos em seguida:

Fase 1: envolve a transmissão do primeiro argumento da memória para o acumulador. Durante essa fase o decodificador de instrução determina o endereço do primeiro argumento da instrução e o gerador de controle produz sinais de controle que transmitem o conteúdo desse endereço de memória para o acumulador.

Fase 2: durante essa fase, o segundo argumento é trazido para a unidade aritmética e a operação é realizada. Ambas as funções estão incluídas na mesma fase, pois na maioria das vezes a operação é realizada quando o segundo argumento entra na unidade aritmética. Nesta fase o decodificador de instruções determina a partir da instrução o endereço do segundo argumento e qual a operação a ser realizada. O gerador de controle gera sinais que acionam a unidade aritmética para perfazer essa operação e sinais que transmitem o conteúdo do endereço do segundo argumento para dentro da unidade aritmética. Esta realiza a operação geralmente deixando o resultado como conteúdo do acumulador.

Fase 3: o conteúdo do acumulador é transmitido ao endereço de memória especificado na instrução.

Fase 4: o endereço da instrução seguinte é verificado e o conteúdo do registro de endereço atual é atualizado para o novo endereço. O conteúdo deste novo endereço é transmitido para dentro do registrador de instruções. Aí a Fase 1 para essa instrução é iniciada e o processo se repete.

Em alguns computadores não é necessário especificar os endereços dos dois argumentos numa instrução. Também o endereço de memória para o qual o resultado será transferido nem sempre é especificado. Nestes computadores, instruções múltiplas seriam equivalentes em função de uma única instrução do computador descrito por Ledley.

3. Aplicações

De uma maneira genérica o computador pode ser concebido como um **transformador de números**. Dados números são a ele fornecidos (**input**) e transformados em outros números, ou seja, a solução do problema (**output**).

Todavia, o computador só pode atingir seus objetivos se fôr comandado pelo homem, isto é, além dos dados, devemos fornecer à máquina instruções de como realizar os cálculos desejados.

Quem faz isto é o programador. Cumpre, a esta altura, observar que antes da utilização do computador, deve ser feito um estudo integrado do sistema a ser processado, determinando-se assim os cálculos a serem efetuados pelo computador. Quem faz esta parte é o analista.

A seguir apresentamos diversos exemplos de aplicações científicas e comerciais:

3.1. APLICAÇÕES CIENTÍFICAS

Com a utilização do computador os cientistas podem resolver hoje problemas cuja solução demoraria alguns anos se os cálculos tivessem que ser executados mecânicamente, possibilitando assim novas descobertas e melhorias nos processos tecnológicos.

1º) Na astronomia só podemos observar e não experimentar. Os movimentos de vários planetas ou cometas são representados por expressões matemáticas que podem ser testadas com posições futuras dos astros, e assim serem corrigidas até a perfeição. Antigamente os cálculos demoravam anos sendo feitos em calculadoras manuais. Hoje, com a rapidez dos cálculos, pode-se verificar as equações praticamente ponto por ponto, obtendo-se assim maior perfeição em menor tempo.

2º) O projeto ARGOS deveria testar cálculos teóricos do que aconteceria quando uma pequena bomba atômica explodisse na atmosfera terrestre. Para tanto, seria lançado um foguete dotado de ogiva nuclear, que explodiria a uma altitude de trezentas milhas da superfície terrestre. O problema era saber que tipo de instrumentos de medição deveriam ser usados, que medidas tomar, qual a melhor localização geográfica para a explosão, a altitude ótima para a mesma, etc. Como sabemos, a teoria do eletromagnetismo fornece, através de equações diferenciais, as trajetórias de partículas elétricas carregadas quando em movimento num campo magnético, uma vez conhecidas as condições iniciais (direção e velocidade da partícula). Se fôssemos supor todas as condições iniciais possíveis para as partículas atômicas (decor-

rentes das condições da explosão) para, através das equações, determinarmos a trajetória das mesmas após a explosão, o cálculo humano seria impossível). Porém, utilizando o computador, tornou-se possível simular tôdas as situações possíveis e assim chegar a conclusões quanto à localização geográfica, altitude, etc.

3.2. CONTRÔLE AUTOMÁTICO DE PROCESSOS

Uma das mais importantes descobertas de nossa época foram os mecanismos auto-reguláveis ou contrôles automáticos. Seu funcionamento repousa no **feedback loop system** e, com êles, pode-se controlar máquinas, organismos vivos, organizações ou sistemas homem-máquina.

Nesses sistemas os resultados das operações sob contrôle são comparados com o planejado. Se houver diferença sensível os contrôles devem ser revistos convenientemente, de modo a trazerem os resultados das operações mais perto do planejado. Hoje muitos desses contrôles ainda envolvem intervenção humana no estágio de tomar decisões. Cada vez mais, entretanto, as empresas estão utilizando computadores eletrônicos, que fazem todo o contrôle dos processos sem nenhuma intervenção humana, constituindo os chamados **closed loop systems**. Sua utilização é crescente nas novas refinarias de óleo, fábricas de papel, produtos químicos, siderúrgicos, etc. A primeira a utilizar tal processo foi a Texaco Polymerization Plant, onde o computador eletrônico recebe informações de cerca de cem fontes e controla dezesseis pontos diferentes de pressões e temperaturas nos vários estágios de fabricação. A vantagem do contrôle neste caso prende-se mais à eficiência do que à economia de mão-de-obra, pois os seres humanos, devido à complexidade do processo, conseguiram apenas oitenta e cinco por cento de eficiência e o computador noventa por cento.

Para maior esclarecimento, apresentaremos alguns casos de aplicação de computador ao contrôle de processos:

1º) Consideremos o processo de frezamento de um contôrno bidimensional. Este será formado por avanços sucessivos de ferramenta nas direções x e y , avanços êstes comandados por servo-

mecanismos hidráulicos. Através de rápidos impulsos pode-se controlar esse servomecanismo de tal modo que ele mova a ferramenta de maneira a obter o controle desejado. Exemplificando: cada vez que o controle de direção x recebe um impulso, ele faz a ferramenta avançar 0,0002 cm naquela direção. Assim, se for possível obter 20.000 impulsos por segundo, a velocidade de avanço da ferramenta na direção x será, no máximo, 4 cm. Variando o número de impulsos por segundo a velocidade com que a ferramenta se move na direção x poderá ser precisamente controlada. Para a direção y usa-se o mesmo tipo de controle. Evidentemente a precisão do processo estará limitada pelo menor avanço possível de dar em qualquer uma das direções. O problema de utilizar um controle eletrônico para o processo de corte consiste em determinar a seqüência apropriada de movimentos nas direções x e y , bem como sua duração (o que será feito através do número de impulsos dados). A partir do desenho feito em papel milimetrado poderemos determinar as posições sucessivas do centro da ferramenta de corte. Prosseguindo, estabelecemos a seqüência e número de impulsos em cada uma das direções (x e y), de maneira que estas posições (centros da ferramenta) sejam atingidas. Esta determinação, feita a partir da planta seria, como é fácil de ver, muito trabalhosa. Usa-se então um computador que, seja a partir da planta (por leitura direta do desenho), seja através de dados fornecidos analiticamente, perfura cartões ou uma fita de papel, dando o percurso do centro da ferramenta. Estes dados são, por exemplo: horizontal de 2 cm; reta inclinada de 45 graus, com 1 cm; semicircunferência de raio de 1 cm, etc.

Os cartões ou fitas provenientes do primeiro computador são introduzidos num segundo, que determina a seqüência e número de impulsos em cada direção. Estes são transmitidos ao servomecanismo, cujo controle também é feito pelo computador.

2º) Em muitas indústrias os processos freqüentemente envolvem seqüências de decisões para as quais todas as alternativas possíveis são conhecidas. Por meio de um computador digital, o processo pode ser feito de maneira completamente automática. Há grande vantagem nesse tipo de controle, pois as decisões tornam-se de maior confiabilidade e pode-se executar projetos de processos bastante complicados. Por exemplo: no caso de uma in-

dústria química há vários pontos do processo em que pressão, temperatura, etc., devem ser rigorosamente controlados. Quando as condições fugirem das especificadas, providências devem ser tomadas para a normalização das mesmas. Isto deve ser feito através da abertura de válvulas, contróle de termostatos, etc.

Utilizando-se um processo eletrônico de contróle, as informações físicas (aumento de vazão, queda de temperatura, etc.) são transformadas em impulsos elétricos (**input**). O computador recebe estas últimas e através de um programa decide quais as providências a serem tomadas.

Estas (**output**) são transformadas em sinais mecânicos de comando para os dispositivos de contróle.

3º) Até agora vimos exemplos de **closed loop systems**. Veremos adiante um caso de **open loop system**, isto é, o computador colige e analisa informações, separa condições especiais e apresenta os resultados ao operador para decisão e implementação. É o caso do **sage system**, que descreveremos a seguir.

O **sage system**, sistema de defesa aérea, é um complexo automático muito sofisticado de contróle. O centro desse sistema é uma rede enorme de computadores eletrônicos nos quais se colocam informações de planos de vôo e sobre o tempo. Por meio de gigantesca rede de comunicações o radar é ligado diretamente aos computadores.

Quando se identifica um avião, sua posição é exibida junto com os planos de vôo armazenados. Assim determina-se se é ou não inimigo. Se é tido como tal, a máquina dá sua posição, velocidade e direção num mapa (tubo de raios catódicos) na frente do pessoal de comando. Adicionalmente o computador sugere uma distribuição das forças disponíveis para encontrar o inimigo. O responsável humano decide contudo sobre a locação das forças, podendo aceitar ou não a sugestão do computador. A decisão deve ser comunicada à máquina, que então guiará os interceptadores ao alvo.

Trata-se, como vemos, de um **automatic control loop**, no qual o homem tem o poder de veto. Contudo, os subprocessos de guiar os interceptadores ao alvo envolvem **closed feedback loops**, pois

mudanças de curso dos interceptadores devem ser detectadas e corrigidas, e eles devem reagir às fugas do inimigo.

Pode acontecer que em caso de ataque a situação seja de tal modo complexa que a única coisa a fazer seja atender às sugestões do computador.

Este sistema tornou-se porém obsoleto antes de sua completa instalação. Foi projetado para trabalhar com aviões de velocidade aproximadamente igual à do som e agora há o problema dos mísseis intercontinentais para os quais não há a existência de radar ou armas de defesa. Porém, o crescente congestionamento do tráfego aéreo nos Estados Unidos parece requerer um controle automático mais ou menos nos moldes do *sage system*.

As velocidades dos mísseis estão atingindo valores tais que tornam impossíveis as reações humanas de controle. Não se teria chegado ao progresso atual em astronáutica e armas de defesa sem o concurso dos computadores eletrônicos.

3.3. COMPUTADORES E PROCESSAMENTO DE DADOS

Um dos maiores objetivos da automatização de escritórios é a redução de suas despesas. Nem sempre isso ocorre mas tem-se conseguido sucesso principalmente em situações de grande volume. A Ford Motor Company economizou centenas de milhares de dólares em um ano na preparação de sua fôlha de pagamento de Detroit. As empresas seguradoras de vida, que lidam com grandes arquivos, também encontraram no computador eletrônico um instrumento imprescindível para conter os crescentes custos de seus escritórios. O departamento de recenseamento dos Estados Unidos traduziu sua mão-de-obra à metade e produziu duas vezes mais com o uso do computador eletrônico.

Vejamos alguns casos típicos:

1º) O controle de estoques é talvez o campo mais válido dos computadores eletrônicos nas indústrias manufatureiras. Para esse controle necessitamos de estudos detalhados sobre fluxo de informações, definição dos controles, etc. Considere-se por

exemplo uma firma que produz e vende determinados produtos. Esta firma deve ter:

- lista completa dos compradores, endereços, balanços, créditos, etc.;
- lista completa de todos os componentes do produto e suas quantidades, bem como quantidades de produtos acabados, semi-acabados, etc.;
- lista de fornecedores que contém nome, endereço, balanço, créditos, etc.

O computador controlaria então os compradores (créditos, descontos, etc.), os estoques (tanto intermediários como finais), detectando faltas e emitindo ordens de compra para os fornecedores.

A velocidade com que o computador pode determinar os efeitos de uma mudança nos estoques trará bastante economia, diminuindo o investimento em estoques. A quantidade de papéis e a confusão conseqüente serão bastante reduzidas. O computador poderá fornecer relatórios completos à diretoria com base nas ordens emitidas.

2º) Aproveitando as idéias desenvolvidas pelo sistema sage, companhias estão começando a considerar **sistemas integrados**, nos quais os dados são coletados em vários locais e enviados através de um complexo sistema de telecomunicações para um computador central.

Em tais sistemas, o computador está em posição de adquirir informações, considerando milhares de ocorrências como ordem de produtos, recepção de matérias-primas, produção de peças, etc. Estas informações podem ser analisadas e comparadas com os planos, permitindo assim correções em tempo hábil. Um dos primeiros sistemas **Real Time** foi o das linhas aéreas americanas.

O problema de reservas de passagens é complexo, notando-se que centenas de cancelamentos, vendas, trocas de horário, etc., são feitos a cada minuto. Por meio de um computador conse-

gue-se satisfazer ao freguês com reservas imediatas, e à companhia com uma perfeita lista das reservas efetuadas. Tudo em poucos minutos.

Se não houver vaga o computador indica outros vôos, assim como hotéis, lugares de interesse em seu destino, providências, conexões com outros vôos, etc. Para a companhia o computador informa o número de passageiros em cada vôo, as provisões de comida e bebida necessárias, porcentagem de faltosos, fatores de peso, número de vôos atrasados, etc.

O sistema de controle **Real Time** é agora também utilizado em outras empresas, como por exemplo bancos no controle dos saldos de contas correntes.

3º) No diagnóstico médico pelo computador podemos ter a seguinte seqüência:

- o computador dá uma lista dos possíveis diagnósticos, baseado nos conhecimentos médicos e nos sintomas do doente.
- indica os testes posteriores para a escolha entre dois diagnósticos alternativos.
- calcula a probabilidade de cada diagnóstico alternativo.
- compila dados estatísticos que: a) relatam combinações de sintomas; b) estimam os resultados dos tratamentos das doenças.
- elabora um critério quantitativo para utilizar na avaliação dos resultados de certos exames como eletrocardiogramas, eletroencefalogramas, etc.
- elabora o mais preciso plano de tratamento.

4. Conclusão

Com os computadores, os matemáticos e cientistas foram obrigados a introduzir novas técnicas para a resolução de problemas. Na pesquisa dessas técnicas foram ajudados pelos próprios computadores. Alguns modelos matemáticos que têm sido desenvolvidos envolvem uma grande quantidade de cálculos para a obtenção de solução. Um exemplo típico é a programação linear.

Em uma indústria química, a partir do custo das matérias-primas, característicos tecnológicos e preços dos produtos, pode-se decidir as quantidades a serem produzidas. PERT e CPM são aplicados na elaboração de projetos bem como no desenvolvimento de programas, usando-se computadores. Talvez o mais importante desenvolvimento na área de pesquisa operacional é a técnica de simulação, quando sistemas complicados podem ser testados por meio de uma representação matemática e lógica. Utilizando uma combinação de variáveis que afetam um determinado problema, pode-se ter, como uma simulação no computador, a indicação da melhor decisão a se tomar **entre aquelas que foram inicialmente propostas**, dando-nos assim a possibilidade de executarmos a política mais vantajosa.

Um dos impactos mais importantes causado pelo computador eletrônico é o aumento da produtividade: produtividade do cientista, engenheiro, operário, trabalhador de escritório, mestre ou administrador.

Um aumento na quantidade de trabalho efetivo do cientista e do engenheiro se reflete no aumento da produtividade das linhas de produção, devido ao projeto de produtos melhores ou máquinas mais eficientes.

Nos últimos tempos, nos Estados Unidos, a produtividade do trabalhador de escritório, e, em conseqüência, seu padrão de vida, tem ficado atrás daquela dos que trabalham na indústria. O advento do computador eletrônico pode fornecer as ferramentas para estabelecer o equilíbrio com o operário, que tem recebido até agora o benefício do aprimoramento das máquinas e métodos de trabalho.

A produtividade do administrador determina a eficiência com que a empresa opera. Essa eficiência pode ser medida pelo lucro, ou retôrno sôbre o investimento. Mas, de qualquer modo, pode-se sempre produzir melhor pelo mesmo preço, ou a mesma coisa por preço mais reduzido. Pode-se afirmar que, dentro de certo período, o uso de computadores eletrônicos para se obter melhores informações para o contrôle da administração e o uso de avançadas técnicas matemáticas para a tomada de decisões aumentarão significativamente a produtividade da administração.

O advento dos computadores eletrônicos traz consigo tremendo potencial para fornecer bem-estar material, mas, ao mesmo tempo, nos ameaça com o desemprego em várias faixas do trabalho humano. Portanto, os homens deverão ser instruídos para ocuparem outras faixas de trabalho criadas pelos computadores.

Para poder empregar os computadores que lhes traziam vantagens econômicas, os administradores tiveram que alterar seus pontos de vista em vários aspectos, o que foi bastante vantajoso. Passaram a considerar a empresa como um sistema integrado e a analisar as várias funções decorrentes dentro do mesmo. Os computadores eletrônicos mudaram também o modo de os administradores encararem as ciências administrativas, pois esses viram que o que se gasta com pesquisas e desenvolvimento do produto é recompensado com o lucro. Os computadores não só nos convenceram disto, como também demonstraram que técnicas como a da simulação devem ser estudadas, pois facilitam as referidas pesquisas.

Essas mudanças nas atitudes dos administradores e a velocidade crescente de avanço tecnológico trouxeram mudanças radicais nos programas de formação de novos administradores. Preferivelmente a ensiná-los, milhões de técnicas que se tornarão obsoletas ao se formar o aluno, certos programas atuais se restringem a disciplinas básicas, economia, matemática, lógica, relações humanas e procuram desenvolver sua capacidade de aplicar tais ferramentas analíticas na solução de quaisquer problemas que ele possa enfrentar como administrador.

Bibliografia

- GORDON, G. *System Simulation*. Prentice Hall, Inc., 1969.
- LEDLEY, R. S. *Programming and Utilizing Digital Computers*. McGraw-Hill Book Co., Inc., 1962.
- MARTINS JR., E. W. *Electronic Data Processing*. Richard D. Irwin, Inc., 1962.
- MCMILLAN, C. & GONZALES, R. F. *Systems Analysis*. Richard D. Irwin, Inc., 1965.
- BARCELLOS, M. *Apostila sobre Computadores*. Dept. de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.