

# Futuro dos computadores: pensar como homem ou calcular feito máquina?

Laszlo Péter A. Urményi \*

**E**m nenhuma área do conhecimento a realidade compete tanto com a ficção como na Informática.

As conquistas tecnológicas nesse terreno estão de tal modo aceleradas que os últimos modelos de microcomputadores postos comercialmente à disposição dos usuários já trazem, de fábrica, o estigma da obsolescência.

Equipamentos e sistemas sempre novos atropelam-se na disputa da preferência dos consumidores, trazendo no seu bojo, de um lado, o bônus de capacidades crescentes de armazenamento de informações e de maiores velocidades de processamento e, de outro, o ônus de uma babel de linguagens e de dispositivos eletrônicos mutuamente incompatíveis.

A distância entre a tecnologia desenvolvida nos laboratórios de pesquisa científica e a tecnologia industrial dos produtos de consumo tende a aumentar ao longo do tempo, pois a incorporação efetiva dos avanços industriais raramente é viável no mesmo ritmo em que as inovações se sucedem. A consagração — sempre temporária — de um ou outro recurso, implica, em extensões variadas, no inexorável sucateamento da concorrência menos favorecida. Assim ocorre, por exemplo e nem sempre com total justificativa técnico-econômica, o esmagamento da participação mercadológica dos microcomputadores menores por parte dos concorrentes que dispõem de equipamentos com um número cada vez maior de bits. Além das dificuldades de natureza produtiva, as indústrias esbarram na capacidade de assimilação limitada dos consumidores, que tem efeito frenante.

Para ilustrar esse quadro, podemos tomar o exemplo do lançamento,

---

\* *Doutorando em Ciências da Comunicação na Escola de Comunicações e Artes da USP e Diretor-Financeiro da ECA/USP.*

em outubro de 1988, do revolucionário microcomputador Next.

Steven Jobs (também criador do Apple) abalou as projeções mercadológicas da classe dos computadores pessoais quando exibiu — num autêntico *show* — os recursos e o potencial de seu mais recente projeto. O Next foi apresentado a uma seleta platéia de especialistas e recebeu o aplauso mais expressivo na forma da proposição de uma sociedade pela IBM. As características notáveis da unidade central de processamento (CPU), aliadas à possibilidade da reutilização de discos ópticos, passíveis de gravação e regravação por feixe de raios laser, consolidaram um apelo suficientemente forte para levar a IBM a investir a expressiva soma de 10 milhões de dólares na produção do Next.

Embora os problemas técnicos desse potentíssimo microcomputador pessoal estejam solucionados a nível de protótipo, ainda perduram obstáculos à sua produção seriada. Estima-se que o produto possa ser oferecido normalmente ao público consumidor dentro dos próximos dois anos.

O caso do microcomputador Next ilustra os fossos que se cavam entre a invenção, a industrialização e (certamente) a assimilação de novas tecnologias.

Ainda do ponto de vista do *hardware*, ou seja, do prisma de tudo que é "palpável" nos computadores, há que ressaltar a importância de uma proposição de Alan M. Turing, matemático inglês precocemente falecido aos 42 anos.

Turing, mundialmente reconhecido como pioneiro e gênio da computação, criou, na década de 50, uma máquina teórica extremamente simples e poderosa, afirmando que seria possível resolver qualquer proposição complexa por dispositivos simples, de um único bit.

O inconveniente de tais dispositivos residiria no longo tempo demandado para o fornecimento das respostas. De fato, a velocidade de processamento tem a sua importância e deve chegar a uma solução dentro de um espaço de tempo aceitável, compatível com a natureza do problema que se está pretendendo solucionar. Contudo, relevando-se o fator tempo, a Máquina de Turing poderia dar tratamento a qualquer tipo de proposição.

Os computadores digitais da atualidade, que utilizam a base dois, representam, por exemplo, o número 9 por 1001, ou 16 por 10000, e assim por diante. Trata-se de uma notação extremamente conveniente para ser utilizada em máquinas que só são capazes de fazer distinções binárias. Tal transformação pode ser empreendida por uma simples mudança de base. Mas a Máquina de Turing é de uma simplicidade ainda maior. Ela emprega uma notação tão elementar como a utilizada pelos homens das cavernas, fazendo meros traços: um traço para indiar o um, dois traços para indicar o dois e assim por diante.

Para registro e acompanhamento da operação da máquina, Turing considerou o emprego de uma fita de papel "infinita" onde seriam feitas tantas marcações quantas fossem necessárias.

Ao nível do exemplo que daremos adiante, são os seguintes os recursos da máquina de Turing:

a) A máquina possui uma cabeça leitora, onde é examinado (lido) um símbolo por vez.

b) Interpretado o símbolo, o próximo passo dependerá do próprio símbolo e de um estado interno da máquina. Assim, sendo Q4 o estado interno e 0 o símbolo, o par (Q4,0) definirá a próxima ação.

c) Essa ação poderá se alterar de três modos distintos:

- . O símbolo 0 pode ser mudado em /, x, ou não mudar;
- . A fita movimenta-se à direita, esquerda ou permanece parada;
- . O estado da máquina pode variar de Q1 a Q4.

Para ilustrar o processo de decomposição de uma operação lógica em uma série de ações elementares por intermédio da Máquina de Turing, vamos supor uma fita com a seguinte inscrição:

0 X // X /// X 0 0 0 0 0 0 0 0

A leitura da fita através de um visor hipotético está indicada no quadro por negrito e a máquina poderá assumir os quatro estados internos possíveis (Q1, Q2, Q3 e Q4) obedecendo à seguinte tabela de operações:

Início		Movimento	Resultante	
Esquerda	Símbolo	Fita	Estado	Mudança/Símbolo
Q1	/	Esquerda	Q1	/
Q1	X	Esquerda	Q2	/
Q2	/	Esquerda	Q3	/
Q3	/	Esquerda	Q4	/
Q4	/	Parada	Q4	X

Vejamos agora a seqüência no "visor":

Inicial	Fita	Final
Q1,1	0 X // X /// X 0 0 0 0	Q1,1
Q1,X	0 X // X /// X 0 0 0 0	Q2,1
Q2,1	0 X // // // X 0 0 0 0	Q3,1
Q3,1	0 X // // // X 0 0 0 0	Q4,1
Q4,1	0 X // // // X 0 0 0 0	Q4,1
	0 X // // // X X 0 0 0 0	

Utilizando-se a Máquina de Turing com programação adequada obtém-se operações preestabelecidas.

No nosso exemplo, a máquina programada para somar operou:

(//) + (///) = (////), ou seja: 2 + 3 = 5.

Se alimentarmos a Máquina de Turing com um programa mais extenso, ampliando seus estados e criando tabelas de operações aperfeiçoadas por outras máquinas, será possível atingir condições teoricamente ideais.

Segundo uma corrente de cientistas, o desenvolvimento e o uso aperfeiçoado desses recursos materiais trará como consequência uma tecnologia capaz de simular eficazmente a mais nobre das capacidades humanas: o pensar. Mais que isso, mediante a extrapolação dessa competência, será possível produzir "inteligências artificiais" capazes de substituir o homem em várias

tarefas primárias até o ponto de, gradativamente, substituí-lo por inteiro. O objetivo desse processo é a eliminação das possibilidades gerais de erro, que é risco sempre presente, admitido — e até estatisticamente calculado — em qualquer atividade que tem o ser humano como agente.

Muitos estudiosos estão convencidos de que a evolução tecnológica terá o condão, um dia, de alçar os computadores a um tal grau de perfeição que sob certas condições será impossível distinguir se determinada ação ou manifestação é ou não produto de uma iniciativa humana. Segundo estes, na fase inicial dos seus avanços a inteligência artificial será reconhecida pelas evidências meramente visuais. Isto é, pela imperfeição formal dos veículos da ação/informação. À medida em que os veículos e as formas se aproximarem dos padrões humanos, as intervenções artificiais passarão a integrar, despercebidamente, a normalidade.

Existe uma controvérsia bastante acirrada a respeito da possibilidade de uma máquina — ou, mais exatamente, um computador — vir a pensar.

A corrente que admite essa possibilidade tende a decompor, mecanicamente, algumas funções do sistema nervoso humano. Segundo eles, algumas atividades tanto cerebrais quanto sensoriais estariam atreladas a um processo evolutivo e seriam, de algum modo, análogas ao que já se emula em alguns sistemas computacionais ditos inteligentes.

Ao menos aparentemente, alguns neurologistas avaliam essa posição, afirmando que o cérebro se caracteriza por ser complicado, por ser uma máquina e por trabalhar por inibição. Trabalhar por inibição significa exclusão: quando o cérebro perde o controle sobre o corpo ele não pára; ao contrário, ele entra em estado convulsivo. Ou seja, para mover um dedo devemos comandá-lo usando nossos breques para frear todas as partes corporais não envolvidas.

Parece, também, haver correspondência entre o *hardware* e as capacidades humanas.

Áreas maiores ou menores do córtex cerebral humano são usados para atividades sensitivas e motoras. A boca, por exemplo, é uma área de alta complexidade e exige o empenho de cerca de 20% do córtex o que é bastante, em termos de *hardware* humano. Apesar de muito mais extensas como áreas corporais, o tronco e os quadris requerem apenas 30% da área cortical. Todos esses detalhes sugerem uma associação entre os dimensionamentos e as várias especialidades do *hardware* humano.

Dentro dessa mesma linha, a visão, um dos órgãos mais antigos na escala evolutiva, é um aparelho "dedicado": realiza funções altamente especializadas.

Conforme estimativas científicas o homem desenvolve o dom da fala há apenas 400 mil anos. Comparativamente, a linguagem não está tão desenvolvida quanto a visão que é mais complexa, completa, antiga e aperfeiçoada. A orientação espacial, a audição e o tato possuem mais *hardware* que a linguagem.

Segundo a corrente que está mais inclinada a aceitar a possibilidade de que um dia os computadores poderão pensar, as questões mais "glamourosas", como o sentimento, o humor e a criatividade humanas são, muitas vezes, encaradas errôneamente.

O problema é que as pessoas, no plano da conceituação popular, imaginam que tais propriedades ou capacidades são sobrenaturais, religiosas. To-

davia, apenas são "misteriosas" por decorrência da "indeterminação" que envolve tais assuntos. Trata-se de pontos ainda insuficientemente conhecidos e que se tornam místicos por ignorância.

Uma proposta para encarar objetivamente coisas como sentimento, humor e criatividade consiste em perceber a sua "funcionalidade". O sentimento pode ser entendido como uma percepção refinadíssima que coloca o corpo em um estado especial de "prontidão" sem afetar significativamente o corpo em outras funções essenciais.

O próprio conceito de inteligência é subjetivo, pois depende de quem o atribui. Algo muito superior nem pode ser percebido como inteligente por quem não está à altura de reconhecê-lo.

Uma vertente para o desenvolvimento das IA (Inteligências Artificiais) são os chamados Sistemas Especialistas. Tais sistemas imitam — *clonam* — as decisões de um ou vários indivíduos extremamente competentes em uma determinada atividade.

É essencial observar que o engenheiro de sistemas não se torna especialista ao desenvolver o sistema. Aliás, se ele próprio tornar-se especialista é porque o assunto não tem a complexidade requerida por um sistema desse tipo. Sistemas especialistas visam substituir especialistas humanos nos casos em que o seu treinamento é muito dispendioso, raro ou leva muito tempo.

Um exemplo é a solução encontrada para traduzir e manter atualizados os manuais das aeronaves Mirage.

Considerando-se os vários idiomas e as diferentes grafias dos países compradores desses aviões de combate, o fabricante buscou uma solução flexível e eficaz que pudesse, velozmente, dar tratamento à enorme quantidade de informações em jogo. Não é tarefa fácil lidar com aproximadamente três metros cúbicos de manuais de operação de voo, de armamentos, manutenção etc...

Hoje o sistema computadorizado que cuida dos manuais do Mirage opera com um *scanner*. A partir da leitura da versão original francesa, os textos são convertidos para uma linguagem interna e em seguida "traduzidos" para várias línguas. O sistema não é perfeito, e requer intervenção humana para a revisão final, mas realiza um trabalho prodigioso.

Outro exemplo é o desenvolvimento de sistemas especialistas capazes de simular a atuação de um operador de bolsas de valores com, digamos, cerca de três anos de experiência.

Alguns entusiastas desses avanços apostam que em breve será possível traduzir impecavelmente os manuais do Mirage e que nenhuma intervenção humana será necessária. Mais que isso, afirmam que chegará o dia em que um SE será imbatível como operador na bolsa de valores.

Segundo os especialistas dessa corrente, o principal motivo pelo qual as máquinas ainda não pensam reside na falta de competitividade tecnológica dos computadores com os seguintes recursos de hardware humano:

. O sistema nervoso é independente. Funciona à base de energia auto-gerada;

. O *hardware* é simplesmente incrível. Não existe até hoje nada mecânico ou eletrônico que rivalize suas conexões neuronais, cuja ordem pode ser expressa por  $100 \times 10^9 \times 10$  neurônios  $\times 10^4$  ligações  $\times 1000 = 10^{19}$ , isto é, 10.000.000.000.000.000 hertz em ação;

. Se a capacidade sensorial do ser humano já é admirável, a sua

"experiência" sensorial é ainda mais digna de nota.

Todavia, segundo esses mesmos cientistas, a simulação do pensamento pode ser alcançada por qualquer configuração de componentes físicos não biológicos desde que dotados com a capacidade de processar a informação de forma apropriada. As soluções heurísticas estudadas para o desenvolvimento das inteligências artificiais baseiam-se em conhecimentos incomuns. O processo heurístico busca soluções por intermédio da formulação de hipóteses prováveis que admitem uma certa margem de erro. Ou seja, se de um lado o emprego de técnicas heurísticas produz uma sensível economia de ação, por outro ela apresenta a desvantagem de ser falível. Quando se trabalha com sistemas especialistas a meta é fazer com que o computador execute suas funções da mesma forma que a mente humana, ou, na pior das hipóteses, de tal modo que se tenha a "impressão" de que a origem da execução seja reconhecida como humana.

Do ponto de vista estrutural o sistema especialista fundamenta-se em uma base de dados específica, sendo integrada por:

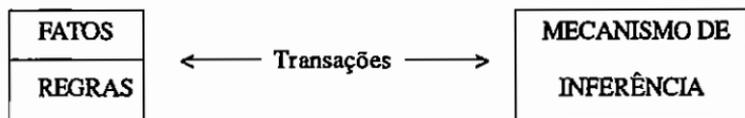
- . Fatos, regras e padrões de situação armazenados em um banco de conhecimentos;

- . Um dispositivo de inferência capaz de tomar decisões em um dado domínio;

- . Linguagem para a viabilização da comunicação homem/máquina;

- . Dispositivos e interfaces para administrar os dados, o diálogo e a lógica.

Um sistema de gerenciamento de uma base de conhecimentos pode ser representado esquematicamente por meio do seguinte diagrama:



A maioria dos programas comuns de computadores especificam exatamente:

- 1) Os dados que usam;
- 2) Os procedimentos que aceitam.

Isto quer dizer que eles são extremamente bitolados, não admitindo variações imprevistas nem em torno dos dados e nem das regras operacionais.

Nos sistemas especialistas este quadro se modifica, pois três tipos de dados de conhecimento são gerenciados:

- 1) Fatos estáticos independentes;
- 2) Fatos dinâmicos dependentes;

	Sistemas	
	Convencionais	Especialistas
Procedimentos	Numéricos, binários	Simbólicos
Soluções	Algorítmicas	Heurísticas/Mistas
Controle	Integrado com dados	Separado dos dados
Margem de erro	Nenhuma margem admitida	Admitida
Solução	Única	Várias alternativas

### 3) Normas independentes.

Algumas das diferenças mais notáveis entre os sistemas convencionais e os sistemas especialistas estão destacadas no quadro:

O Professor Valdemar Setzer (IME/USP) deve ser citado como um integrante conviêto da corrente que se manifesta em favor da proposição de que as máquinas não serão capazes, jamais — apesar de todos os *hardwares* e *softwares* futuros — de pensar como um homem.

Setzer interpreta a capacidade de pensar como uma atividade especial, única, que pode refletir-se, exclusivamente, sobre si mesma. E afirma: "Pode-se pensar sobre o pensamento, mas não se pode digerir a digestão".

Discorda, também, das teorias evolucionistas e observa — a título de exemplo — que cada animal vê diferentemente através do seu "sistema especialista" de captação de imagem.

Um sapo, por exemplo, não percebe pontos luminosos fixos. Apenas enxerga os pontos luminosos que estão em movimento. O movimento errático é que o sapo melhor percebe, pois esta atividade corresponde ao tipo de trajetória que os insetos, seu alimento, descrevem em seus vôos. Trata-se de um sistema ocular talhado para uma tarefa de subsistência: a captura de insetos. Porém, nesse caso, o elevado grau de especialidade termina por limitar outras aplicações possíveis do aparelho ocular.

Comparativamente, o sistema de visão do homem não é tão especialista assim (apesar da evolução contraposta) e, por ser muito mais abrangente, perde para o sapo em termos de máquina especialista.

Para o sapo trata-se de um sistema muito competente para a caça de insetos. É especialista e, portanto, evoluído. Mas o homem, menos especializado, parece ter funções oculares mais competentes por conta de uma especialização "melhor distribuída".

Construindo a sua argumentação, Setzer afirma que o pensamento (segundo Rudolf Steiner) é uma ponte entre a "percepção e o conceito": "Vejo uma mancha retangular na parede, posso discriminar uma diferença de cores e imediatamente concluo: é uma porta! Se a mancha retangular estiver a uma altura razoável da linha de terra, deduzo: é uma janela".

Trata-se de uma extraordinária competência de identificação simbólica, que vem a ser, justamente, o filão que as "Inteligências Artificiais" pretendem explorar.

Uma outra competência notável consiste no fato de que só o homem é autoconsciente: decide pensar numa pessoa que não vê há dias e... pensa nela! "Não há no mundo um único cão que decida — de repente — pensar no seu dono", afirma Setzer.

Na verdade o homem pensa com lógica probalística, por processos heurísticos associados a algoritmos (coisa que também nenhum outro animal faz).

A escala de importância proposta por Setzer obedece à seguinte ordenação hierárquica:

- 1) Homem
- 2) Animais
- 3) Vegetais
- 4) Minerais
- 5) Máquinas

Via de regra as pessoas reagem negativamente a esse *ranking*, argumentando que um paralelepípedo contém muito menos trabalho e é também muito menos útil que uma máquina de calcular.

Setzer retruca afirmando: "Uma ametista é muito mais bonita que qualquer máquina, mesmo que ela não seja capaz de extrair uma raiz quadrada".

Quem assistiu 2001 - Uma Odisséia no Espaço, de Stanley Kubrick, lembra-se do computador de bordo da nave espacial. Ele controlava tudo, dialogava com os tripulantes, sentia medo, errava e não era de confiança.

Tinha tudo para ser praticamente "humano"... O nome dado a esse supercomputador foi HAL, a partir da fusão do Heurístico - Algorítmico.

O binômio heurístico-algorítmico move a nós próprios, os "humanos", mas o filme deu a entender que quando máquinas assumem características humanas os resultados podem ser catastróficos.

Ao tomarmos conhecimento das experiências para o desenvolvimento das "inteligências artificiais" (e do promissor resultado delas, considerados os investimentos das multinacionais) sentimo-nos inclinados a acreditar que existe uma possibilidade de que um dia as máquinas se tornarão capazes de pensar e de simular com eficácia esta atividade.

No terreno da nossa concepção pessoal parece-nos importante considerar que a principal função da tecnologia é dar liberdade ao homem. O homem tornado máquina é pobre. A máquina humanizada perde sua utilidade maior, que é a confiabilidade.

À parte do desenvolvimento tecnológico — que prosseguirá a sua marcha ignorando as especulações favoráveis e contrárias à possibilidade das máquinas pensarem — temos a impressão (talvez fragilmente fundada) de que é preferível desenvolver as aptidões de cada ente a arriscar — a fundo — uma inversão de competências.