

9 - 2 | 2021

Funcionamento do cérebro: aprendizagem e mudança

Brain Function: learning and change

Función cerebral: aprendizaje y cambio

Paula Pinto

Electronic version

URL: <https://revistas.rcaap.pt/uiips/> ISSN: 2182-9608

Publisher

Revista UI_IPSantarém

Printed version

Date of publication: 31st December 2021 Number of pages: 8

ISSN: 2182-9608

Electronic reference

Pinto, P. (2021). *Funcionamento do cérebro: aprendizagem e mudança*. Revista da UI_IPSantarém. Edição Temática: Ciências Sociais e Humanas. 9(2), 1-8.
<https://revistas.rcaap.pt/uiips/>

FUNCIONAMENTO DO CÉREBRO: APRENDIZAGEM E MUDANÇA

Brain Function: learning and change

Función cerebral: aprendizaje y cambio

Paula Pinto

Instituto Politécnico de Santarém, Portugal

Centro de Investigação em Qualidade de Vida, Portugal

paula.pinto@esa.ipsantarem.pt | ORCID: 0000-0001-6379-1768 | Ciência ID: 011F-62A8-AE04

RESUMO

Neste trabalho é apresentada uma síntese da revisão de alguma evidência científica recente sobre o funcionamento do cérebro e mecanismos de aprendizagem, sendo evidenciados alguns dos fatores facilitadores da aprendizagem. Muitos estudos na área das neurociências evidenciaram a existência de plasticidade sináptica, isto é, as sinapses de determinadas redes neuronais são reforçadas no processo de aprendizagem. A integração de dois modos de operação do cérebro (automático e executivo) e três mecanismos de aprendizagem (análise, tentativa-erro e recompensa) permitem construir e alterar o nosso quadro de referência interno (QRI), assim como consolidar novas informações na memória de longo prazo. Ambientes de aprendizagem ricos em estímulos sensoriais e emocionais podem ativar o sistema de aprendizagem por recompensa. Por outro lado, a construção de um QRI confiante de que competências e capacidades podem ser melhoradas, promove a alocação de atenção em tarefas que exijam mais esforço cognitivo. Finalmente, fatores como o exercício aeróbio podem também promover a aprendizagem através do aumento da capacidade de neurogénese.

Palavras-chave: mecanismos de aprendizagem, modo automático, modo executivo, quadro de referência.

ABSTRACT

This paper presents a revision synthesis of some of the scientific evidence regarding brain functioning and learning mechanisms, emphasizing some factors that facilitate the learning process. Many studies in neuroscience have shown the existence of synaptic plasticity, with reinforcement of particular neuronal circuits during learning. The integration of two modes of brain functioning (automatic and executive mode), and three learning mechanisms (analysis, trial-error, and reward), drives the construction and alteration of our internal reference framework (IRF), as well as the consolidation of new information in the long-term memory. Learning environment rich in sensory and emotional stimuli may activate the reward learning mechanism. On the other hand, the construction of a IRF confident that new skills may be developed, and knowledge may be improved will promote attention to tasks that require a higher cognitive effort. Finally, factors such as aerobic exercise seem to promote learning through enhancement of neurogenesis.

Keywords: learning mechanisms, automatic mode, executive mode, internal reference framework.

1 INTRODUÇÃO

O cérebro é o nosso órgão de controlo central, responsável pela manutenção e regulação dos sistemas fisiológicos que asseguram a sobrevivência do organismo e pela coordenação motora. Mas o papel do cérebro humano vai muito mais além da mera sobrevivência – recebe e processa constantemente informação do meio interno e do meio externo: avalia, compara, atribui valor, armazena ou descarta, e dá resposta. Uma das descobertas mais importantes na área das neurociências foi a existência de neurogénese em adultos, isto é, a produção de novos neurónios no cérebro humano (Gomes-Leal, 2021). De facto, estudos de imagiologia têm vindo a demonstrar que o cérebro é capaz de se reorganizar estrutural e funcionalmente durante a aquisição de novas competências (Matuszewski et al., 2021). Este facto veio dar ênfase ao conceito de que todos temos a capacidade de mudar, de aprender e de melhorar. Neste artigo faz-se uma síntese da revisão de alguma evidência científica recente sobre o funcionamento do cérebro e mecanismos de aprendizagem, sendo evidenciados alguns dos fatores facilitadores da aprendizagem.

2. ZONAS CEREBRAIS ASSOCIADAS AOS PROCESSOS COGNITIVOS

Constituído por diversas estruturas, o cérebro recebe, processa e transmite informação através de redes ou circuitos neuronais. Diversos estudos na área das neurociências têm vindo a mostrar que estados emocionais, comportamentos, e aprendizagens dependem da modulação e interligação de múltiplas redes neuronais em zonas diferentes do cérebro (Figura 1): i) a zona cortical (ou neocórtex), responsável pela execução da maioria dos processos cognitivos voluntários e conscientes; ii) a zona subcortical, mais associada a processos cognitivos automáticos, muitas vezes não-conscientes; esta zona inclui o sistema límbico, responsável pelo processamento e armazenamento de emoções; iii) o cerebello, associado à aprendizagem, coordenação e equilíbrio; iv) o bolbo raquidiano regula funções vitais involuntárias, e faz a ligação com o resto do corpo através da medula espinal (Braunstein, Gross, & Ochsner, 2017; Caligiore, Arbib, Miall, & Baldassarre, 2019; Gyurak, Gross, & Etkin, 2011; Jenkins, 2019).

Vários estudos na área das neurociências evidenciaram a existência de plasticidade sináptica, isto é, as sinapses de determinadas redes neuronais são reforçadas no processo de aprendizagem (Mansvelder, Verhoog, & Goriounova, 2019).

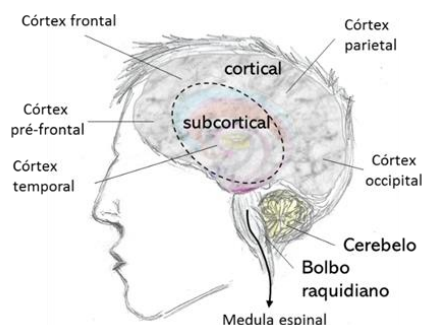


Figura 1

Estruturas do cérebro: zona cortical ou neocórtex, formado pela camada mais externa de células, dividida em quatro lóbulos: frontal (que inclui o córtex pré-frontal e frontal), parietal, temporal e occipital; zona subcortical, formada por uma camada mais interna de células na zona central do cérebro (tracejado); cerebello; bolbo raquidiano.

3. MODOS DE OPERAÇÃO DO CÉREBRO E MUDANÇA

Em estreita ligação com o restante corpo, o cérebro cria e adapta continuamente uma representação interna daquilo que interpretamos como “eu”, “outro” e “mundo”, designado como quadro de referência interno (QRI) (Rogers, 1980). As redes neuronais das zonas subcorticiais e corticais modulam dois modos de operação do nosso cérebro: modo automático ou implícito (também designada como “rede por defeito”) (Jenkins, 2019) e o modo executivo ou explícito (rede central executiva).

Segundo o modelo de Kahneman (2012), o modo automático caracteriza-se por processar informação muito rapidamente, de forma a encontrar significado e dar resposta aos milhares de estímulos internos e externos que o cérebro recebe continuamente. Vai criando redes neuronais que associam ocorrências, circunstâncias e ações, com as impressões, ideias, emoções e sentimentos gerados por essas ocorrências. A repetição regular de ocorrências semelhantes, reforça estas redes neuronais, criando assim o nosso QRI. Por outro lado, o modo executivo, mais lento, é responsável por alocar atenção às tarefas cognitivas que envolvem esforço, gere o comportamento e valida as representações mentais do QRI criadas pelo modo de operação automático (Kahneman, 2012).

Este QRI, muitas vezes não-consciente, determina a interpretação dos estímulos que o cérebro recebe no presente. Estes estímulos podem ser externos, sendo recebidos por intermédio dos órgãos sensoriais, ou internos, originados no corpo, ou gerados por pensamentos. O modo de operação automático compara o estímulo com o que conhece do passado, impresso no nosso QRI, atribui uma valência (bom/mau; gosto/desgosto; prazer/dor), projeta as expectativas do futuro e dá uma resposta coerente com o QRI. Esta resposta pode ocorrer sob a forma de sentimentos, comportamentos, decisões e ações. Quando surge um evento que entra em conflito com o QRI, o modo executivo é ativado, mobilizando a atenção para o processamento da informação, resposta externa, e eventual readaptação do QRI e reprogramação do modo automático, originando a mudança (Figura 2).

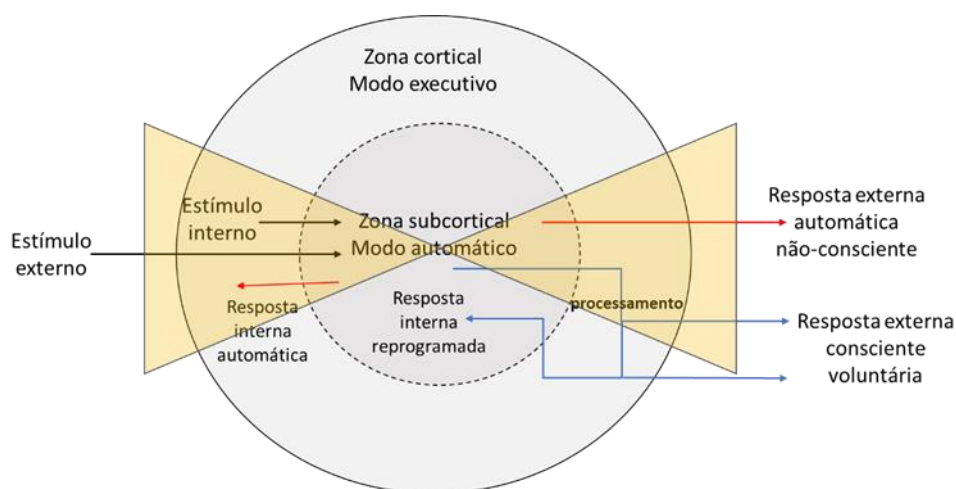


Figura 2

Modos de operação do cérebro: o modo de operação automático (essencialmente localizado na zona subcortical) recebe o estímulo externo ou interno, atribui valor e dá uma resposta rápida (seta vermelha) coerente com QRI (representado a amarelo). Quando surge um estímulo que entra em conflito com o QRI, o modo executivo é ativado, mobilizando a atenção para o processamento da informação e uma resposta externa voluntária e consciente. Eventualmente, o estímulo pode ocasionar uma mudança, uma resposta fora do “normal” e reprogramação do modo automático (seta azul), o que poderá levar a uma readaptação do QRI. QRI = Quadro de Representação Interna.

4. MECANISMOS DE APRENDIZAGEM

A aprendizagem, quer de experiências, quer de conhecimento, é coordenada por conjuntos de redes neuronais corticais, subcorticais e do cerebelo. A aprendizagem corresponde ao aumento persistente de determinadas sinapses e circuitos versus o enfraquecimento de outros (esquecimento), e está dependente da repetição dos padrões de associações (Visser, Scholte, & Kindt, 2011).

Modelos recentes consideram a integração de três mecanismos para uma aprendizagem eficiente: mecanismo não supervisionado, mecanismo supervisionado e mecanismo de reforço (Caligiore et al., 2019) (Figura 3). O mecanismo de aprendizagem não supervisionada envolve essencialmente estruturas corticais onde ocorrem correlações, análises e associações entre eventos relacionados. O mecanismo de aprendizagem supervisionada está mais localizado em redes no cerebelo, cuja função é dar resposta a um padrão desejado apresentado por um agente externo (por exemplo, o professor), ou interno (um objetivo definido pelo próprio). A aprendizagem é feita por tentativa-erro, de forma a minimizar o erro entre o padrão desejado e o resultado conseguido. O mecanismo de aprendizagem por reforço envolve essencialmente estruturas subcorticais, com o objetivo de maximizar o valor de escolhas de ação futuras. Cada resultado de uma ação é avaliado como “recompensa” ou “castigo”. A motivação intrínseca para maximizar a recompensa esperada e minimizar o erro de “não recompensa” conduz à aprendizagem (Caligiore et al., 2019).

A operação integrada destes três mecanismos é promovida pela ação de neuropeptídeos moduladores, como a dopamina, noradrenalina e serotonina (interligação entre os mecanismos de reforço e supervisionados), e a acetilcolina (interligação entre os mecanismos de reforço e não supervisionados) (Caligiore et al., 2019).

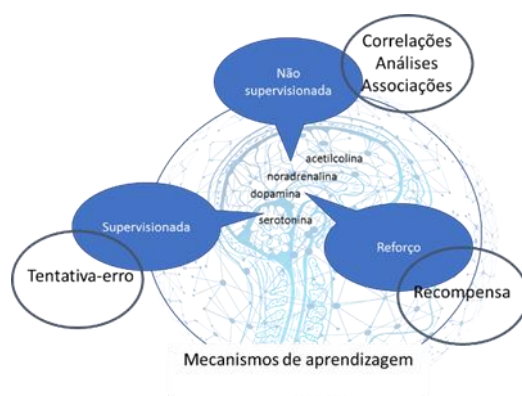


Figura 3

Sistema integrado de aprendizagem (adaptado de Caligiore et al., 2019).

Estes três mecanismos de aprendizagem permitem que a informação recebida e processada na memória de trabalho seja retida na memória de longo-prazo, processo designado como consolidação, criando assim o QRI e conhecimento adquirido ao longo da vida. A memória de trabalho corresponde ao conjunto de circuitos neuronais utilizados em segundos ou minutos para processar informação que chega no momento presente ao cérebro. A memória a longo-prazo compreende o conjunto de circuitos a que podemos aceder de forma consciente ou não-consciente, e onde se encontra toda a informação referente a vivências emocionais (memória declarativa episódica), factos, conceitos e conhecimento em geral (memória declarativa semântica), habilidades, hábitos e condicionamentos (memória não declarativa) (Henke, 2010). Os três mecanismos de aprendizagem atrás descritos permitem incorporar no QRI associações entre estímulos, ações e resultados, e relações entre conceitos, pessoas, grupos, objetos e valências atribuídas (Amodio, 2019).

5. FACILITADORES DA APRENDIZAGEM

A plasticidade sináptica, isto é, a capacidade do cérebro para formar novas sinapses, criar e reforçar circuitos, assim como de enfraquecer outras ligações sinápticas (esquecimento), significa que todos temos a capacidade de mudar, de aprender e de melhorar. No entanto, o cérebro tem uma capacidade limitada para processar a complexidade dos milhares de itens com que é bombardeado ao longo do dia (Lodge & Harrison, 2019). Por outro lado, o modo de operação executivo normalmente auto regula-se para evitar chegar a um estado de depleção, ou fadiga de atenção, avaliando o “custo-benefício” de uma tarefa cognitiva que envolva esforço (Kahneman, 2012). Assim, itens sem significado óbvio são descartados da memória de trabalho, nunca chegando à memória de longo-prazo. Informações que ativam o sistema de recompensa ou facilmente associados ao QRI, são mais facilmente retidos do que conceitos e factos abstratos. Evidências científicas recentes apontam um conjunto de fatores facilitadores na consolidação da memória de longo prazo. Alguns destes fatores são externos ao indivíduo que aprende, tendo como sujeito da ação o formador ou professor, como são exemplos os seguintes casos:

- i) A associação a imagens – micro reconfigurações nos circuitos visuais parecem ocorrer nos processos iniciais de consolidação, o que sugere um papel importante das imagens no posterior acesso à memória de longo prazo (Passiatore et al., 2021).
- ii) Um ambiente de aprendizagem rico em estímulos sensoriais – em particular os estímulos sensoriais relacionados com a natureza parecem contribuir para o aumento da neurogênese (Gomes-Leal, 2021).
- iii) A novidade – algo novo, ou apresentado de forma pouco habitual, motiva para a aquisição de conhecimentos e competências (Caligiore et al., 2019).
- iv) O humor – utilizado de forma relevante dentro do contexto que está a ser apresentado, atrai e sustém a atenção, pois está associado à diminuição da ansiedade e aumento da motivação através da ativação do sistema de recompensa dopaminérgico (Savage, Lujan, Thipparthi, & DiCarlo, 2017).

Outros fatores são intrínsecos ao indivíduo, nomeadamente:

- i) O QRI – as crenças que o indivíduo tem acerca de si próprio e da sua capacidade de aprendizagem influenciam a aprendizagem. Uma crença de que as habilidades, capacidades e comportamentos humanos são imutáveis, potencia estados depressivos, a procrastinação e dificulta a aprendizagem; ao contrário, a crença de que habilidades, capacidades e comportamentos humanos podem ser melhorados, com mais ou menos esforço, aumenta a consciência do benefício associado ao esforço, a motivação, a capacidade de estabelecer objetivos e alcançá-los, e promove a aprendizagem (Zhang, Kuusisto, & Tirri, 2017).
- ii) A capacidade de autorregulação – a autorregulação inclui indicadores de processos cognitivos, como definição de objetivos e programação de ações, e indicadores de competências pessoais como a flexibilidade, independência, responsabilidade e confiança. Níveis mais elevados nos indicadores de autorregulação parecem estar associados a menor índice de desinteresse, raiva e ansiedade, e maior índice de satisfação, o que por sua vez se reflete numa maior motivação para a aprendizagem e melhores resultados académicos (Bondarenko, 2017).
- iii) O exercício físico aeróbio – parece estar relacionado com uma maior neurogênese no hipocampo, o que sugere ser benéfico para o funcionamento cognitivo do cérebro e bem-estar psicológico (Gomes-Leal, 2021).

6. CONCLUSÃO

A compreensão da forma como construímos e atualizamos o nosso QRI, e como aprendemos, facilita os processos de mudança e aprendizagem. O modo de operação automática do cérebro, associada à zona subcortical, permite responder rapidamente, e de forma coerente com o QRI, aos estímulos e informação que recebemos continuamente. A mudança requer uma alteração consciente do QRI, com a participação do modo de operação executivo, associado à zona cortical,

e a criação de novas sinapses e/ou fortalecimento/enfraquecimento de sinapses pré-existentes. Na aprendizagem, ambos os modos de operação do cérebro estão envolvidos. O modo automático está mais associado à aprendizagem por reforço e tentativa-erro, enquanto o modo executivo está mais associado a tarefas de análise, correlação de eventos e informações. Ambientes de aprendizagem ricos em estímulos sensoriais e emocionais podem ativar o sistema de aprendizagem por reforço, facilitando a aprendizagem. Por outro lado, a construção de um QRI que valoriza o facto de que competências e capacidades podem ser melhoradas, pode promover a alocação de atenção por parte do modo executivo em tarefas que exijam mais esforço. Finalmente, fatores externos ao QRI, como o exercício aeróbio podem também promover a aprendizagem através do aumento da capacidade de neurogênese.

7. REFERÊNCIAS

- Amodio, D. M. (2019). Social Cognition 2.0: An Interactive Memory Systems Account. *Trends in Cognitive Sciences*, 23(1), 21-33. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tics.2018.10.002>
- Bondarenko, I. (2017). The Role of Positive Emotions and Type of Feedback in Self-regulation of Learning Goals Achievement: Experimental Research. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 237, 405-411. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2017.02.080>
- Braunstein, L. M., Gross, J. J., & Ochsner, K. N. (2017). Explicit and implicit emotion regulation: a multi-level framework. *Social cognitive and affective neuroscience*, 12(10), 1545-1557. doi: 10.1093/scan/nsx096
- Caligiore, D., Arbib, M. A., Miall, R. C., & Baldassarre, G. (2019). The super-learning hypothesis: Integrating learning processes across cortex, cerebellum and basal ganglia. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 100, 19-34. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.02.008>
- Gomes-Leal, W. (2021). Adult Hippocampal Neurogenesis and Affective Disorders: New Neurons for Psychic Well-Being. *Frontiers in Neuroscience*, 15(712). doi: 10.3389/fnins.2021.594448
- Gyurak, A., Gross, J. J., & Etkin, A. (2011). Explicit and implicit emotion regulation: a dual-process framework. *Cognition & emotion*, 25(3), 400-412. doi: 10.1080/02699931.2010.544160
- Henke, K. (2010). A model for memory systems based on processing modes rather than consciousness. *Nat Rev Neurosci*, 11(7), 523-532. doi: 10.1038/nrn2850
- Jenkins, A. C. (2019). Rethinking Cognitive Load: A Default-Mode Network Perspective. *Trends in Cognitive Sciences*, 23(7), 531-533. doi: 10.1016/j.tics.2019.04.008
- Kahneman, D. (2012). *Thinking, fast and slow* (1 ed.). London: Penguin.
- Lodge, J. M., & Harrison, W. J. (2019). The Role of Attention in Learning in the Digital Age. *Yale J Biol Med*, 92(1), 21-28.
- Mansvelder, H. D., Verhoog, M. B., & Goriounova, N. A. (2019). Synaptic plasticity in human cortical circuits: cellular mechanisms of learning and memory in the human brain? *Current Opinion in Neurobiology*, 54, 186-193. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conb.2018.06.013>
- Matuszewski, J., Kossowski, B., Bola, Ł., Banaszekiewicz, A., Papińska, M., Gyger, L., . . . Marchewka, A. (2021). Brain plasticity dynamics during tactile Braille learning in sighted subjects: Multi-contrast MRI approach. *NeuroImage*, 227, 117613. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.117613>
- Passiatore, R., Antonucci, L. A., Bierstedt, S., Saranathan, M., Bertolino, A., Suchan, B., & Pergola, G. (2021). How recent learning shapes the brain: Memory-dependent functional reconfiguration of brain circuits. *NeuroImage*, 245, 118636. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2021.118636>
- Rogers, C. (1980). *A way of Being*. Boston: Houghton Mifflin
- Savage, B. M., Lujan, H. L., Thipparthi, R. R., & DiCarlo, S. E. (2017). Humor, laughter, learning, and health! A brief review. *Adv Physiol Educ*, 41(3), 341-347. doi: 10.1152/advan.00030.2017

- Visser, R. M., Scholte, H. S., & Kindt, M. (2011). Associative learning increases trial-by-trial similarity of BOLD-MRI patterns. *J Neurosci*, 31(33), 12021-12028. doi: 10.1523/jneurosci.2178-11.2011
- Zhang, J., Kuusisto, E., & Tirri, K. (2017). How Teachers' and Students' Mindsets in Learning Have Been Studied: Research Findings on Mindset and Academic Achievement. *Psychology*, 08, 1363-1377. doi: 10.4236/psych.2017.89089