



Inteligência humana, inteligência artificial e currículo escolar



**Autor:**

João Batista Araujo e Oliveira
Presidente, Instituto IDados

Revisão e edição pedagógica:

Iris Walquiria Campos
IW COMUNICAÇÕES LTDA

Capa e design:

Carlos Eduardo Gomes Junior

Revisão e edição final:

Heloisa de Oliveira Bastos

INTELIGÊNCIA HUMANA, INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E CURRÍCULO ESCOLAR

A afirmação de que a inteligência humana possui limites biológicos, enquanto a inteligência artificial não teria um “teto”, contém um elemento de verdade, mas simplifica excessivamente o que a ciência cognitiva sabe sobre a natureza da inteligência. A psicologia cognitiva, a psicomетria e a ciência da aprendizagem mostram um quadro mais complexo: a inteligência humana é extraordinariamente poderosa precisamente porque opera dentro de limites estruturais bem definidos. Esses limites não são apenas restrições; eles moldam o modo como pensamos, aprendemos e criamos conhecimento.

A inteligência humana é produto de um órgão biológico extremamente eficiente, mas energeticamente restrito. O cérebro humano consome cerca de vinte watts de energia — menos do que uma lâmpada doméstica — e, dentro dessa restrição energética, realiza tarefas cognitivas de enorme complexidade. Os sistemas neurais evoluíram para maximizar eficiência no uso da informação: eles processam informação suficiente para se adaptar ao ambiente, mas evitam cálculos exaustivos que exigiriam energia excessiva. A inteligência humana, portanto, não é um sistema de cálculo ilimitado; é um sistema altamente eficiente que equilibra precisão e economia.

Uma das manifestações mais claras desses limites aparece na chamada memória de trabalho, o sistema mental que mantém informações temporariamente disponíveis enquanto pensamos, raciocinamos ou resolvemos problemas. Um exemplo simples: suponha alguém tentando fazer um cálculo mental um pouco mais complexo, como 37×24 , sem papel nem calculadora. Para resolver o problema, a pessoa precisa manter simultaneamente várias informações na mente: o resultado parcial de 7×24 , depois o de 30×24 , além de lembrar que deve somar os dois valores no final. Cada etapa exige armazenar temporariamente números enquanto outras operações são realizadas. Quando a memória de trabalho é sobrecarregada, é comum perder um dos resultados intermediários ou esquecer qual etapa já foi realizada — o que leva a erros ou à necessidade de recomençar o cálculo.

Esse tipo de situação ilustra bem o funcionamento e os limites da memória de trabalho: ela permite manipular informações temporárias para raciocinar, mas só consegue manter um número reduzido de elementos ao mesmo tempo. Por isso, problemas complexos tornam-se muito mais fáceis quando usamos papel, esquemas ou outras formas externas de registro, que aliviam a carga sobre esse sistema mental.

A compreensão científica desse sistema evoluiu significativamente ao longo das últimas décadas. Um marco inicial foi o trabalho clássico de George Miller, que observou que, em diversas tarefas de memória imediata, as pessoas conseguiam manter simultaneamente cerca de sete unidades de informação, na verdade sete mais ou menos duas. Esse resultado ficou conhecido como o “mágico número sete”. Miller introduziu também um conceito fundamental: o chunk, ou unidade de informação. Um

chunk não é necessariamente um item simples, como um número ou uma letra; trata-se de qualquer conjunto de informações que o indivíduo consegue tratar como uma única unidade significativa.

Assim, uma sequência como 1-9-4-5-1-9-6-4 pode ser lembrada como dois blocos — 1945 e 1964 — se esses anos forem familiares ao indivíduo. A capacidade aparente da memória depende, portanto, não apenas de limitações cognitivas intrínsecas, mas também da capacidade de organizar informação com base em conhecimentos previamente armazenados na memória de longo prazo.

Pesquisas posteriores refinaram esse resultado. Experimentos conduzidos por Nelson Cowan e outros pesquisadores procuraram medir a capacidade da memória de trabalho controlando cuidadosamente o uso de estratégias de agrupamento e repetição verbal. Quando esses recursos são restringidos, a capacidade observada tende a cair para cerca de três ou quatro unidades simultâneas de informação. O foco da atenção — núcleo funcional da memória de trabalho — parece comportar apenas esse pequeno número de representações ativas ao mesmo tempo.

O resultado de Miller não estava errado; ele refletia o fato de que, na maioria das situações reais, as pessoas organizam a informação em unidades maiores de significado. Em outras palavras, o limite cognitivo básico é pequeno, mas pode ser expandido funcionalmente pela organização do conhecimento.

Essa interpretação foi reforçada por estudos clássicos sobre expertise. Pesquisas conduzidas por William Chase e Herbert Simon mostraram que mestres de xadrez conseguem memorizar rapidamente posições complexas de peças quando essas posições correspondem a padrões reais de jogo, mas não apresentam vantagem semelhante quando as peças são dispostas aleatoriamente no tabuleiro. A superioridade dos especialistas não resulta de uma memória maior, mas da capacidade de reconhecer padrões familiares e tratá-los como unidades cognitivas integradas.

Pesquisas posteriores sobre expertise conduzidas por Anders Ericsson demonstraram que especialistas em diferentes domínios — da música à medicina — desenvolvem representações mentais altamente estruturadas que lhes permitem processar informação de maneira muito mais eficiente do que iniciantes. O desempenho superior resulta, em grande medida, da organização do conhecimento em estruturas cognitivas profundas.

O estado atual da pesquisa aponta, portanto, para uma conclusão clara: a memória de trabalho humana possui uma capacidade estrutural limitada, mas essa capacidade pode ser ampliada funcionalmente pela organização do conhecimento armazenado na memória de longo prazo. O desempenho intelectual em tarefas complexas depende, assim, não apenas da capacidade cognitiva básica, mas também da quantidade e da estrutura do conhecimento que o indivíduo possui em determinado domínio.

Voltaremos a esse tema no final desta reflexão, tendo em vista suas implicações para o currículo – o que deve ser ensinado nas escolas.

A psicometria oferece outro ângulo sobre essas limitações. Desde os trabalhos pioneiros de Charles Spearman, sabemos que as habilidades cognitivas humanas estão organizadas hierarquicamente, com um fator geral de inteligência — o fator *g* — no topo. Esse fator representa a eficiência global do processamento cognitivo e explica por que pessoas que se saem bem em uma tarefa intelectual tendem a se sair bem em outras.

A distribuição dessas capacidades na população segue aproximadamente uma curva normal. Existem diferenças substanciais entre indivíduos, mas todos operam dentro de uma mesma arquitetura cognitiva. Mesmo indivíduos extraordinariamente talentosos não possuem um tipo completamente diferente de mente; possuem versões particularmente eficientes do mesmo sistema.

Estudos longitudinais conduzidos por David Lubinski e Camilla Benbow, baseados no programa de pesquisa iniciado por Julian Stanley, acompanharam milhares de jovens com desempenho excepcional em matemática e raciocínio. Décadas depois, muitos desses participantes se tornaram cientistas, engenheiros e professores de destaque. Mesmo nesses casos, porém, o sucesso não decorre de capacidades cognitivas ilimitadas, mas da combinação entre alto potencial cognitivo e oportunidades educacionais adequadas.

Os limites da inteligência humana também aparecem no modo como resolvemos problemas. Herbert Simon e Allen Newell demonstraram que seres humanos raramente exploram todas as possibilidades de solução de um problema. Em vez disso, utilizam heurísticas, regras práticas que reduzem drasticamente o espaço de busca. A racionalidade humana é, nesse sentido, limitada: precisa operar dentro de restrições de informação e capacidade computacional.

Décadas depois, Daniel Kahneman e Amos Tversky mostraram experimentalmente como essas heurísticas operam no julgamento cotidiano. As pessoas frequentemente utilizam atalhos cognitivos para simplificar decisões complexas. Esses atalhos podem produzir julgamentos razoáveis, mas também geram vieses sistemáticos. O pensamento humano não é irracional; ele é adaptado para funcionar de forma eficiente em ambientes complexos e incertos.

Essas características ajudam a compreender um pouco melhor a relação entre inteligência humana e inteligência artificial. Sistemas computacionais não estão sujeitos exatamente às mesmas restrições biológicas. Eles podem armazenar enormes quantidades de informação e executar cálculos massivos com precisão. Em tarefas que exigem exploração de grandes espaços combinatórios ou análise de grandes volumes de dados, máquinas podem superar humanos com facilidade.

Isso não significa, contudo, que a inteligência artificial seja simplesmente uma versão ilimitada da inteligência humana. Sistemas de IA possuem limitações próprias. Eles dependem de dados de treinamento, de arquiteturas específicas e de objetivos definidos. Pesquisadores como Gary Marcus têm argumentado que muitos sistemas atuais ainda apresentam dificuldades importantes para generalizar conhecimento ou compreender relações causais profundas. Tanto a inteligência biológica quanto a artificial operam dentro de restrições estruturais — apenas de natureza diferente.

A história intelectual mostra que as maiores expansões da capacidade cognitiva humana ocorreram quando novas ferramentas simbólicas ampliaram aquilo que a mente humana podia fazer. A escrita permitiu externalizar a memória. A matemática criou linguagens formais para representar relações abstratas. A imprensa multiplicou o acesso ao conhecimento. Instrumentos científicos ampliaram a capacidade humana de observar e modelar fenômenos naturais.

Essas transformações só se tornaram possíveis, por sua vez, porque sociedades desenvolveram sistemas educacionais capazes de ensinar as linguagens cognitivas que tornam essas ferramentas utilizáveis. Ler, escrever e calcular não são apenas habilidades práticas; são tecnologias cognitivas que reorganizam o pensamento. David Geary e Stanislas Dehaene mostram que essas habilidades precisam ser ensinadas explicitamente, pois não emergem espontaneamente do desenvolvimento humano.

A principal implicação para o currículo escolar é clara. A escola deve ensinar de forma sistemática as linguagens cognitivas que ampliam o pensamento humano: leitura profunda, escrita estruturada, matemática formal, raciocínio científico e conhecimento histórico e cultural acumulado.

Avaliações internacionais como TIMSS, PIRLS e PISA concentram-se exatamente nesses domínios porque eles representam competências cognitivas centrais para sociedades baseadas em conhecimento. O domínio da leitura amplia a compreensão conceitual e o vocabulário. A matemática desenvolve estruturas de raciocínio lógico e quantitativo. As ciências oferecem modelos explicativos para compreender fenômenos complexos. A emergência da inteligência artificial não altera esse diagnóstico. Pelo contrário, tende a reforçá-lo. Sistemas de IA podem gerar respostas, mas interpretar essas respostas, avaliar sua plausibilidade e integrá-las a modelos conceituais exige conhecimento disciplinar sólido.

A literatura sobre memória de trabalho e aprendizagem converge para a mesma conclusão. Pesquisadores como Daniel Willingham mostram que o pensamento depende fortemente do conhecimento armazenado na memória de longo prazo. A teoria da carga cognitiva, desenvolvida por John Sweller, explica que a aprendizagem eficaz ocorre quando o ensino ajuda os estudantes a desenvolver esquemas cognitivos que organizam múltiplos elementos em unidades integradas.

O aprofundamento de uma discussão raramente resulta apenas de maior capacidade de raciocínio. Ele depende da interação entre raciocínio e conhecimento prévio. Estudos conduzidos por Michelene Chi, Paul Feltovich e Robert Glaser mostram que especialistas percebem padrões conceituais que permanecem invisíveis para iniciantes. Pesquisas de Donna Recht e Lauren Leslie demonstram que leitores com maior conhecimento prévio compreendem textos com muito mais profundidade. O modelo de compreensão desenvolvido por Walter Kintsch mostra que entender um texto significa construir modelos mentais que integram novas informações ao conhecimento existente. O princípio geral que emerge dessas pesquisas é simples: pensar melhor exige saber mais.

Isso tem implicações diretas para a função da escola. Se a qualidade do pensamento depende da qualidade do conhecimento disponível na memória de longo prazo, então a tarefa central da educação é ajudar o aluno a desenvolver um repertório amplo, organizado e cumulativo de conhecimento disciplinar. Como argumenta E. D. Hirsch, o conhecimento compartilhado funciona como uma infraestrutura cognitiva que permite compreender o mundo e participar plenamente da vida intelectual e cívica.

A inteligência humana possui limites reais. Mas a história mostra que esses limites podem ser ampliados por instrumentos culturais e educacionais. A inteligência artificial provavelmente se tornará uma das mais poderosas dessas ferramentas. O desafio educacional do futuro não será competir com máquinas que calculam mais rápido, mas formar mentes capazes de compreender profundamente o conhecimento humano e utilizar novas ferramentas para expandi-lo.

REFERÊNCIAS

- Baddeley, A. D. (2012). Working memory: Theories, models, and controversies. *Annual Review of Psychology*, 63, 1–29.
- Barnett, S. M., & Ceci, S. J. (2002). When and where do we apply what we learn? A taxonomy for far transfer. *Psychological Bulletin*, 128(4), 612–637.
- Chase, W. G., & Simon, H. A. (1973). Perception in chess. *Cognitive Psychology*, 4(1), 55–81.
- Chi, M. T. H., Feltovich, P. J., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5(2), 121–152.
- Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory. *Behavioral and Brain Sciences*, 24, 87–185.
- Deary, I. J. (2012). Intelligence. *Annual Review of Psychology*, 63, 453–482.
- Dehaene, S. (2020). *How We Learn*. New York: Viking.
- Ericsson, K. A., & Pool, R. (2016). *Peak: Secrets from the New Science of Expertise*. Boston: Houghton Mifflin Harcourt.
- Geary, D. C. (2007). An evolutionarily informed education science. *Educational Psychologist*, 42(4), 193–206.
- Geary, D. C. (2011). Cognitive predictors of achievement growth in mathematics. *Developmental Psychology*, 47(6), 1539–1552.
- Hirsch, E. D. (2006). *The Knowledge Deficit*. Boston: Houghton Mifflin.
- Kahneman, D. (2011). *Thinking, Fast and Slow*. New York: Farrar, Straus and Giroux.
- Kintsch, W. (1998). *Comprehension: A Paradigm for Cognition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2006). Study of mathematically precocious youth after 35 years. *Perspectives on Psychological Science*, 1(4), 316–345.
- Marcus, G., & Davis, E. (2019). *Rebooting AI*. New York: Pantheon.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two. *Psychological Review*, 63, 81–97.

Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human Problem Solving*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

Recht, D. R., & Leslie, L. (1988). Effect of prior knowledge on good and poor readers' memory of text. *Journal of Educational Psychology*, 80(1), 16–20.

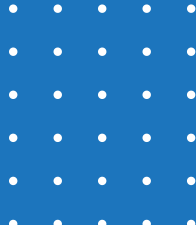
Schmidt, W. H., & Prawat, R. S. (2006). Curriculum coherence and national control of education. *Educational Researcher*, 35(1), 3–14.

Spearman, C. (1904). General intelligence objectively determined and measured. *American Journal of Psychology*, 15, 201–292.

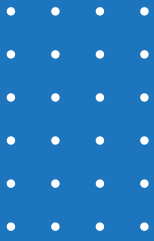
Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*. New York: Springer.

VanLehn, K. (2011). The relative effectiveness of human tutoring and intelligent tutoring systems. *Educational Psychologist*, 46(4), 197–221.

Willingham, D. T. (2009). *Why Don't Students Like School?* San Francisco: Jossey-Bass.



A série Q.I. e Capital Humano apresenta dados e evidências para estimular a discussão sobre as relações entre desenvolvimento do potencial das pessoas e os benefícios econômicos para o país.



Nossa Missão: Promover e implementar políticas e práticas para a identificação precoce de crianças com alto potencial cognitivo, proporcionando oportunidades adequadas para que desenvolvam plenamente suas capacidades.

contato@institutoidados.org.br

