

---

**Divulgação Científica**

---

## Computação e cognição

*Computation and cognition*

**Marcelo Masson Maroldi**<sup>✉</sup>

### Resumo

A inteligência artificial, sem conceitos extraídos de outras disciplinas, como a psicologia, tem se mostrado menos poderosa e eficiente do que em princípio se esperava, e muito menos realizadora do que a própria prometia. Todavia, o valor da computação para o estudo da cognição não pode mais ser ignorado. A possibilidade de modelagem dos processos cognitivos humanos em computadores possui importância significativamente conhecida para justificar a grande concentração de esforços no seu desenvolvimento. A teoria computacional da mente lança uma série de questionamentos à ciência cognitiva e direciona os esforços das ciências de computação na tentativa de elucidá-las. Os limites do estudo da cognição através da analogia com computadores digitais são de fundamental relevância ao entendimento e desenvolvimento de ambas as disciplinas, ciências cognitivas e computação. © Ciências & Cognição 2006; Vol. 07: 122-127.

**Palavras-chave:** Computação; cognição; inteligência artificial; teoria computacional da mente.

### Abstract

The artificial intelligence, without concepts extracted from other disciplines, like psychology, has shown to be less powerful and efficient than expected at a first glance and a lot less achieving than it promised. However, the value of computing in the study of cognition can no longer be ignored. The possibility of modeling human cognitive processes in machines has significantly known importance to justify the concentration of efforts in its development. Computational theory of mind rises a series of questionings to cognitive science and directs efforts of computer sciences in attempt to elucidate them. The limits in the cognition study through the analogy with digital computers is of ultimate relevance to the understanding and the development of both, cognitive sciences and computing disciplines. © Ciências & Cognição 2006; Vol. 07: 122-127.

**Keywords:** Computation; cognition; artificial intelligence; computational theory of mind.

### Introdução

Nos últimos cinquenta anos, pelo menos, temos observado um evidente avanço da ciência no nosso dia-a-dia. De maneira geral, tecnologia, historicamente restrita a pequenos grupos econômicos, teve seu uso intensificado sobremaneira e foi propagada

amplamente, seja através da popularização dos produtos tecnológicos, seja através da difusão das informações que a produz. Todavia, embora avance rapidamente em inúmeros segmentos de produção científica e industrial, alguns setores da tecnologia de ponta apresentam obstáculos intransponíveis para continuidade de sua evolução quando

---

<sup>✉</sup> – **M.M. Maroldi** é bacharel em Ciências de Computação (Universidade de São Paulo – USP; Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – ICMC). Endereço para correspondência: Alameda das Azaléias, 727 - Bairro Cidade Jardim, São Carlos, SP 13566-500. *E-mail* para correspondência: [marcelomaroldi@yahoo.com.br](mailto:marcelomaroldi@yahoo.com.br).

afastadas da argumentação das ciências humanas, como a filosofia, e de sustentação e respaldo sócio-cultural, principalmente.

Ainda que computadores ocupem posição de destaque no cenário tecnológico mundial e sua utilização tenha sido estendida ao cidadão comum, que prontamente absorveu, o ambiente de inteligência artificial<sup>1</sup>, apresentado em filmes, livros e revistas nos últimos vinte anos parece distante da realidade e do estágio tecnológico que esta ciência se encontra de fato.

Ademais, parece, em princípio, que a inteligência artificial parece se preocupar mais com aspectos formais e tecnológicos para seu desenvolvimento do que com a absorção de elementos teóricos a seus modelos. A robótica, em especial, almejando reproduzir rapidamente em máquinas comportamento similar ao do ser humano, acaba por se esquecer da análise fundamental dos mecanismos cognitivos a serem replicados nestes objetos. Mais especificamente, a robótica e mesmo a IA como um todo, por vezes, chegam a minimizar alguns estudos envolvidos no desenvolvimento de funções cognitivas, ora atribuindo menor valor ao estudo da filosofia da mente, da neurociência e da biotecnologia, ora ignorando completamente a psicologia e estudos correlatos. Em outras palavras, eles parecem (querer) *“reproduzir os padrões de comportamento humano sem reproduzir o mecanismo que produz o comportamento humano”* (Clancey, 1995). Isso é notório em cognição desenvolvida em computadores. Essa negligência, entretanto, produz um cenário interessante, com visões distintas concorrentes: a IA festeja seus resultados e seus *sucessos*, embora outros segmentos, como a neurociência cognitiva, reivindicam para si os principais avanços obtidos no assunto, e enquanto os observadores mais atentos,

entretanto, vêm poucos avanços reais em cognição artificial de modo geral<sup>2</sup>.

### Computação e cognição

*“Computação é o fundamento central da ciência cognitiva moderna.”*<sup>3</sup>

(Chalmers, 1993)

Mas:

*“Nós não sabemos como projetar uma máquina hoje que respeite nossas hipóteses atuais sobre a cognição humana.”*<sup>4</sup> (Clancey, 1995)

A primeira frase, do filósofo da mente David Chalmers, evidencia o papel da computação no estudo atual da cognição humana. Sendo este um conceito fortemente aceito dentro da IA, não há de se estranhar, portanto, que esta ciência - e mesmo antes dela se estabelecer formalmente como tal - tenha profetizado e reivindicado para si um grande número de respostas às questões da ciência cognitiva, e que ainda ecoam maciçamente nos campos da filosofia e da computação, da computação clássica principalmente. De modo geral, as perguntas formuladas podem ser condensadas em entender se a primeira citação é possível, e a segunda, de que modo implementar, em sistemas artificiais, como computadores, mecanismos cognitivos encontrados nos cérebros humanos. Se respondidas essas perguntas, para muitos intratáveis, afirmativamente, devem-se estabelecer, então, as bases conceituais de tais respostas, isto é, estariam nossas máquinas realmente implementando cognição tal qual a cognição humana?, ou esta possibilidade seria restrita somente as mentes dos seres humanos? Nesse último caso, então, o que estariam computando nossas máquinas? Estaria o computador pensando, criando, sendo consciente? Quais os efeitos desta computação em máquinas para o estudo da psicologia e da filosofia? Se

(1) Expressão criada pelo matemático John McCarthy nos anos 50 e que se refere ao ramo da ciência da computação que investiga os mecanismos necessários para que um computador possa pensar (ou ser *inteligente*) e agir dessa forma. A partir de agora, referenciada por IA, apenas.

(2) Não seria uma questão de expectativas nascidas de uma falsa propaganda da IA?

(3) Tradução nossa.

(4) Tradução nossa.

nossas respostas concordarem com a tese de Clancey, estariam sendo inúteis as pesquisas relacionadas à cognição humana simuladas<sup>5</sup> em computadores? Que rumo as pesquisas atuais devem assumir? Que tipo de computação supõe-se ser a mais adequada a esta árdua pesquisa? As perguntas são muitas, as respostas não especulativas, poucas.

Ada Lovelace, amiga e colaboradora de Charles Babbage<sup>6</sup>, afirmou que os computadores não podem ter a pretensão de originar nada por si só mas apenas realizar tarefas que nós sabemos como fazer e ordenemos a eles que façam, segundo o modo como ordenamos (isto é, como os programamos)<sup>7</sup>. Se isso for verdade sempre, poderia algum computador reproduzir mecanismos como criatividade ou julgamento? Ser consciente ou sentir medo? Não seria a computação uma ciência ainda muito recente para que sejam anunciadas suas limitações? E quando, porventura, forem estabelecidas novas formas de computar, isso ainda será verdade? Vamos admitir que se conheça totalmente algum dos processos cognitivos humanos, digamos, a criatividade. Se cognição for independente do cérebro, o que nos impediria de aplicarmos tal conhecimento em máquinas, se a tecnologia não for um problema? A tese de que algumas habilidades humanas não podem ser replicadas computacionalmente encontra, ainda agora, grande número de simpatizantes, por exemplo, o importante filósofo John R. Searle. Embora computadores atualmente joguem xadrez, encontrem a saída de um labirinto, construam versos poéticos e componham sinfonias para piano ao estilo barroco, seus modelos de implementação ainda se assemelham muito aos paradigmas baseados em execução procedimental de tarefas e padrões, e sabemos, a mente humana é muito mais que isso.

(5) Somente enquanto simular cognição em neurônios e estruturas cerebrais for somente uma *utopia*.

(6) Idealizador, no século XIX, da máquina de Babbage, engenho que se assemelharia a um computador digital e que nunca foi construído.

(7) Seria esse um desejo encoberto de manter os seres humanos em um patamar superior as máquinas?

Cognição, segundo o dicionário Houaiss<sup>8</sup> é a “capacidade de adquirir conhecimento”, ou simplesmente “conhecimento”<sup>9</sup>. No meio acadêmico, o termo é empregado geralmente associado à “investigação dos processos mentais superiores”<sup>10</sup> (Mello, 2003). Embora tenha tido diversos posicionamento ao longo da história (Hume, Locke, Wiliam James e vários outros), teve seu impulso potencializado após a elaboração do teorema da máquina de Turing<sup>11</sup>, em 1936, a proposta de uma máquina hipotética capaz de computar qualquer algoritmo matemático (ou lógico) sem intervenção humana. A revolução cognitiva, a partir da década de 1950, possibilitou que os processos cognitivos fossem entendidos, ainda que parcialmente, e investigados em máquinas em diversos centros de pesquisa e universidades por todo o mundo. Parte desse desenvolvimento deve-se a maquina de Turing.

Uma das principais contribuições da ciência cognitiva foi o fato de sugerir – ou até mesmo explicar timidamente – que a vida mental é baseada em um sofisticado sistema de informação e computação<sup>12</sup>. Crenças, sentimentos, lembranças são informações armazenadas em *bancos de dados*<sup>13</sup> no cérebro segundo padrões pré-estabelecidos de armazenamento. Essas informações podem ser resgatadas, processadas e transformadas, o que poderíamos denominar como *pensar*. Mecanismos de *feedback* informacional realimentam e atualizam a imagem contida neste gigantesco banco de dados<sup>14</sup>. Tal imagem, entretanto, não seria de fato a

(8) Minidicionário Houaiss da língua Portuguesa. Rio de Janeiro, Objetiva, primeira edição, 2001.

(9) Para o dicionário Mor da língua Portuguesa, é a operação intelectual cujo objetivo é o conhecimento.

(10) Pensamento, razão, consciência, percepção, entre outras.

(11) Ver Alan Turing e o teste de Turing.

(12) Novamente: isso não significa dizer que saibamos qual é esta computação e como a mesma computa.

(13) Bom exemplo de uso de um *termo computacional* que, migrado, passa a ser aplicado também a aspectos da mente/cérebro e que, juntamente com diversos outros, são incorporados ao texto no decorrer deste trabalho.

(14) Informacional nesse caso (e não relacional!).

imagem da informação<sup>15</sup>, mas, provavelmente, uma receita de como (re)construir tal imagem<sup>16</sup>. Esse funcionamento, análogo a de um computador, foi suficiente para nomear tal teoria de teoria computacional da mente (esta descrição encontra-se de modo quase idêntico em Pinker, 2004). A teoria foi proposta inicialmente por Putnam e desenvolvida por diversos outros pesquisadores da mente, entre eles Jerry Fodor. A IA (e todas as áreas relacionadas) a absorveu, vendo representado nela a confirmação da *supremacia* das ciências de computação (e da lógica, por exemplo) sobre as demais disciplinas que se dedicam a este assunto.

*“...e que todo poder criador da mente se reduz a simples faculdade de combinar, transpor, aumentar ou diminuir os materiais fornecidos pelos sentidos e pela experiência”<sup>17</sup>*

David Hume, Investigação Sobre o Entendimento Humano

Tal teoria não se preocupa em entender a forma de aquisição de conhecimento e reduz as experiências exteriores em *inputs* do sistema cerebral, no mesmo nível de igualdade de qualquer outro *input* (por exemplo, *inputs* de saída de outros processos cognitivos em paralelo<sup>18</sup>). Uma experiência nada mais é que uma ação que resultou em um conjunto particular de informações a serem processadas (e eventualmente armazenadas ou transformadas). Ela descreve, apenas, o modo com funciona a mente humana em termos de processamento de informação. Admitindo-se esta representação como verossímil, podemos, portanto, reproduzir tais mecanismos em *cérebros* artificiais, isto é, máquinas, pois, nesse caso, o relevante é o próprio modelo

(15) Uma imagem no sentido de espelhamento real.

(16) A imagem mental como ela se apresenta a mim, ou seja, a imagem a qual eu tenho *acesso* (ou, a qual o cérebro me *disponibiliza*).

(17) Grifo nosso.

(18) Ver o modelo de múltiplas camadas (*multiple drafts model*) do filósofo Daniel Dennett e a máquina *Joyceana* por ele sugerida.

(isto é, como ele funciona), não o material em que este se encontra sustentado, ou a necessidade de uma alma imortal, ou nada que não seja tratamento de informação. Sendo possível sua replicação em ambientes artificiais, o estudo investigativo do modelo computacional da mente auxiliaria no aprendizado dos mecanismos cognitivos humanos sem recorrer a elementos míticos ou suposições jamais possíveis de comprovação. Ainda que a hipótese seja simplista demais para um processo tão complexo como a cognição humana, é uma tentativa de pesquisa científica que procura uma solução, ao invés de simplesmente invalidar a reprodução de cognição considerando-na particular das mentes humanas e nunca replicáveis. Segundo a teoria, seria possível explicar os processos de pensamento, de criação e quaisquer outros desprezando o cérebro, o que implicaria em inferir que inteligência, criatividade, emoção e julgamento poderiam ser obtidos também em outros materiais, como *chips* de silício ou outro material com as propriedades físico-químicas necessárias, isto é, transformaria seres humanos em máquinas de processamento informacional<sup>19</sup>, justamente o que parecia negar (e temer?) Ada Lovelace. A mente ocorre no cérebro, mas não se reduz a este. O funcionalismo e a teoria computacional da mente, unidos, deram novo ânimo a robótica (e a IA), de modo que objeções em massa não puderam desestabilizar e desacreditar tais teorias, que, renovadas, mantêm sua força até hoje.

A implementação de uma computação cognitiva, portanto, estaria restrita a identificar e aplicar uma seqüência lógica de transformações, segundo eventos probabilísticos, aleatórios, causais, ou outros, em um conjunto finito de dados, a informação. Uma vez que o banco de dados da mente humana, embora imenso, seja finito, a combinação de dados gerados a partir deles não o é. Isto é possível em um modelo muito avançado e estável como o nosso, e é um dos primeiros sinais da dificuldade de projetar o modelo

(19) A analogia cérebro-hardware, mente-software é quase imediata nesse ponto.

artificialmente. Além disso, certamente temos que considerar recorrência, *loops* e vários outros mecanismos (computacionais) que permitem que ele seja tão sofisticado quanto é. Todavia, o fato de acreditarmos que criatividade, imaginação e inteligência são meramente formas de processamento de informação não significam, entretanto, que eles realmente poderão ser replicados em computadores. Um outro sinal da dificuldade encontrada é a questão semântica, apresentada e discutida por inúmeros filósofos e pesquisadores da mente. Segundo estes, computadores possui apenas processamento sintático, não semântico, o que implicaria em limitações grosseiras e significativas se comparadas à mente humana. Harnad (1994) bradou que: “*Computation is just interpretable symbol manipulation; cognition isn't.*”

No caso de sistemas computacionais inteligentes que constroem músicas, a noção de semântica é especialmente interessante de ser estudada. Compositores de grande importância, como Stravinsky, sustentaram que não há semântica na música, apenas sintaxe (Oliveira, 2002). O fato é que existem – e já são muitos – os softwares que implementam composição musical, sintática somente e, apesar das supostas impossibilidades da computação atual, obtiveram-se resultados expressivos e relevantes<sup>20</sup>.

A margem de tantas dúvidas, é necessário perguntar: como estudar cognição? Para os entusiastas da computação, bastaria responder a pergunta de como simular a cognição através de um modelo (de organização, de dados e de controle) e observar o que ocorre. Utilizam-se computadores para entender a mente humana, em um caminho contrário ao de entender a última para construir os primeiros (e contrária à proposta da IA. Teria ela falhado?). Alguns autores sustentam que uma organização dos processos mentais, mesmo que não idêntica a

da mente humana, poderá produzir *resultados* iguais aos do processamento humano, o que, assim, implicaria logicamente em identidade entre computadores e mentes humanas (*inputs* iguais gerando *outputs* iguais). Se isso for possível, certamente será possível definir e implementar diversos modelos alternativos para arquiteturas cognitivas, como softwares concorrentes em uma prateleira de loja. Entretanto, outros autores sustentam o argumento de que só será conseguido replicar funções cognitivas quando forem replicados modelos cognitivos, isto é, o modo como a cognição se dá e não somente o resultado de tal cognição. Por outro lado, estudamos cognição atentos sempre a computação clássica o que significa que nossos robôs são feitos respeitando as premissas clássicas, entre outras, para armazenamento de memória, aprendizado e gerenciamento da informação como um todo<sup>21</sup>, o que pode ser um erro grave. Clancey (1995) adverte: “o conhecimento não pode ser reduzido às representações de comportamento ou de ambiente”<sup>22</sup>.

Por fim, necessário dizer que o comportamento humano é resultado de um conjunto de processos cognitivos operando em paralelo, não apenas um conjunto de regras e informações armazenadas em memória, o que implicaria, entre outras coisas, na consideração de todos os demais *módulos* cognitivos na formação completa de um evento mental. Em outras palavras, um robô para tomada de decisão, por exemplo, que não implementar mecanismos de emoção, criatividade, etc, jamais será similar a um correspondente humano típico, constituído de inúmeros processos concorrentes *componentizados*. Ainda que se implemente tais mecanismos, jamais será similar a um correspondente humano típico, novamente.

---

(21) Além, evidentemente, da matemática e da lógica clássica, que as sustentam. Teixeira (2005, p.43-50) menciona a possibilidade da teoria da computação constituir seu fundamento em uma lógica não-clássica o que ele conclui dizendo que as conseqüências seriam devastadoras, “a aritmética entraria em colapso,...e daí?” E conclui: “Se este é o cenário, azar da matemática, e azar da teoria ortodoxa da computação!”

(22) Tradução nossa.

---

(20) Nesse caso, se preocuparam apenas com os *outputs* gerados, como se segue no texto.

Um projeto de um robô que realmente simule a cognição humana não poderia, em princípio, ser baseado em regras e em descrições do mundo feitas por seres humanos (os programadores). É necessário considerar a hipótese de que a cognição humana é impossível de ser replicada em máquinas por não termos acesso a nossos processos mentais, apenas a representações deles, o que significa dizer que talvez seja necessário focar somente nos resultados dos processos que queremos replicar, independente do modo como são projetados. Se admitirmos isso, portanto, devemos criar mecanismos para aferir a *qualidade* dos processos cognitivos mecânicos por nós desenvolvidos, comparando-os com os dos seres humanos, para avaliação. Tudo, entretanto, passa a ser uma comparação comportamental, uma vez que os procedimentos internos dos sistemas não serão considerados no resultado final.

Há uma intensa comparação entre cérebros e computadores sendo feita em todos os segmentos científicos nas últimas décadas. Entretanto, embora possa estar ocorrendo uma banalização do assunto, tais comparações não são totalmente indiscriminadas. Existem numerosos e sólidos argumentos que unem computação e cognição, mas um grande número de outros argumentos contra tal aproximação. Certamente, algumas das características computacionais atribuídas ao cérebro são verdadeiras, e estudá-las trará avanços significativos para a área. Sozinha, todavia, a computação não poderá responder as dúvidas e questionamentos atuais. A boa convivência entre as disciplinas e fusão de informações deverá obter melhores resultados.

### Referências Bibliográficas

- Oliveira, C. (1967). *Dicionário Mor da língua portuguesa*. São Paulo: Livro'Mor.
- Chalmers, D.J. (1993) *A Computational Foundation for the Study of Cognition*. Disponível no *World Wide Web*: <http://consc.net/papers/computation.html>.
- Clancey, W.J. (1995). *A boy scout, Toto, and a bird: How situated cognition is different from situated robotics*. Em: Steels, L. e Brooks, R. (eds.) *The "artificial life" route to "artificial intelligence": building situated embodied agents*. (pp. 227-236). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates
- Harnad, S. (1994). *Computation is just interpretable symbol manipulation: cognition isn't*. Special Issue on What is computation. *Minds Mach.*, 4, 379-390.
- Houaiss, A e Villar, M.S. (2001). *Minidicionário Houaiss da língua portuguesa*. Rio de Janeiro: Objetiva.
- Hume, D. (1973). *Investigação Sobre o Entendimento Humano*. Em: Os Pensadores, livro XXIII, São Paulo: Editora Abril Cultural.
- Mello, M. (2003). *Reflexões sobre Lingüística e cognição musical*. Tese (Mestrado), Campinas: Instituto de Estudos da Linguagem, Universidade Estadual de Campinas.
- Oliveira, L.F. e Zampronha, E.S. (2002). *El computacionalismo clásico y el modelo de una mente creativa en composición musical*. Em: Martínez, I.C. e Musumeci, O. (eds.) *Proceedings Reunión anual de la Sociedad Argentina para las ciencias cognitivas de la musica*. Buenos Aires.
- Pinker, S. (2004). *Tabula Rasa: a negação contemporânea da natureza humana*. São Paulo: Companhia das Letras.
- Teixeira, J.F. (2005). *Filosofia da mente: neurociência, cognição e comportamento*. São Carlos: Editora Claraluz.