

O Cérebro e a Máquina

MIRANDA NETTO

O professor MIRANDA NETTO, da Universidade do Brasil, pronunciou, em fevereiro último, no Departamento Administrativo do Serviço Público, em Brasília, aplaudida conferência sobre cibernética, ciência que vem empolgando o mundo moderno.

Em vista do grande interesse despertado, o conferencista prontificou-se a escrever, sobre o assunto, para a R.S.P.

“O cérebro e a máquina” consubstancia o cumprimento daquela promessa e nos propicia a oportunidade de maior familiarização com a história da automação do trabalho e os sistemas que a regem, desde as remotas épocas da Idade Média, quando surgiram o que poderíamos considerar como os robôs primitivos, até o momento atual, com o seu aperfeiçoamento máximo: os cérebros eletrônicos.

Lendo o trabalho do professor Miranda Netto, entendemos a razão do sucesso de sua conferência, em Brasília. — (NOTA DA REDAÇÃO).

* * *

Os autômatos sempre encantaram os homens. Em uma noite de gala em Versalhes, o excelente Roentgen apresentava a Luís XVI, rei de França, e à sua augusta consorte uma pequena obra-prima: A tocadora de cimbalon, vestida de brocado, ricamente bordado. Roentgen dá corda ao autômato e a boneca, deliciosa boneca, com altaneira graça começa a mover os martelos de marfim, um minueto, elegante e sêco, começa a soar. Terminada a peça a boneca volta a cabeça e saúda a assistência, como que agradecendo os aplausos. Houve quem achasse, sob a peruca

empoada, traços de Maria Antonieta. A tempestade já escurecia os céus de França, mas a Côrte ainda se divertia com os seus bonecos animados. Em breve cairia, na guilhotina, a linda cabeça que inspirara o autômato de Roentgen. Os autômatos, ou robôs como os chamados hoje, não são nenhuma novidade. Aristóteles já fala de uma Vênus, construída por Dédalo, movida por motor de mercúrio.

A automação chegou hoje a um ponto que deixa longe todos os sonhos do passado, tôdas as fantasias científicas do século XIX. Há quem receie até uma revolta dos robôs, uma guerra dos cérebros eletrônicos, capazes de pensar e agir, contra os seus criadores. Há quem veja nessas imensas máquinas dotadas de sagacidade quase humana, uma espécie de monstro de Frankenstein. Também isto não é nôvo. Os gregos falam das estátuas "dedálicas", baseadas no princípio da Vênus de Dédalo e construídas pelos ferreiros de Creta e de Rodes.

De noite tinham de ser encadeadas, para que não cometessem atentados contra os homens e os deuses. Fantasia de cronistas helênicos, dados a mitologias, idênticas a dos desenhistas de "comics" que usam e abusam da revolta de autômatos. A Idade Média também viu seus robôs nos relógios-calendários, onde se moviam anjos, santos, damas, cavaleiros, dragões e monstros, em danças caprichosas.

No século XVIII surgem os grandes construtores de autômatos: VAUCANSON, VON KNAUSS, JAQUET-DROZ, LESCHOT, nos deram pequenas obras-primas, algumas das quais são hoje preciosidades nos museus da Europa.

E' curioso notar que JAQUET-DRUZ aplicou no seu "Escritor", um boneco capaz de assinar o nome com uma pena de ganso, um sistema de engrenagens e transmissões verticais que obedecem ao mesmo princípio que rege a estação de ligações ao telefone automático de STROWGER.

Mas os robôs trabalham apenas. Obedecem às ordens simples que lhes são dadas pelas engrenagens, seguem trajetórias marcadas, não decidem. São escravos. A própria palavra robô significa isso. Foi dada aos autômatos pelo tcheco CAPEK. "Robot" é "trabalhador". Em eslavo, trabalho é Robotá. (oriundo de grego *Ergon*, ação, execução, que também deu o alemão ARBEIT).

Mas, os homens queriam mais. Queriam autômatos capazes de decidir, de substituí-los no trabalho cerebral. Do esforço que fizeram, antes das máquinas que chamamos vulgarmente de cérebros eletrônicos, nasceram teorias. O caminho da ciência é sempre o mesmo: através da observação dos fatos constroem-se teorias, com estas teorias descobrem-se novos fatos e novas combinações

de fatos, que gerarão novas Teorias. A técnica, informada pela ciência permitiu a construção dos grandes computadores, capazes de resolver problemas de matemática mais rapidamente que qualquer homem, por mais dotado que seja, capazes ainda de escrever poemas, de pintar quadros abstratos, de escrever poemas de amor, de fazer diagnósticos médicos, de responder a perguntas de História e de Geografia. Essa ciência chama-se "cibernética". E o homem que a desenvolveu e batizou, NORBERT WIENER.

NORBERT WIENER, físico e matemático norte-americano desenvolveu principalmente a teoria da "ligação de retôrno" ou "alimentação de retôrno" que em geral se designa pela expressão inglesa: *feed-back*. Há quem empregue a expressão retroação. "Ligação de retôrno" é uma expressão que tem a vantagem de ser idêntica à russa (*Obratny sviaz*) e à alemã (*Rückkopplung*). Empregaremos entretanto o termo inglês, mais generalizado, ao lado de "alimentação de retôrno". Um exemplo simples mostrará o que é o *feed-back*: a datilógrafa que bate um texto impulsiona a máquina de escrever através das teclas. Mas o texto, que vai surgindo, influi sôbre a datilógrafa, que corrige os êrros que aparecem, que aciona o carro quando chega o fim da linha. Outro exemplo está no termostato, que regula a temperatura de um congelador doméstico. O termostato liga a corrente e o compressor, funcionando, faz baixar a temperatura. Quando a temperatura atinge a um certo grau, o termostato corta a corrente e o compressor pára: sobe a temperatura. E assim se regula um congelador. Há duas espécies de alimentação de retôrno: o *feed-back* negativo e o *feed-back* positivo. A alimentação de retôrno negativo faz com que a variável (na operação que se considera) flutue dentro de uma faixa predeterminada. Praticamente o valor se mantém "constante" (convergência). Neste caso o fenômeno tem como representação matemática uma função convergente e como representação mecânica um sistema estável.

A alimentação de retôrno positiva faz com que a variável se afaste cada vez mais da posição estável. Matematicamente teremos uma função divergente e mecanicamente um sistema instável.

Demos um exemplo de *feed-back* negativo: o termostato, já citado, ou o piloto automático de um avião, que corrige os desvios da rota, mantendo a direção e a altura prefixadas. Um exemplo de *feed-back* positivo está no mecanismo da inflação, onde cada "informação" (reajustamento de salários, alta de preços, aumento de taxa de juros) em vez de "corrigir" o desvio o acentua e faz com que cresça a inflação, afastando cada vez mais o valor da moeda do ponto de equilíbrio.

WIENER não fez senão dar uma forma matemática perfeita a um fenômeno que já era muito conhecido desde o século XVIII. Mais ainda: a alimentação de retôrno é uma constante em Biologia: nos mamíferos superiores, por exemplo, a regulação da temperatura do corpo e da tensão arterial constitui um mecanismo admirável de *feed-back*. Mas isso só foi relacionado ao *feed-back* mecânico depois dos trabalhos de WIENER e seu grupo, onde estavam vários médicos e biólogos.

Mecanicamente as aplicações de *feed-back* começaram com o regulador de WATT. É o conhecido regulador de esferas. Duas esferas estão ligadas, a um eixo vertical, que por sua vez se conjuga como volante da máquina a vapor (as máquinas a vapor dos fins do século XVIII, evidentemente). Quando a velocidade aumenta as esferas se afastam do eixo, devido à força centrífuga. WATT aproveitou esse fenômeno e ligou as hastes que sustentam as esferas à válvula de admissão de vapor. Assim, quando cresce a velocidade, o afastamento das esferas, por um sistema mecânico simples, provoca o fechamento da válvula de admissão. Com menos vapor, diminui a pressão e a velocidade, do êmbolo. Mas com a queda das esferas abre-se novamente a válvula e assim a máquina fica regulada perfeitamente. É um exemplo típico de *feed-back* negativo. Hoje, evidentemente, há sistemas muito mais perfeitos, nem mais existem máquinas de pistão do tipo de WATT. Os que quiserem vê-las terão de ir a museus especializados, como o famoso Deutsches Museum, de Munique, que possui um modelo da primitiva máquina de WATT. Os cariocas, entretanto, são muito mais felizes: podem ver o regulador de WATT e um balancim nas antigas barcas da Cantareira, que circulam entre o Rio e Paquetá, barcas que qualquer museu compraria por bom preço para seu acervo histórico. Como sucedeu com um dos velhos bondes de São Paulo, vendido por muitos dólares a um museu norte americano, como venerável preciosidade.

Os dispositivos, mecânico ou biológicos que trabalham em *feed-back* negativo, mantendo o sistema em estado constante, chama-se homeostáticos. (*hómóse*, advérbio grego que significa "na mesma direção").

ASHBY construiu aparelhos capazes de reproduzir mecanicamente um "comportamento de adaptação", baseados em um modelo matemático de processo dinâmico, capaz de descrever a "adaptação" — de um organismo a uma faixa que determina o máximo e o mínimo na oscilação de cestas variáveis.

Descreveu um mecanismo prático, o Homeostato, capaz de provocar uma série de estados aleatórios (*randono states*), que levam à estabilidade dinâmica, em um limiar previamente fixado.

Também é possível construir um mecanismo que provoque estados semelhantes ao da inflação isto é, mecanismo de *feed-back* negativo. Tais aparelhos entretanto não teriam aplicação prática, pois levariam a perturbações cada vez maiores, quando o que buscamos, na técnica, é a estabilidade de um sistema.

WIENER denominou *Cibernética* ao estudo dos processos que se desenrolam nos sistemas dinâmicos complexos, orientados para um determinado fim. A Cibernética estabelece as ações que devam ser exercidas para que o sistema passando por diversos estados, no processo, atinja o fim visado com um máximo de economia.

A palavra vem também do grego. "Kubernetes" é o piloto. O que faz o piloto? Manobra para que no processo que é a navegação, sujeito a tantas variáveis (ventos, correntes, defeitos mecânicos na nave) a rota se mantenha fixa. De "Kubernetes" vem também a palavra govêrno. De fato governar é manter-se ao leme, o que infelizmente nem sempre acontece por êsses mundos desgovernados dos nossos tempos. WIENER, em sua obra fundamental *Cybernetics, or control and communication in the animal and the machine*, publicada em primeira edição em 1948 e largamente corrigida na segunda (1961), mostra que o primeiro a escrever sobre a alimentação de retôrno (*feed-back*) foi CLERK MAXWELL, o grande físico inglês, há quase cem anos, empregando a palavra cibernética em um sentido bastante próximo do atual. (O trabalho encontra-se nos Anais da Royal Society de Londres, vol. 16, 1868, págs. 270-283).

Infelizmente o livro de WIENER tem um caráter puramente matemático, o que torna inacessível ao grande público não especializado e até mesmo aos que não possuem conhecimento maior de probabilidade e processos aleatórios. Para o grande público, WIENER escreveu um livrinho mais ameno *The human use of human beings*.

O principal resultado das pesquisas teóricas de WIENER foram os calculadores eletrônicos. Já em 1942 surgiam nos Estados Unidos os primeiros "cérebros", como são chamados vulgarmente, construídos por uma equipe cujo animador era VANNEVAR BUSH.

O problema não era totalmente nôvo. Nos primeiros anos do nosso século um engenheiro de origem alemã, HERMANN HOLLERITH, teve a idéia de fixar em cartões perfurados os dados do recenseamento norte-americano.

O sistema Hollerith, primitivamente mecânico foi logo transformado em elétrico, ganhando elasticidade e rapidez.

As clássicas máquinas IBM, introduzidas no Brasil por VALENTIM BOUÇAS, são no fundo as máquinas primitivas de HERMANN

HOLLERITH, com alguns melhoramentos, que lhes deram uma tremenda versatilidade: as conferidoras, as duplicadoras, as separadoras contadoras, a perfuradora alfa-numérica, os painéis amovíveis, nas tabuladoras permitem, quase que instantaneamente, a mudança de tôda uma rotina de operações.

Também as máquinas de calcular elétricas, cada vez mais aperfeiçoadas, capazes de dividir e radicar automaticamente, foram novos passos na solução do problema de substituir o homem em operações cada vez mais complexas de computação.

Mas eram máquinas mecânicas. Poderá dizer-se que, até certo ponto, uma tabuladora Hollerith (hoje IBM) toma "decisões, isto é, separa, escolhe e soma o que lhe está ordenado no painel. São decisões idênticas às da deliciosa tocadora de cimbalon que ROENTGEN apresentou a Luís XVI. São autômatos, aparelhos mecânicos e não aparelhos homeostáticos. Duas coisas representam absoluta novidade nos computadores, quando os comparamos às mais aperfeiçoadas máquinas eletromecânicas em uso:

1º) os computadores são capazes de analisar e corrigir as próprias operações, tomando "decisões", de acôrdo com a programação feita;

2º) os computadores trabalham com velocidade infinitamente maior que a da mais aperfeiçoada máquina eletromecânica da atualidade.

A máquina mecânica era como que um prolongamento da mão do homem. Um engenheiro, por exemplo, estabelece fórmulas e quadros para o cálculo de uma estrutura. Uma vez organizados os quadros e as fórmulas, o calculista, que não precisa conhecer coisa alguma de estática, é capaz de efetuar as operações indicadas e apresentar os resultados finais. Uma máquina IBM não eletrônica poderá fazer cálculos desse tipo, sendo até possível resolver problemas bastante complicados de matrizes com tabuladores IBM. A máquina cibernética, entretanto, é o prolongamento do cérebro do homem. Até agora as máquinas mecânicas substituíam o homem em seu trabalho servil, multiplicando a força do braço, aumentando a potência dos seus sentidos, ou quando muito, perfazendo operações matemáticas puramente mecânicas, que qualquer aprendiz seria capaz de realizar.

As máquinas cibernéticas, capazes de "decisão", executam operações mais complexas, ao nível do especialista.

Os grandes computadores eletrônicos se dividem em duas categorias: os analógicos e os digitais. Baseia-se a subdivisão na forma pela qual os números, com que opera a máquina, lhe são apresentados.

Nos computadores analógicos os números são representados por "quantidades físicas" cujo valor, medido em uma unidade preestabelecida, corresponde unicamente a êsse número.

Essa quantidade física pode ser um ângulo, a intensidade de uma corrente, um comprimento, um volume. Temos exemplos elementares de computadores analógicos, tipo mecânico, na régua de cálculo e no planímetro. Na régua de cálculo cada número está representado por um comprimento medido na parte fixa e no cursor em escala logarítmica. Todo o funcionamento da régua de cálculo se baseia nas propriedades dos logaritmos: um produto se transforma em soma, uma divisão em subtração, uma raiz em divisão, uma potência em multiplicação. Assim a translação do cursor, de uma certa quantidade, em relação à origem, equivale à soma. Como a escala é logarítmica, o produto poderá ser lido diretamente na escala da parte fixa. No planímetro um estilete corre sobre um contôrno e um tambor vai "integrando" êsse percurso, dando como resultante a área procurada (o planímetro AMSLER, por exemplo, se baseia nesse princípio).

Os computadores analógicos mais modernos são capazes, mediante emprêgo de truques de *feed-back*, de efetuar operações mais complexas que a soma, a subtração, a multiplicação ou a divisão simples. O analisador diferencial por exemplo, em vez de somar ou subtrair pode efetuar operações de diferenciação através de um eixo semelhante ao do diferencial dos automóveis.

No fundo tôdas as operações se reduzem a duas, soma e subtração, pois a multiplicação é uma soma de fatores iguais e a divisão uma subtração iterada. Potenciação e radiciação reproduzem o fenômeno em relação à multiplicação e divisão.

Assim, mediante um programa dado os computadores analógicos são capazes de resolver difíceis problemas matemáticos, analisando tôdas as circunstâncias e levando em conta as dificuldades que vão surgindo na cadeia das operações. Mais ainda: mediante um dispositivo especial de alimentação, de retôrno (*feed-back*) o computador poderá corrigir os próprios erros ou indicar que o problema é insolúvel.

O defeito dos computadores analógicos é sua precisão reduzida. Como os números são representados por quantidades físicas, a medida dessas quantidades depende da escala. Exemplifico: em um duplo decímetro a maior precisão que posso obter, marcando um comprimento será a de um têtço de milímetro, um quarto no máximo. Entretanto, usando o número em si mesmo, não representado por um comprimento, poderei indicar a tração que desejar, indo ao centésimo, ao milésimo e até ao milimésimo de milímetro, podendo sempre acrescentar novos algarismos decimais. Digital

vem de "digitus", dedo, adjetivo que também se aplica aos números. Em um computador digital decimal, o número é representado da mesma maneira que no sistema decimal convencional, isto é, por uma seqüência de algarismos ocupando um lugar, que indicará a classe (unidade, dezena...). Os números decimais serão representados por um sistema de "vírgulas". Assim em uma calculadora manual simples, poderei levar as operações até o ponto desejado, sendo a única limitação a capacidade do tambor da máquina.

Em um computador analógico a operação é feita através de quantidades físicas, mediante um processo físico (traslação, rotação, adição de correntes, intercalação de resistências...). No computador digital a operação obedece a processos puramente lógicos, regras da operação, como no cálculo.

Em um computador digital decimal são usados dez símbolos diferentes, o zero e nove algarismos significativos. O princípio de tôdas as operações no sistema decimal pode reduzir-se a um impulso dado em cada sucessão de dez passagens. Isso é possível realizar-se na máquina mediante uma série de engrenagens construída de tal forma que, ao chegarmos à décima posição, seja dado automaticamente um impulso para o contador seguinte. É o princípio descoberto por Pascal no século XVII, que ainda hoje rege a construção de tôdas as máquinas de calcular decimais, elétricas ou não. As tabuladoras IBM não são mais que máquinas de Pascal altamente aperfeiçoadas, capazes de imprimir os resultados segundo um plano preestabelecido (a programação do painel).

A grande revolução nos computadores eletrônicos foi a adoção do sistema binário de numeração. O nosso sistema decimal de numeração não é o único possível, embora estejamos tão acostumados com êle que não imaginemos outra maneira de contar. O sistema decimal tem dez símbolos, o binário dois, que por facilidade, se representam por 0 e 1.

A regra para aumentar o "tamanho" de um número, isto é, para dar-lhe mais uma "casa", é a mesma em qualquer sistema. Esgotadas as possibilidades de combinações de símbolos n a n , na ordem do repertório inicial, passamos a casa $n + 1$, representada pelo primeiro símbolo do sistema, seguido de n símbolos de posição, isto é, de zeros. Assim na classe das centenas ($n = 3$) depois de esgotadas tôdas as combinações ordenadas chegamos a 999. O próximo número terá mais uma casa ($3 + 1$), composto pelo primeiro símbolo, 1, seguido de três zeros ($1 + 000 + 1000$).

No sistema binário há apenas dois símbolos, 0 e 1. Para compor o número "dois" já não há símbolo. Mesma regra. 1

seguido de um zero. Assim no sistema binário o número dois será representado por 10. Esgotadas as combinações chegamos ao número quatro, representado por 100, ao número oito, representado por 1000.

No sistema decimal as potências de dez são representadas pelo símbolo 1 seguido de um número de zeros igual ao grau da potência:

10^0	1
10^1	10
10^2	100

no sistema binário teríamos a mesma notação, que se leria porém, em nosso sistema:

2^0	— 1
2^1	— 2
2^2	— 4
2^3	— 8

representados 2, 4, 8, pelos símbolos 10, 100, 1000.

Qual a vantagem desse sistema, que aumenta consideravelmente o número de algarismos necessários para representar um número? Tomemos, 2^{11} , igual a 2048, número que o sistema decimal se escreve com quatro algarismos. No sistema binário o número 2048 é representado pela unidade (1) seguida de "onze" zeros.

Foi apenas uma circunstância a que levou os construtores do computador eletrônico à adoção do sistema binário: o sistema decimal exige um eixo e engrenagens.

A maior velocidade possível na rotação de um eixo com engrenagens não passará de alguns milhares de giros por segundo. O sistema binário, tendo apenas dois símbolos, pode ser representado pela abertura e fechamento de uma corrente. Zero, corrente fechada, um corrente aberta. Todos os números poderão ser representados por uma seqüência do tipo:

1001110000101...

Isto é por sucessivas aberturas e fechamentos de corrente. Com uma válvula eletrônica osciladora poder-se-á chegar a bilhões de aberturas e fechamentos por segundo. Cada abertura e cada fechamento corresponderá à marcação de um algarismo em um computador decimal. Assim, enquanto os computadores elétricos decimais (tipo IBM clássico) trabalham na base do número de operações por "minuto", os computadores eletrônicos binários tra-

balham na base do número de operações por "milésimo de segundo".

As unidades de tempo empregadas na computação eletrônica são o micro-segundo o milimicro-segundo e o nano-segundo, divisões milésimas de um segundo. Isto significa que um grande computador poderá realizar teoricamente um trilhão de operações por segundo.

Foi isso que levou um físico americano a dizer com espírito: "Os computadores eletrônicos são uma espécie de débeis mentais, que só sabem somar e subtrair e contam só com dois dedos. Mas como são capazes de combinar essas somas e subtrações com a velocidade da luz, e de qualquer maneira, não haverá sábio que os bata".

Para o leigo a possibilidade de realizar tôdas as operações matemáticas a partir de somas e subtrações (e a rigor poderíamos falar apenas de somas, se introduzirmos o conceito de direção, com vetores negativos) é algo de incompreensível.

No fundo as operações não são mais que isso e os computadores o provam.

O que o computador sabe fazer, tornando-se com isso semelhante ao homem, é coordenar as ordens recebidas e cotejá-las com sua "memória" tendo um perfeito contrôle da operação, em qualquer de suas fases.

Esse conceito de "memória" aplicação à máquina veio justamente da aplicação da cibernética ao sistema nervoso, e às funções do cérebro.

A memória terá um sentido puramente operacional? Eis uma pergunta que foi respondida pela primeira vez por Mc CULLOCH e PITTS em 1934. (*A logical calculus of the ideas immanent in neurons activity, in Bull. Mathematical Biophysics, V-113-133*). E' aqui esboçada uma teoria do sistema nervoso central baseada em um modelo matemático, ou melhor lógico-matemático. Os outros apresentam um modelo abstrato de neurônio, considerado como elemento de transmissão e formulam as seguintes propriedades do neurônio:

- 1º) possui dois estados estáveis e somente dois;
- 2º) possui um limiar de excitação determinado abaixo do qual não poderá ser estimulado (há também um limiar superior, subentendido); e
- 3º) possui um condutor de saída e vários condutores de entrada, êsses últimos podendo ser excitadores ou inibidores. Exatamente o esquema da memória de um computador.

E' curioso notar que o estudo dos computadores eletrônicos veio trazer um grande progresso à neurologia. O esquema das ligações de um computador é o das ligações nervosas de um animal. S. C. KLEENE, formulou um esquema de operações do que poderíamos chamar de "pensamento lógico". (*Representation of events in nerve nets and finite automata*", na série Automata Studies, de Mac. Carthy-Shanon, 1956) que permite estabelecer o princípio: "tudo o que é estritamente e uniformemente formulável, isto é todo processo (atividade, seqüência dinâmica) que corresponda a regras uniformes, poderá ser programado em um computador",

Isso levou bem mais longe o campo de ação dos computadores. Já não se limitam a resolver, com incrível velocidade, problemas matemáticos que exigiram anos de trabalho de uma boa equipe de operadores, humanos, mas abordam alguns "divertimentos" que mostram a sua grande versatilidade.

Um deles é a tradução automática. Haverá oito anos surgiu impresso o primeiro livro traduzido por uma computadoradora. *Teoria das equações de derivados parciais* de WRIGHT, edição de Moscou, que tinha como subtítulo: "Traduzida do americano pela máquina B.S.M.-1".

Desde 1948, BOOTH e RICHERS trabalhavam em uma tradutora automática. Evidentemente não se tratava de verter, palavra por palavra, o texto de uma língua para outra. Isso seria possível até mesmo com uma máquina não eletrônica, ou por um homem apenas letrado, com o auxílio de um dicionário. O que se queria era "ensinar" ao computador a sintaxe de uma língua, era aparelhá-lo para resolver problemas difíceis, com a tradução construíram uma "tradutora", a IBM 701, que traduziu um texto russo para o inglês.

A IBM 701 aprendeu seis regras fundamentais, elaboradas por grandes lingüistas. (Outra consequência da cibernética foi a criação de uma lingüística matemática). Com cem regras "decoradas", o computador será capaz de traduzir um romance com finura maior que a de nossos tradutores comuns. Ainda recentemente lemos em uma tradução de Verlaine "violon" traduzido por "violão". E houve quem lendo em francês "le serment du Jeu de la Paume", pusesse em português: "o sermão de jôgo da palma" — E no inglês, "santos Céus que maravilhas andam pelas nossas edições!"

As máquinas resolvem problemas, aparentemente difíceis de resolver, através da "memória". Suponhamos que um computador está vertendo do francês para o inglês. Depara com a palavra "temps". Como o traduzirá? "Time" ou "Weather"? (com o

alemão apresentar-se-ia o mesmo problema). A máquina age exatamente como um tradutor humano. Analisa o contexto: para isso a sua "memória" tem um repertório bastante grande. Se o texto fala de duração, de qualquer unidade de tempo, de lapso decorrido, de intervalo entre dois acontecimentos, a máquina traduzirá "Time" (tudo isso está "decorado" não nos neurônios mas em núcleos de ferro magnético, em fitas magnéticas ou em discos). Se, ao revés, aparecem palavras como chuva, vento, termos meteorológicos ou os adjetivos comuns ao tempo como estado atmosférico, a máquina traduzirá "Weather".

Ainda mais interessantes são os computadores denominados marcovianos.

O nome vem de um matemático russo, ANDREI ALEXANDROVICH MARKOV, que resolveu estudar matematicamente um poema de Puchkin, "Evgeni Onegin", o mesmo que TSCHAIKOWSKI transformou em brilhante ópera. MARKOV descobriu no poema certos "encadeamentos" que o levaram a formular uma teoria, hoje conhecida como "cadeias de Markov".

O resultado da aplicação das cadeias de Markov à programação de computadores permite obter poemas, quadros abstratos, cartas de amor, inteiramente feitos pela máquina.

Os problemas de terminologia farmacêutica estão sendo estudados nos Estados Unidos por computadores marcovianos. A firma PROCTOR e GAMBLE usa um computador para batizar os seus sabonetes. Há outro que dá conselhos matrimoniais.

Trabalham para o Vaticano pelo menos três computadores, na análise da "Summa" de Santo Tomás, e da Bíblia e de textos antigos, incompletos ou incompreensíveis. Tôda a paciência beneditina de trezentos frades não faria, em cem anos, no trabalho de seleção e correção, o que um computador pode fazer em minutos.

Ainda há uma aplicação nova dos computadores: a composição musical. A música eletrônica, tão em voga atualmente, usa a linguagem dos computadores. ABRAHAM MOLES presumiu êsses resultados em um livro fascinante *Les musiques experimentales*.

O assunto é fascinante mas nos levaria longe demais.

Encerro estas considerações com as palavras do matemático francês LE LIONNAIS, "Não esqueçamos de cultivar o homem, que, apesar de seus grandes defeitos, ainda é a máquina mais preciosa, a que apresenta as mais belas qualidades".