

---

Recebido: 8-02-2021 | Aprovado: 15-03-2021 | DOI: <https://doi.org/10.23882/NE2148>

# As bases neuronais da memória e da aprendizagem: conhecer para atuar

## Neuronal basis of memory and learning: comprehension before action

**Marta Paz**, ([marta.paz@fc.up.pt](mailto:marta.paz@fc.up.pt))

Colégio de Gaia - Escola Católica, Vila Nova de Gaia, Portugal

CIIMAR – Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental, Universidade do Porto, Portugal

**Resumo:** As neurociências são uma emergente área do conhecimento científico, cujo objetivo é contribuir para o conhecimento do cérebro. Devido à complexidade do objeto de estudo, é um domínio eminentemente interdisciplinar, integrando áreas científicas diversas, como a biologia, a química, a medicina ou a psicologia. Este trabalho resulta de revisão bibliográfica subordinada ao tema das neurociências e das bases neurológicas subjacentes aos processos cognitivos, abordando os processos envolvidos na construção da memória, da aprendizagem ou da atenção. Apresenta ainda possíveis pontes entre as neurociências e a educação e as neurociências e a inteligência artificial.

**Palavras-Chave:** aprendizagem, educação, memória, neurociências

**Abstract:** Neurosciences are an emerging area of scientific knowledge, whose goal is to contribute to a better knowledge of the brain. Due to the complexity of the object of study, it is primarily an interdisciplinary domain, integrating multiple scientific areas, such as biology, chemistry, medicine or psychology. This work results from bibliographic review on the subject of neurosciences and the neurological bases underlying cognitive processes, addressing the processes involved in the construction of memory, learning or attention. It also presents possible bridges between neurosciences and education and neurosciences and artificial intelligence.

**Keywords:** education, learning, memory, neuroscience

## Introdução

A área científica das neurociências tem vindo a evidenciar um enorme crescimento, sendo um tema apaixonante para investigadores, médicos, biólogos, químicos, psicólogos e para o público em geral.

Conhecer e compreender a biologia da mente humana surge como um desafio central para a ciência no século XXI (Bryne, 2017; Kandel, 2007).

Apesar da palavra “neurociências” ser relativamente recente, o estudo do cérebro e das suas funções é tão antigo quanto a própria ciência, tendo originalmente envolvido cientistas da área da medicina, biologia, química, física, matemática e psicologia (Bear, Connors & Paradiso, 2020, p. 4). Ao mesmo tempo, também a compreensão da natureza biológica da percepção, da aprendizagem e da memória, do pensamento e da consciência, desde sempre suscitaram curiosidade e interesse.

Devido às diversas implicações para o bem-estar, individual e das populações, existe um consenso na comunidade científica de que o estudo da ciência da mente será para este século, aquilo que o estudo da biologia molecular foi para o século XX (Kandel, 2007, p. 4). Segundo a perspectiva de Castro-Caldas (2008) e Kandel (2007) o conhecimento sobre o cérebro constitui a última fronteira do conhecimento.

A neurociência estuda o sistema nervoso, a sua estrutura, função e de que forma os seus diferentes componentes se interrelacionam. O seu surgimento como ciência moderna deve muito aos trabalhos de Santiago Ramón y Cajal (1852-1934), médico e histologista espanhol, vencedor do Prémio Nobel da Fisiologia ou Medicina em 1906. Ficou conhecido pelo desenvolvimento da doutrina neuronal, que reconhece que a unidade estrutural do sistema nervoso é o neurónio (Kandel, 2007, p.39; Bear et al., 2020, p.27).

Desde então, os enormes avanços técnicos, primeiro na área da microscopia eletrónica e mais tarde na área da imagiologia médica, têm permitido avanços significativos nos conhecimentos científicos sobre o cérebro. Trata-se de um campo bastante interdisciplinar, com ramificações para inúmeras outras áreas, desde a medicina, a psicologia, até ao marketing e à inteligência artificial, sendo a educação um dos domínios que pode beneficiar com esses novos conhecimentos.

Poderá o conhecimento sobre o funcionamento do cérebro e dos seus circuitos neuronais revelar novas compreensões sobre o modo como aprendemos, memorizamos ou prestamos atenção?

## Desenvolvimento das neurociências

Em 1859, Charles Darwin (1809-1882), naturalista inglês, publicou a notável obra “*On the origin of species*” (“A origem das espécies”), na qual articulou a Teoria da Evolução, segundo a qual as espécies evoluíram a partir de um ancestral comum, por seleção natural, transmitindo características mais vantajosas para a sobrevivência à descendência e, desta forma, perpetuando-as ao longo das gerações seguintes. Darwin inclui o comportamento nas características transmitidas entre gerações. Uma vez que o comportamento é fruto da atividade do sistema nervoso, os investigadores utilizam modelos animais para estudarem comportamentos que pretendam compreender nos humanos (Bear et al., 2020, p.11). Assim, a apresentação da teoria da evolução das espécies também constituiu um marco importante no desenvolvimento das neurociências, tal como em inúmeros outros domínios da ciência.

A história das neurociências encontra-se ainda nos capítulos iniciais. Para tentar perceber como é que um órgão tão complexo quanto o cérebro funciona, os investigadores optam por uma visão mais reducionista, propondo vários níveis de análise, que variam consoante o objeto de estudo: molecular, celular, sistémico, comportamental e cognitivo (Bear et al., 2020). Provavelmente, o maior desafio de todos para as neurociências será compreender os mecanismos neuronais responsáveis pelas capacidades cognitivas superiores, como a consciência, a imaginação ou a linguagem (Bear et al., 2020, p.14).

## Memória e aprendizagem

A memória é essencial não apenas para a continuidade da identidade individual de cada um de nós, mas também para a transmissão dos saberes culturais ao longo das gerações, possibilitando a evolução e continuidade das sociedades ao longo dos séculos (Kandel, 2007).

Embora o tamanho e a estrutura do cérebro humano não tenha sofrido alterações desde o surgimento do *Homo sapiens*, há cerca de 150000 anos na África

Oriental, a capacidade de aprendizagem do ser humano e a sua memória histórica cresceram ao longo dos séculos através de aprendizagens partilhadas ao longo de inúmeras gerações, por via da transmissão da cultura. A evolução cultural, uma forma não biológica de adaptação, atua em paralelo com a evolução biológica, como uma possibilidade de transmitir conhecimento do passado e comportamento adaptativo através das gerações. Assim, todos os seres humanos são o produto de memórias partilhadas e acumuladas ao longo dos séculos (Kandel, 2007).

Um dos aspetos mais notáveis do comportamento animal é a capacidade de modificar esse comportamento através da aprendizagem, uma habilidade que atinge sua forma mais elevada nos seres humanos. Falar em aprendizagem implica necessariamente abordar o conceito de memória. Para se formar, é necessário que ocorram três etapas sequenciais: aquisição, consolidação e armazenamento

Qualquer sistema de armazenamento de informação, seja biológico ou artificial, tem de ser capaz de: (i) codificar ou registar informação; (ii) armazenar informação, preferencialmente sem perder muito conteúdo; (iii) recuperar a informação armazenada quando necessário (Basar, 2004, p.21)

Segundo Kandel (2007), a aprendizagem é o processo através do qual uma experiência é codificada, resultando numa alteração subsequente do comportamento. Por sua vez, a memória, é um qualquer estímulo que altera de forma permanente o cérebro (de um forma estrutural ou química), permitindo a expressão de experiências prévias em futuras ocasiões. Por outro lado, a recuperação é o processo de reativação de memórias arquivadas, de forma a influenciar o comportamento numa situação futura. Adicionalmente, a recuperação é uma componente importante na

aprendizagem, que explica muitas das diferenças encontradas nos comportamentos adquiridos.

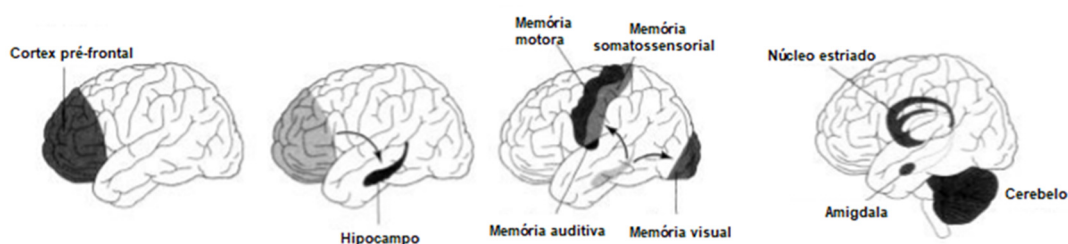
Enquanto função cognitiva, também denominada função mnésica, a memória é uma função cognitiva fundamental para o desenvolvimento de múltiplas atividades, assim como para a análise e aquisição de nova informação e posterior aplicação em novos contextos (Kandel, 2007). Podemos também definir a memória(s) enquanto produto(s) da retenção e codificação de informação, traduzindo-se em representações espaço-temporais internas do mundo, com gênese na experiência de cada sujeito.

A memória pode ser declarativa, ou explícita, quando evoca de forma consciente experiências prévias, ou não declarativa, ou implícita, quando experiências passadas influenciam e determinam o comportamento presente, sem serem no entanto conscientemente recordadas.

A memória declarativa pode ainda dividir-se em memória episódica, remetendo para memórias adquiridas em função do contexto ambiental do sujeito, ou semântica, quando se refere a factos e conceitos apreendidos voluntariamente.

A memória não declarativa está relacionada com fenómenos de: aprendizagem associativa, como respostas motoras e/ou emocionais em resposta a determinado estímulo; ao *priming* (memória subliminar), que diz respeito à identificação e construção da noção de que nos são mais “familiares” determinados objetos (visuais ou materiais) aos quais já fomos expostos, ainda que não nos recordemos que tal tenha ocorrido; ou à aprendizagem não associativa, que está relacionada com a adoção de comportamentos reflexos (Kandel, 2007).

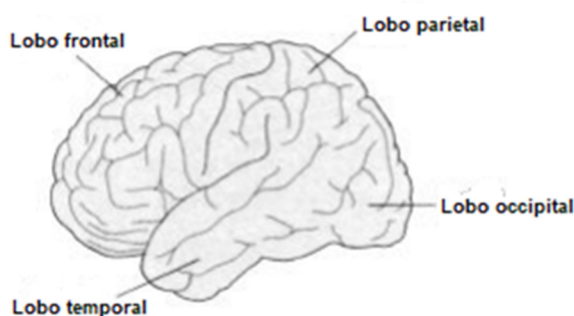
As memórias explícitas e implícitas são processadas e armazenadas em diferentes regiões do cérebro, conforme apresentado na figura 1. No curto prazo, as me-



**Figura 1** - Locais do cérebro responsáveis pelo armazenamento de memórias (adaptado de Kandel, 2007, p.79).

mórias explícitas de pessoas, objetos, lugares, factos e eventos são armazenada no córtex pré-frontal. Essas memórias são convertidas em memórias de longo prazo no hipocampo e, em seguida, armazenadas nas partes do córtex que correspondem aos sentidos envolvidos - isto é, nas mesmas áreas que originalmente processaram as informações. Memórias implícitas de habilidades, hábitos e condicionamento são armazenadas no cerebelo, no núcleo estriado e na amígdala (Kandel, 2007, p. 80).

Na figura 2 apresentam-se os quatro lobos do córtex cerebral, implicados em diferentes funções. Enquanto o lobo frontal é responsável por gerir o planeamento e organização de atividades, controlo de movimentos, linguagem e algumas formas de memória, o lobo parietal recebe informações dos sentidos e de orientação espacial, integrando essa informação em informações coerentes. A visão está dependente de circuitos neuronais da área correspondente ao lobo occipital e, por sua vez, o lobo temporal está envolvido em processamentos auditivos, e ainda à linguagem e à memória.



**Figura 2** - Lobos do córtex cerebral (adaptado de Kandel, 2007, p.68).

Ao longo das últimas décadas, alcançaram-se conhecimentos significativos sobre a biologia molecular do armazenamento de memórias de longo prazo ao nível das sinapses, zonas de comunicação entre dois neurónios (Kandel, 2007). No entanto, a biologia molecular da consolidação de memórias ao nível dos sistemas neuronais tem sido relativamente negligenciada. Nos próximos anos, este foco de investigação será importante para a compreensão da evolução das memórias de longo prazo e para permitir o desenvolvimento de novas terapêuticas que abranjam a natureza dinâmica das memórias (Kandel, 2007).

Abordagens reducionistas, em meados do século XX, utilizaram uma série de modelos para identificar os mecanismos moleculares de consolidação sináptica (Kandel, 2001; Asok, Leroy, Rayman & Kandel, 2019). A investigação com recurso à lesma marinha *Aplysia californica* foi particularmente útil para fornecer informações sobre as diferenças entre o mecanismo subjacente à construção de memórias de curto e longo prazo. Esses estudos revelaram que as memórias de curto prazo requerem um aumento da libertação de determinadas substâncias nas fendas pré-sinápticas, bem como mudanças na atividade do receptores pós-sinápticos, mediada pela modificação covalente de proteínas existentes nas sinapses preexistentes (Asok et al., 2019). Por outro lado, as memórias de longo prazo requerem a transcrição de novos genes, originando a tradução de novas proteínas e o crescimento sináptico nas zonas pré e pós-sinápticas dos neurónios intervenientes (Asok et al., 2019).

A investigação continuou com recurso a outros modelos animais, como o rato ou os primatas. Apesar de ser reconhecido o papel dos mecanismos moleculares na ativação e consolidação da(s) memória(s), há ainda um vasto caminho a percorrer no sentido de se compreender como é que, no ser humano, as memórias, essencialmente as de longo prazo, evoluem ao longo do tempo nos sistemas neuronais.

A aprendizagem ocorre no contexto de memórias existentes. O encontro de novas informações relacionadas com um conhecimento prévio pode desencadear a integração, através da qual ocorre uma atualização das memórias estabelecidas e são incorporados novos conteúdos (Schiliching & Preston, 2016).

De acordo com o estudo de Bauer, Dugan, Varga & Riggins (2019), efetuado com crianças entre os 5 e os 8 anos sujeitas à exposição a novo conhecimento, observaram-se alterações nas regiões neuronais implicadas na integração da memória, nomeadamente o circuito neuronal hipocampo e córtex pré-frontal médio.

Outros trabalhos efetuados com adultos encontraram resultados similares, revelando que a ativação do hipocampo e do córtex pré-frontal médio facilita a integração e consolidação de novas aprendizagens (Schiliching & Preston, 2015, 2016; Van Kesteren, Ruitter, Fernández, & Henson, 2012).

O estudo de Schiliching e Preston (2015), sugere ainda a importância dos períodos de descanso pós-codificação, de forma a possibilitar a reorganização das memórias sobrepostas, e possibilitar maior consolidação.

### **O papel da atenção**

A atenção é uma função cognitiva primária, crítica para a percepção, linguagem e memória (Posner, Rothbart & Voelker, 2016), sendo de todos os fatores que influenciam a aprendizagem, o mais importante (Posner & Rothbart, 2014).

Podemos definir a atenção como involuntária ou voluntária (Gonçalves & Melo, 2009). A involuntária é de origem biológica, atraída fortemente por estímulos externos, resultando de uma tendência natural da atividade psicológica se orientar para as solicitações sensoriais e sensitivas, sem que nisso intervenha um propósito consciente. A atenção voluntária é aquela que exige um certo esforço, no sentido de orientar a atividade psicológica para determinado fim. Entretanto, o grau de concentração da atenção sobre determinado objeto não depende apenas do interesse, mas também do estado psicológico do indivíduo.

Podemos ainda considerar a atenção como sensorial, quando se relaciona com os sentidos, por exemplo a atenção visual, ou como executiva, quando se refere a situações que envolvem planeamento ou tomada de decisão, deteção de erros e resposta a ações não habituais (Posner et al., 2016)

Vários estudos no campo da investigação sobre a atenção encontraram diversas áreas cerebrais envolvidas, como os lobos parietais esquerdo e direito, a amígdala e o giro cingulado (Gonçalves & Melo, 2009; Posner et al., 2016).

Posner e colaboradores (2016) verificaram que a orientação para estímulos sensoriais envolve os campos oculares frontais e as áreas dos lobos parietais superior e inferior, sendo a ligação entre ambos os lobos parietais importante na orientação dos estímulos visuais. A rede de atenção executiva do cérebro parece estar mais dependente do córtex cingulado anterior.

A investigação nesta área afigura-se como essencial no sentido de possibilitar o tratamento de distúrbios da aprendizagem e da memória.

### **Hipocampo e neurogênese**

A descoberta da neurogênese no cérebro de mamíferos adultos derrubou o antigo dogma de que o cérebro adulto não tem capacidade para gerar novos neurónios. Embora a ideia tenha enfrentado algum ceticismo inicial, atualmente é cientificamente aceite que a neurogênese em adultos é uma realidade (Calafate & Mateus-Pinheiro, 2019; Deng, Aimone & Gage, 2010).

A neurogênese diz respeito ao processo de formação de novos neurónios funcionais a partir de células precursoras. Sabe-se hoje que ocorre continuamente no cérebro de mamíferos adultos, incluindo o homem (Calafate & Mateus-Pinheiro, 2019; Deng et al., 2010). Os novos neurónios derivam de células estaminais neurais, cuja localização se pensa ser restrita, no adulto, à zona subventricular que delinea os ventrículos cerebrais, bem como à zona subgranular do giro dentado no hipocampo (Calafate & Mateus-Pinheiro, 2019).

O hipocampo é a estrutura do cérebro que é responsável por armazenar temporariamente a memória, principalmente a de longo prazo. A neurogênese nesta zona do cérebro pode assim compensar a morte de alguns neurónios e aumentar a capacidade de relacionar memórias passadas com os acontecimentos do presente.

Sabe-se que a neurogênese hipocampal em humanos é afetada por vários distúrbios neurológicos, incluindo a depressão, a epilepsia, a isquémia cerebral, a doença de Alzheimer ou a doença de Parkinson, muitos dos quais estão associados a um declínio cognitivo (Deng et al., 2010). A investigação nesta área é extremamente importante no sentido de produzir melhores terapias para estes distúrbios neurológicos tão incapacitantes e cada vez mais frequentes na sociedade.

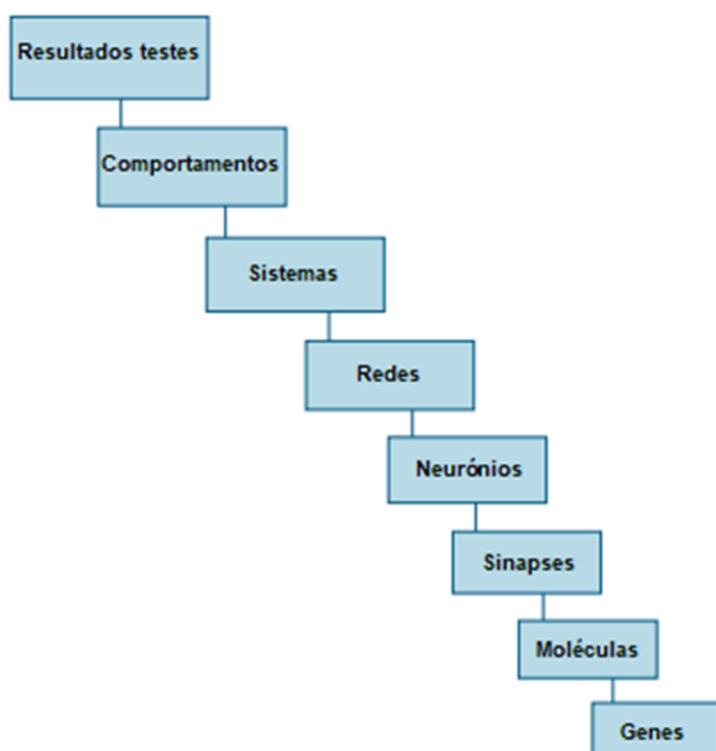
### **Pontes entre as neurociências e a educação**

Um emergente campo de investigação é designado por *Mente, Cérebro e Educação* (MCE) (Ansari & Coch, 2006; Fisher, 2007; Summak, Summak & Summak, 2010; Tokunhama-Espinosa, 2010), também designada por *neuroeducação* ou *neurociência educacional*.

Esta nova área assenta em três diferentes domínios, que se cruzam e intersejam; a educação, a psicologia e a neurociência. Não obstante, o facto de apresentarem diferentes objetos de estudo, métodos e contex-

tos, configura um obstáculo à criação de pontos comuns (Ansari & Coch, 2006).

Um dos mecanismos para construir pontes entre as neurociências e a aprendizagem é criar bases para aumentar a literacia científica e cognitiva sobre neurociência nos professores e educadores (Ansari & Coch, 2006) e, por outro lado, possibilitar que os investigadores em neurociências conheçam mais sobre os processos inerentes ao ensino e à aprendizagem em sala de aula, criando pontes de duplo sentido entre ambas. Os mesmos autores propõe um esquema representativo dos vários possíveis



**Figura 3** - Diagrama representativo dos vários níveis de análise possíveis, num contexto de investigação em Mente, Cérebro e Educação (adaptado de Ansari & Coch, 2006, p. 147).

níveis de análise num contexto MCE, conforme se encontra representado na figura 3.

Uma visão não reducionista de cada nível e, ao mesmo tempo, uma análise de cada um deles de forma isolada, pode contribuir para uma compreensão mais holística e integrada. Como exemplo hipotético, uma fraca pontuação num teste, pode ser explicada por comportamentos de desatenção em sala de aula, envolvendo sistemas atencionais, que por sua vez estão relacionados com redes neurais particulares e com neuró-

nios, que podem ser melhor compreendidos com conhecimentos adicionais sobre os níveis de neurotransmissores, como a dopamina, em determinadas junções sinápticas, o que pode, por sua vez, estar relacionado quer com o ambiente em sala de aula, quer com o património genético do aluno (Ansari & Coch, 2006).

Para descodificar estas mensagens, os investigadores da MCE têm de ser conhecedores destes três domínios científicos, de forma a poderem integrar e utilizar informação dos vários níveis de análise, o que se pode afigurar como difícil, dado que o conhecimento científico de especialidades é quase sempre reduzido a uma área muito particular de estudo.

Na área da recuperação de aprendizagens, armazenadas na memória, existem já diversos estudos que apontam para uma vantagem do uso de testes/questionários, de forma espaçada e regular, de forma a contribuir para aprendizagens mais significativas dos alunos (Karpicke, 2017; Karpicke & Blunt, 2011; Karpicke & Roediger, 2008).

A união entre a ciência da mente, do cérebro e da educação, só é possível construindo várias pontes, que conduzam a uma ciência multidisciplinar, integrada e colaborativa, entre os diferentes atores. Só assim será possível alcançar benefícios mensuráveis para todos os intervenientes e limitar a perpetuação de alguns “neuromitos” que foram sendo criados relativamente às reais contribuições das neurociências para a educação (Rato, Abreu & Castro-Caldas, 2013).

### Neurociências e Inteligência artificial

Uma outra área em grande expansão no mundo atual, e que beneficia com os conhecimentos das neurociências, é a inteligência artificial (IA). A aprendizagem, consolidação de memórias e a tomada de decisão são os pilares para o seu desenvolvimento atual (Hassabi, Kumaran, Summerfield & Botvinick, 2017). A IA recorre a conceitos que utilizam conhecimentos acerca dos processos de cogni-

ção humana no sistema nervoso, replicando-os posteriormente em algoritmos matemáticos. Descobrir como o cérebro realiza esses processos, e conseguir implementá-los, abre os limites para o desenvolvimento da tecnologia, permitindo não só reforçar códigos e lógicas já utilizadas, mas também possibilitando a descoberta de novas formas de processamento. Entender como um processo cognitivo ocorre, e como ele é codificado pelo cérebro, pode ser uma das maneiras de inovar e construir novas implementações em sistemas de IA.

A cooperação entre neurociência e a computação ainda está a operar em terrenos superficiais, mas tem um potencial enorme de crescimento, podendo ser importante para permitir que a tecnologia auxilie no desenvolvimento de maiores conhecimentos sobre o cérebro. As aplicações práticas são já utilizadas em larga escala, em áreas como a visão, a fala computacional ou a tradução de texto, entre muitas outras áreas (Ullman, 2019).

### Considerações finais

Nas sociedades modernas atuais vive-se a um ritmo alucinante. A ciência aliada à tecnologia produz conhecimentos a uma velocidade sem precedentes e a expectativa criada, relativamente à aplicabilidade imediata dos mesmos, é enorme.

O conhecimento sobre o cérebro e as inúmeras ligações entre os seus componentes é cada vez maior. O desenvolvimento tecnológico que permite a utilização de equipamentos cada vez mais sofisticados de imagiologia médica possibilita a ligação entre a biologia do cérebro e a psicologia cognitiva e comportamental.

Os dados apresentados neste documento parecem indicar que as conquistas relativas ao maior conhecimento sobre a forma como se consolidam e recuperam a(s) nossa(s) memória(s) podem trazer importantes contributos não só para a medicina preventiva e curativa, mas também para diversas outras áreas como a psicologia, a inteligência artificial ou a educação.

### Referências

- Ansari, D., & Coch, D. (2006). Bridges over troubled waters: Education and cognitive neuroscience. *Trends in cognitive sciences*, 10(4), 146-151.
- Asok, A., Leroy, F., Rayman, J. B., & Kandel, E. R. (2019). Molecular mechanisms of the memory trace. *Trends in neurosciences*, 42(1), 14-22.
- Basar, E. (2004). *Memory and brain dynamics: Oscillations integrating attention, perception, learning, and memory*. CRC press.
- Bauer, P. J., Dugan, J. A., Varga, N. L., & Riggins, T. (2019). Relations between neural structures and children's self-derivation of new knowledge through memory integration. *Developmental cognitive neuroscience*, 36, 100611.
- Bear, M., Connors, B., & Paradiso, M. A. (2020). *Neuroscience: Exploring the brain*. Jones & Bartlett Learning, LLC.
- Byrne, J. H. (2017). *Learning and memory: a comprehensive reference*. Academic Press.
- Calafate, L., & Mateus-Pinheiro, A. (2019). Neurogênese em mamíferos adultos-história de uma descoberta revolucionária e sua exploração no ensino das neurociências. In *1.º Congresso Internacional de História da Ciência no Ensino*. Universidade do Porto.
- Castro-Caldas, A. (2008). Viagem ao Cérebro e a algumas das suas competências. *Lisboa: Universidade Católica Editora*.



- Deng, W., Aimone, J. B., & Gage, F. H. (2010). New neurons and new memories: how does adult hippocampal neurogenesis affect learning and memory?. *Nature reviews neuroscience*, *11*(5), 339-350.
- Fischer, K. W. (2009). Mind, brain, and education: building a scientific groundwork for learning and teaching. *Mind, Brain, and Education*, *3*(1), 3-16.
- Gonçalves, L. A., & de Melo, S. R. (2009). A base biológica da atenção. *Arquivos de Ciências da Saúde da Unipar*, *13*(1).
- Hassabis, D., Kumaran, D., Summerfield, C., & Botvinick, M. (2017). Neuroscience-inspired artificial intelligence. *Neuron*, *95*(2), 245-258.
- Kandel, E. R. (2001). The molecular biology of memory storage: a dialogue between genes and synapses. *Science*, *294*(5544), 1030-1038.
- Kandel, E. R. (2007). *In search of memory: The emergence of a new science of mind*. WW Norton & Company.
- Karpicke, J. D. (2017). Retrieval-Based Learning: A Decade of Progress. In Byrne J. H. (Ed.) *Learning and Memory: A Comprehensive Reference* (pp.487-514). Academic Press.
- Karpicke, J. D., & Blunt, J. R. (2011). Retrieval practice produces more learning than elaborative studying with concept mapping. *Science*, *331*(6018), 772-775.
- Karpicke, J. D., & Roediger, H. L. (2008). The critical importance of retrieval for learning. *Science*, *319*(5865), 966-968.
- Posner, M. I., & Rothbart, M. K. (2014). Attention to learning of school subjects. *Trends in Neuroscience and Education*, *3*(1), 14-17.
- Posner, M. I., Rothbart, M. K., & Voelker, P. (2016). Developing brain networks of attention. *Current opinion in pediatrics*, *28*(6), 720.
- Rato, J. R., Abreu, A. M., & Castro-Caldas, A. (2013). Neuromyths in education: What is fact and what is fiction for Portuguese teachers?. *Educational Research*, *55*(4), 441-453.
- Schlichting, M. L., & Preston, A. R. (2015). Memory integration: neural mechanisms and implications for behavior. *Current opinion in behavioral sciences*, *1*, 1-8.
- Schlichting, M. L., & Preston, A. R. (2016). Hippocampal-medial prefrontal circuit supports memory updating during learning and post-encoding rest. *Neurobiology of learning and memory*, *134*, 91-106.
- Summak, M. S., Summak, A. E. G., & Summak, P. Ş. (2010). Building the connection between mind, brain and educational practice; roadblocks and some prospects. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *2*(2), 1644-1647.
- Tokuhama-Espinosa, T. (2010). *Mind, brain, and education science: A comprehensive guide to the new brain-based teaching*. WW Norton & Company.
- Ullman, S. (2019). Using neuroscience to develop artificial intelligence. *Science*, *363*(6428), 692-693.
- Van Kesteren, M. T., Ruiters, D. J., Fernández, G., & Henson, R. N. (2012). How schema and novelty augment memory formation. *Trends in neurosciences*, *35*(4), 211-219.