

## **APRIMORAMENTO COGNITIVO: TÉCNICAS E CONTROVÉRSIAS**

### **COGNITIVE ENHANCEMENT: TECHNIQUES AND CONTROVERSIES**

**FABIANA CUNHA LEÃO POMPERMAYER<sup>1</sup>**  
(UFRJ/Brasil)

**MURILO MARIANO VILAÇA<sup>2</sup>**  
(FIOCRUZ/Brasil)

**MARIA CLARA DIAS<sup>3</sup>**  
(UFRJ/Brasil)

#### **RESUMO**

O objetivo deste artigo é apresentar o estado da arte das pesquisas científicas sobre aprimoramento cognitivo, visando a fornecer subsídios para uma discussão menos especulativa sobre o tema. Para tal, realizamos uma revisão integrativa da literatura sobre os dispositivos de aprimoramento cognitivo biotecnológicos vigentes. O resultado aponta para o caráter inconcluso das pesquisas, não havendo respostas significativas que certifiquem a efetividade de práticas de aprimoramento cognitivo, ao menos da forma como este vem sendo idealizado e discutido. Defenderemos, assim, que os investimentos na área precisam ser analisados sob o ponto de vista da justiça, levando-se em consideração outras formas de aprimoramento cognitivo disponíveis e comprovadas. Pretendemos indicar como alternativa um investimento substancial na mais antiga forma de aprimoramento humano, a educação, a fim de que novas metodologias possam ser pensadas e adequadas às demandas da sociedade contemporânea e a um ideal de sociedade mais justa e igualitária.

**Palavras-chave:** Aprimoramento cognitivo; Neurociência; Biotecnologia.

#### **ABSTRACT**

The purpose of this paper is to present the state of the art of scientific research on cognitive enhancement, aiming to provide subsidies for a less speculative discussion on the subject. To this end, we conducted an integrative review of literature on the current biotechnological cognitive enhancement devices. The result points to the inconclusive character of the research, so that there are no significant answers that certify the effectiveness of cognitive enhancement practices, at least in the way that it has been idealized and discussed. We will therefore defend that investments in the area need to be analyzed from the point of view of justice, taking into account other available and proven forms of cognitive enhancement. We aim to indicate as an alternative a substantial

investment in the oldest form of human enhancement, education, so that new methodologies can be thought out and adapted to the demands of contemporary society and to an ideal of more just and egalitarian society.

**Keywords:** Cognitive enhancement; Neuroscience; Biotechnology.

## **Introdução**

A temática do aprimoramento cognitivo tem sido amplamente discutida no campo filosófico, mais especificamente, no âmbito da ética aplicada. O uso de biotecnologias surge como um trunfo capaz de promover um aumento até então incomparável da capacidade cognitiva humana. Neste percurso, presenciamos argumentos filosóficos serem construídos a favor ou contra o uso de tecnologias frequentemente desconhecidas, não apenas pelo grande público, mas pelos próprios filósofos que, desta forma, constroem um discurso relativamente estéril, por vezes ideológico, sem grande ou, às vezes, sem qualquer base empírico-científica.

Nosso objetivo neste artigo é apresentar o estado da arte das pesquisas científicas sobre aprimoramento cognitivo, visando a fornecer subsídios para uma discussão menos especulativa sobre o tema. Para tal, fazemos uma revisão integrativa da literatura sobre os dispositivos de aprimoramento cognitivo biotecnológicos vigentes. O resultado desta revisão bibliográfica aponta para o caráter inconcluso das pesquisas, não havendo respostas significativas e definitivas que certifiquem a efetividade de práticas de aprimoramento cognitivo, ao menos da forma como este vem sendo idealizado e discutido. Defenderemos, assim, que os investimentos na área precisam ser analisados sob o ponto de vista da justiça, levando-se em consideração outras formas de aprimoramento cognitivo disponíveis e comprovadas. Haja vista a provável possibilidade de que biotécnicas de aprimoramento cognitivo não sejam igualmente acessíveis e cientes de que nunca serão suficientes para desenvolver nossa cognição, pretendemos indicar como alternativa um investimento substancial na mais antiga forma de aprimoramento humano, a educação, a fim de que novas metodologias possam ser pensadas e adequadas às urgentes demandas da sociedade contemporânea e a um ideal de sociedade mais justa e igualitária.

## **O conceito de aprimoramento cognitivo**

Múltiplos significados podem ser atribuídos ao aprimoramento cognitivo. Variados aspectos (geográficos, profissionais, subjetivos, etc.), incluindo a diversidade de tipos de técnicas, podem implicar perspectivas

ou juízos significativamente distintos acerca do tema, criando empecilhos à formulação de uma definição que possa ser generalizável e transferível, ou seja, aplicada igualmente em vários contextos.

Na revisão do estado da arte sobre o aprimoramento humano produzida pelo *SIENNA Project*, foi adotada uma definição genérica de aprimoramentos cognitivos, a saber, como “intervenções que aumentam habilidades cognitivas”, sendo denominados de aprimoradoras, uma vez que seus usos não teriam motivação terapêutica (JENSEN *et al.*, 2018, 11). Neste sentido, o aprimoramento cognitivo é pensado como o resultado de variadas intervenções não-terapêuticas (farmacológicas ou não) sobre o funcionamento cerebral, elevando o desempenho de funções/habilidades/capacidades cognitivas a um nível que estaria acima do que seria tido como normal.

O uso de biotecnologia para promoção de aprimoramento cognitivo é um tema bastante amplo e intrincado, sobre o qual recaem ainda inúmeras incertezas. Por um lado, é importante ressaltar a complexidade do funcionamento do cérebro-mente, que faz com que a sua manipulação, por via biotecnológica, não seja algo tão simples como vem sendo idealizado. O funcionamento do nosso cérebro depende tanto de aspectos biológicos quanto sociais. O ambiente no qual estamos inseridos direciona e possibilita grande parte do desenvolvimento de nossas funções cognitivas. Qualquer proposta de aprimoramento cognitivo precisa levar em conta este fator.

Por outro, há questões ainda mais básicas que incidem sobre o próprio conceito de cognição. Recorrentemente, a cognição é compreendida como capacidade de memória e processamento de informação. Dentro desta perspectiva, aspectos relacionados ao ambiente externo e aspectos emocionais costumam ser negligenciados. Uma concepção mais robusta do processo cognitivo deveria não apenas incorporar estes aspectos, mas integrar a cognição à nossa capacidade imaginativa e a nossas respostas emocionais às situações vividas e ao nosso entorno. Desta forma, o aprimoramento cognitivo deixa de ser pensado apenas como a melhoria de uma capacidade humana específica e passa a ser compreendido como aprimoramento humano, em geral.

Feitas estas ressalvas, propomos, agora, uma breve elucidação das biotecnologias de aprimoramento cognitivo disponíveis e uma revisão bibliográfica acerca dos resultados até então alcançados.

### **Breves definições das intervenções biotecnológicas de aprimoramento cognitivo**

### *Nootrópicos (drogas da inteligência)*

De acordo com Maia (2017), o termo nootrópicos foi usado, pela primeira vez, em 1972, pelo psicólogo e químico romeno Corneliu Giurgea para se referir a uma droga, o Piracetam, que aumentava capacidades intelectuais, sem causar efeitos colaterais. O termo é derivado do grego, *nou* (mente) e *tropo* (direção).

Os nootrópicos, psicoestimulantes, '*smart drugs*' ou drogas da inteligência são substâncias com ação sobre o cérebro, supostamente capazes de melhorar a performance cognitiva por meio do aumento de funções cerebrais, tais como atenção, memória, concentração, percepção, julgamento, motivação, orientação, raciocínio e período desperto (BLANK, 2016). Estas drogas foram desenvolvidas primariamente para tratamento de transtornos (Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade - TDAH, depressão e distúrbio do sono). No entanto, nas últimas décadas, tem sido crescente o seu uso por indivíduos "normais" (sem diagnóstico de transtornos), a fim de aumentar a performance cognitiva. As drogas inteligentes "são substâncias que, dependendo de como são consumidas, podem driblar processos biológicos como cansaço e sono e fazer com que seus usuários possam estudar durante horas em estado de vigília" (MAIA, 2017, 83).

Nascimento e Bastos (2013) relatam que há inúmeras opções disponíveis de drogas da inteligência ou neuroaprimadoras, tais como: modafinil, metilfenidato, propanol, amapacinas, memantinas, atomoxetina, anfetaminas, piracetam, entre outras. As mais utilizadas são metilfenidato (como Ritalina<sup>®</sup> e Concerta<sup>®</sup>) e modafinil (como Stavigile<sup>®</sup>).

A ação dos nootrópicos tem como alvo os neurotransmissores, que atuam como mensageiros químicos, transportando, estimulando e balanceando os sinais entre neurônios, células nervosas e outras células do corpo. Após sua liberação, o neurotransmissor atravessa a lacuna entre as células e se liga a outro neurônio, estimulando ou inibindo o neurônio receptor, de acordo com a sua característica (FROESTL; MUHS; PFEIFER, 2012; 2013a; 2013b). O foco maior de atuação está em transmissores ligados à concentração, cognição e memória, como a acetilcolina, a dopamina e a noradrenalina (BEAR *et al.*, 2008; LENT, 2010).

A acetilcolina está envolvida no processo de formação de novas memórias, concentração e aumento do metabolismo cerebral. A dopamina é conhecida por sua participação no ciclo de recompensa, estimulando o cérebro a completar tarefas. A dopamina atua no controle de movimentos, capacidade de aprendizado e memória. A noradrenalina regula atividades como o sono e emoções, causando sensação de bem-estar, estando

também relacionada com processos cognitivos de aprendizagem, criatividade e memória (BEAR *et al.*, 2008; LENT, 2010).

Além de fármacos, há bebidas, alimentos e diversos suplementos com substâncias neuroativadoras (KIM *et al.*, 2016). Vale ressaltar que alguns nootrópicos são comercializados de modo simples, como os suplementos alimentares à base de algumas ervas e cafeína, enquanto outros necessitam de prescrição médica por serem medicamentos controlados, tais como Ritalina<sup>®</sup>, Concerta<sup>®</sup> e Stavigile<sup>®</sup>.

### *Estimulação magnética transcraniana/Estimulação transcraniana por corrente contínua*

A estimulação magnética transcraniana (EMT) é uma técnica para a estimulação não invasiva do cérebro humano. A estimulação pode excitar ou inibir uma área específica do cérebro. Esta técnica pode ser usada para mapear a função cerebral e explorar a excitabilidade de diferentes regiões. Inicialmente, ela permitiu o mapeamento de muitas funções sensoriais, motoras e cognitivas. Desde então, vem sendo desenvolvida para vários fins terapêuticos (HALLETT, 2007).

A estimulação magnética transcraniana usa uma corrente elétrica que passa através de uma bobina magnética posicionada no couro cabeludo para criar um campo magnético transitório de alta intensidade que se concentra no córtex e induz respostas neuronais (WOŹNIAK-KWAŚNIEWSKA *et al.*, 2014). A aplicação de muitos pulsos repetidamente (Estimulação magnética transcraniana repetitiva – EMTr) pode modular a atividade do cérebro durante períodos que duram mais do que o tempo de estimulação, tendo aplicações terapêuticas, por exemplo, em casos de depressão, esquizofrenia, enxaquecas, acidente vascular cerebral e outros (DI LAZZARO *et al.*, 2011; DI LAZZARO; ZIEMANN, 2013).

Nos últimos anos, a estimulação magnética transcraniana tem sido utilizada com intuito de aprimoramento cognitivo. Geralmente, são relatados acréscimos na velocidade e/ou precisão no desempenho de tarefas cognitivas (LUBER, 2014; LUBER; LISANBY, 2014).

### *Neuropróteses/Interface Cérebro-Computador*

A neuroprostética ou próstética neural relaciona-se diretamente com a neurociência e engenharia biomédica para o desenvolvimento de próteses neurais (neuropróteses). Estas são dispositivos que podem substituir uma modalidade cognitiva, motora e/ou sensorial prejudicada. Tais dispositivos implicam o uso de microchips (neurochips) ou matriz de

eletrodos em partes específicas do sistema nervoso. Os eletrodos são usados em pontos específicos e os neurochips estão sendo projetados para repor um conjunto de neurônios. Eles representam, usualmente, uma alternativa de melhorar a qualidade de vida de indivíduos com transtornos, e talvez venha a servir para fins de aprimoramento em indivíduos normais (GLADDEN, 2017a).

Na atualidade, há diversos dispositivos que interagem com o corpo humano para experimentar e moldar a realidade. Os computadores, telas, alto-falantes, *smartphones*, relógios e objetos de realidade virtual são exemplos rotineiros destes dispositivos. No entanto, para ser considerado um dispositivo neuroprotético, é necessário estar integrado ao circuito neural por meio de uma conexão sistemática e funcional. Esta conexão pode ser entre o dispositivo e neurônios situados no cérebro ou em membros, órgãos sensoriais ou outras partes do corpo. Esta possibilidade advém do desenvolvimento de áreas do conhecimento, tais como engenharia genética, biologia sintética, bionanotecnologia e computação biomolecular (GLADDEN, 2017a).

A neuroprótese mais conhecida, que é utilizada há várias décadas, é o implante coclear. Este refere-se à inserção de eletrodos na cóclea (parte interna do ouvido) para a conversão de ondas sonoras mecânicas em impulsos elétricos que são transmitidos ao cérebro pelo nervo auditivo. Com o avanço da biotecnologia, acredita-se que os implantes neurais serão miniaturizados para que se tornem minimamente invasivos e conectados a dispositivos sem fio (GLADDEN, 2017a).

Os dispositivos implantáveis também são bastante usados em experimentos animais como ferramenta que auxilia neurocientistas a ampliarem os conhecimentos sobre o funcionamento do cérebro. O monitoramento dos sinais elétricos enviados por eletrodos implantados no cérebro propicia, com maior exatidão, a análise e gravação destes sinais, para estabelecer a relação entre populações locais de neurônios e as suas possíveis funções específicas (GLADDEN, 2017b).

De acordo com Machado *et al.* (2009), a interface cérebro-computador (ICC) é uma técnica que utiliza sinais elétricos que podem ser detectados da superfície cortical ou de áreas cerebrais subcorticais, para ativar dispositivos externos, como computadores ou próteses. A ICC modifica os sinais provenientes da atividade cerebral em ação para permitir ao indivíduo comunicar-se com o mundo. Há dois métodos de ICC: invasivo (intracraniano) e não invasivo (registros eletrofisiológicos). A interface não invasiva utiliza a eletroencefalografia (EEG) para controlar dispositivos e a invasiva baseia-se em registros de grupos de neurônios. A criação de ICC vem se desenvolvendo e surgem novos tipos de interface,

como voz, visão e outros dispositivos de realidade virtual que conectam o cérebro a máquinas.

Gladden (2017a) afirma que as neuropróteses/interfaces cérebro-computador surgiram para reparar déficits e transtornos sensoriais, motores e cognitivos. No entanto, espera-se que, em um futuro não tão distante, estes recursos estejam disponíveis para indivíduos sem transtornos, visando ao aprimoramento.

## **O cenário atual das pesquisas científicas de aprimoramento cognitivo em bases de dados biomédicos**

### *Aspectos metodológicos da pesquisa*

Para prover um panorama das publicações científicas, foi realizada uma revisão integrativa para identificar os cenários na literatura nacional e internacional sobre o uso e a eficácia de aprimoradores cognitivos biotecnológicos em indivíduos "normais" (sem transtornos cognitivos).

A metodologia de revisão integrativa propõe que os problemas de pesquisa sejam decompostos e, a seguir, organizados, utilizando-se a estratégia PICO: P para Paciente (ou problema), I para Intervenção, C para Comparação e O para "Outcomes" (desfecho). Os quatro componentes são os elementos fundamentais para construção da pergunta para a busca bibliográfica de evidências. Utilizando-se da estratégia PICO, a pergunta de pesquisa definida foi a seguinte: O uso de aprimoradores cognitivos biotecnológicos em indivíduos "normais" (sem transtornos cognitivos) tem comprovação científica de seu uso e eficácia?

A seleção dos artigos foi efetuada nos seguintes recursos informacionais: CENTRAL (The Cochrane Central Register of Controlled Trials The Cochrane Library), MEDLINE (Medical Literature Analysis and Retrieval System Online /PubMed), EMBASE (Elsevier), LILACS (Literatura científica e técnica da América Latina e Caribe/BVS – Biblioteca Virtual em Saúde) e Portal de periódicos CAPES. O Medline/PubMed é um serviço da Biblioteca Nacional de Medicina dos Estados Unidos. O EMBASE tem ênfase na literatura europeia e o LILACS na literatura Latino-americana e do Caribe. As buscas de artigos em tais recursos foram realizadas respeitando as orientações da estratégia PICO e uso dos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS/ MeSH).

A revisão integrativa possibilitou a utilização de estudos primários e secundários. Foram incluídos estudos ou revisões que abordaram a utilização de aprimoradores cognitivos biotecnológicos em indivíduos "normais" para fins de aprimoramento cognitivo. Foram excluídos todos os

estudos sobre o uso dos aparatos neurotecnológicos para tratamento das desordens cognitivas, dentre elas: acidente vascular cerebral (*Stroke*), depressão (*Depression*), Parkinson (*Parkinson's diseases*), Alzheimer (*Alzheimer's diseases*), esquizofrenia (*Schizophrenia*) e outros.

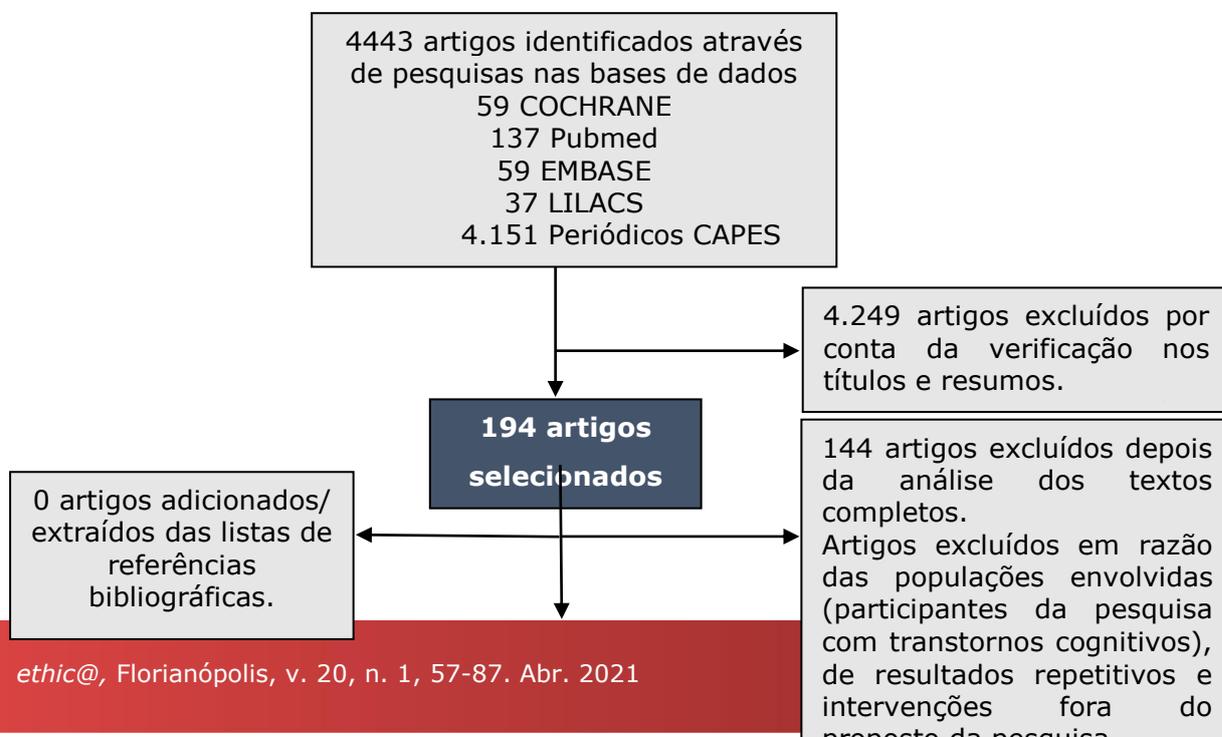
### **Totalização (quantificação) dos resultados das pesquisas nas bases de dados**

COCHRANE	Comparação entre nº de Artigos "Health Subjects" and "Diseases"		Primeira Busca	Após Leitura do Título e Resumo	Após Leitura do Texto
	"HS"	"HS" + "D"			
Smart Drugs OR Nootropics	34	752	34 artigos	26 artigos	16
Transcranial Magnetic Stimulation	25	155	25 artigos	12 artigos	5
Neurochip OR Neuroprothesis	0	0	0 artigos	0 artigos	0
MEDLINE/Pubmed			Primeira Busca	Após Leitura do Título e Resumo	Após Leitura do Texto
	"HS"	"HS" + "D"			
Smart Drugs OR Nootropics	58	902	58 artigos	23 artigos	10
Transcranial Magnetic Stimulation	63	442	63 artigos	18 artigos	4
Neurochip OR Neuroprothesis	19	35	19 artigos	10 artigos	5
EMBASE			Primeira Busca	Após Leitura do Título e Resumo	Após Leitura do Texto
	"HS"	"HS" + "D"			
Smart Drugs OR Nootropics	17	230	17 artigos	10 Artigos	5
Transcranial Magnetic Stimulation	26	286	26 artigos	7 Artigos	0

Neurochip OR Neuroprothesis	16	198	16 artigos	4 Artigos	0
LILACS			Primeira Busca	Após Leitura do Título e Resumo	Após Leitura do Texto
	"HS"	"HS" + "D"			
Smart Drugs OR Nootropics	10	28	10 artigos	8 artigos	5
Transcranial Magnetic Stimulation	27	58	27 artigos	3 artigos	0
Neurochip OR Neuroprothesis	0	0	0 artigos	0 artigos	0
Periódicos CAPES			Primeira Busca	Após Leitura do Título e Resumo	Após Leitura do Texto
	"HS"	"HS" + "D"			
Smart Drugs OR Nootropics	1323	2023	1323 artigos	74	10
Transcranial Magnetic Stimulation	2813	3891	2813 artigos	8 artigos	0
Neurochip OR Neuroprothesis	15	162	15 Artigos	3 artigos	0

Fonte: os autores

### Elegibilidade dos artigos das pesquisas nas bases de dados – fluxograma



**50 artigos eleitos**

Fonte: Os autores

A distribuição geográfica dos documentos analisados (divididos por categoria) foi a seguinte:

- Nootrópicos (fármacos): Brasil (1), Tasmânia (1), Suíça (1), Reino Unido (4), Estados Unidos (4);

- Nootrópicos (cafeína e ervas nutricionais): Holanda (1), Suíça (1), Inglaterra (2), Reino Unido (3), Estados Unidos (4);

- Nootrópicos (usuários e a percepção do aprimoramento cognitivo): Holanda (1), Estados Unidos (1), Reino Unido (2);

- Nootrópicos (usos, benefícios e riscos): Alemanha (1), Cuba (1), Suíça (1), Estados Unidos (2), Reino Unido (2), Brasil (3);

- Estimulação magnética transcraniana: Alemanha (1), Holanda (2), Reino Unido (2), Estados Unidos (5); neuroprótese (neuroprostética): Suíça (2), Estados Unidos (3).

Distribuição das pesquisas por data: 2019 (9), 2014 (9), em seguida 2013 (8), 2016 (7), 2012 (3), 2015 (3), 2017 (3), 2018 (3), 2010 (2), 2011 (2), e 2020 (4).

Quanto às áreas e subáreas dos periódicos científicos que publicam sobre o tema, identificamos uma grande diversidade: Medicina, Neurologia, Farmacologia, Psiquiatria, Enfermagem, Nutrição, Ciências biológicas, Saúde pública, Bioquímica, Ciências biológicas, Engenharia, Artes e humanidades, Filosofia, Ciências Sociais, Agricultura, Ciência da computação, como também periódicos interdisciplinares.

**Resultado e discussão dos dados da pesquisa**

A busca sistemática realizada nas bases de dados biomédicos possibilitou algumas conclusões sobre seu resultado, descritos abaixo por tipo de intervenção.

*Em relação aos nootrópicos:*

### **Diferença significativa na quantidade de estudos com indivíduos com doenças/transtornos e indivíduos saudáveis (para fins de aprimoramento)**

Com a finalidade de comparar quantitativamente os estudos que abordam o uso de biotecnologia para cognição voltada para tratamento e para aprimoramento, inicialmente, a busca em base de dados foi realizada sem o descritor "*Healthy Individual*". O maior número de artigos encontrados na literatura científica refere-se ao uso de aprimoradores cognitivos para transtornos cognitivos/mentais ou déficits neurais, e não para indivíduos normais. Mesmo com a utilização de filtro "*Healthy Subjects*" OR "*Healthy Individuals*", muitos artigos apareceram com estudo direcionado a alguma doença, tais como: esquizofrenia, Mal de Parkinson, Mal de Alzheimer, depressão, acidente vascular cerebral, transtorno do déficit de atenção e hiperatividade. Assim, foi necessário realizar uma seleção mais apurada dos artigos, lendo um a um, para retirar os que se referiam a indivíduos com transtornos.

### **Maior quantitativo de estudos secundários (revisão) e sobre ética/social**

Na base de dados PUBMED e COCHRANE, aparecem artigos de estudos primários biomédicos, com formato de pesquisa clínica, por meio de estudo duplo-cego e randomizado, para verificar a eficácia dos fármacos ou intervenções biotecnológicas para aprimoramento cognitivo. Nas demais bases pesquisadas (EMBASE, LILACS, Portal de Periódicos CAPES), a grande maioria dos artigos refere-se a apontamentos que discutem o aprimoramento cognitivo do ponto de vista ético e social, sendo que a maioria deles diz respeito a estudos primários.

### **Resultados inconclusivos sobre a utilização de aprimoradores para indivíduos sem transtornos (saudáveis)**

A maioria dos artigos que pesquisam a eficácia do uso de aprimoradores biotecnológicos para a cognição em indivíduos "normais" não possui resultados conclusivos. A maioria dos estudos aponta para resultados não significativos ou inconsistentes, indicando que mais investigações seriam necessárias, tanto para a verificação de eficácia, como para a análise do efeito de longo prazo.

De Angelis (2016) concluiu que mais pesquisas são necessárias para investigar até que ponto os efeitos dos fármacos se manifestam de modo independente do ambiente. Esposito *et al.* (2013) afirmam que os efeitos a longo prazo dos fármacos na cognição ainda não são completamente explorados. Müller *et al.* (2013) apontam que os efeitos do modafinil na criatividade foram inconsistentes e, até então, não significativos.

### **Baixa eficácia comprovada dos fármacos para fins de aprimoramento**

O maior número das pesquisas realizadas analisou os fármacos metilfenidato, modafinil e MDMA (metilenodioximetanfetamina-ecstasy). O uso do modafinil, metilfenidato e MDMA foi testado em estudos primários a partir de estudos randomizados com uso de placebo. Os resultados dos vários estudos foram semelhantes. Os estudos utilizaram estes fármacos isoladamente e associados para avaliar a amplitude de melhoria da cognição nos aspectos de atenção, memória e tempo de vigília.

Como resultado dos estudos primários com os fármacos, tem-se o estudo de Schmidt *et al.* (2018), que compararam diretamente os efeitos agudos dos três fármacos (modafinil, MDMA e metilfenidato) nos mecanismos neurais mediados pelo uso conjunto destas substâncias nas concentrações extracelulares em indivíduos saudáveis. Os autores chegaram ao resultado de que, para ter efeito, o uso do modafinil precisa ser da ordem de 600 mg, o que traz efeitos colaterais que devem ser considerados.

De acordo com Hysek *et al.* (2014), o metilfenidato não aumentou os efeitos psicotrópicos do MDMA, embora tenha produzido, por si mesmo, efeitos psicoestimulantes. Os efeitos hemodinâmicos e adversos da coadministração de metilfenidato e MDMA foram significativamente maiores, em comparação com uso isolado das substâncias.

Sobre o uso de Modafinil, foram observadas melhorias na memória de trabalho espacial, planejamento e tomada de decisão difíceis, bem como na memória visual de reconhecimento de padrões tardios. As avaliações subjetivas do aproveitamento do desempenho da tarefa foram significativamente maiores no Modafinil em comparação com o placebo, mas as classificações de humor em geral não foram afetadas. Os efeitos do Modafinil na criatividade foram inconsistentes e não atingiram significância estatística (MÜLLER *et al.*, 2013).

Os resultados revelaram que os efeitos do metilfenidato variaram em função das demandas de tarefas e em função da capacidade de memória de trabalho de linha de base. Especificamente, o metilfenidato

melhorou a aprendizagem de recompensa *versus* punição em indivíduos com alta memória de trabalho, enquanto prejudicou a aprendizagem de recompensa *versus* punição em indivíduos com pouca memória de trabalho. Esses resultados contribuem para o entendimento das diferenças individuais nos efeitos cognitivos do metilfenidato na população saudável. Além disso, os autores destacam a importância de levar em consideração as diferenças entre indivíduos na pesquisa de medicamentos dopaminérgicos (VAN DER SCHAAF *et al.*, 2013).

Mohamed e Lewis (2014) apontam que os participantes de pesquisa tratados com modafinil apresentaram latências médias de resposta significativamente mais longas, tanto para o início da resposta quanto para a inibição da resposta, em comparação com os participantes tratados com placebo. No entanto, os participantes de ambos os grupos cometeram número semelhante de erros em cada uma dessas medidas, indicando que o modafinil não aumentou a precisão do desempenho da tarefa em relação ao placebo.

De acordo com Caviola e Faber (2015), todos os fármacos avaliados podem produzir efeitos benéficos significativos no desempenho cognitivo. No entanto, os efeitos são moderados e consistentemente dependentes de fatores individuais e situacionais.

Em geral, na pesquisa com Modafinil, nenhuma modificação na conectividade estrutural foi observada, além de ser importante ter cautela com o uso geral de Modafinil. O Modafinil foi originalmente indicado como intensificador cognitivo com baixo risco de induzir dependência e poucos efeitos colaterais. Tem sido comumente detectado que esta droga atua na neurotransmissão dopaminérgica e, portanto, como outros psicoestimulantes clássicos, apresenta riscos de dependência. Além disso, os efeitos a longo prazo do Modafinil ainda não são completamente explorados (ESPOSITO *et al.*, 2013).

Não foram observadas diferenças no desempenho em nenhum dos testes realizados com o psicoestimulante metilfenidato, em comparação com placebo. De acordo com a literatura recente, medicamentos psicoestimulantes, como o metilfenidato, melhoram o desempenho quando os processos cognitivos estão abaixo de um nível ótimo, não sendo referido o mesmo para o uso em sujeitos "saudáveis". Os autores sugerem que a sensação de melhoria do desempenho cognitivo com o uso de metilfenidato, em jovens saudáveis, pode ser devido a melhorias no bem-estar subjetivo (BATISTELA *et al.*, 2016).

## **Comprovação de ganhos cognitivos com nootrópicos convencionais relacionados à nutrição (cafeína, ervas e suplementos), porém não como ganhos “extraordinários”**

Quanto ao uso de outros nootrópicos, tais como a cafeína, ervas nutricionais e suplementos como o Alpha Brain, os pesquisadores relatam haver ganhos significativos, no entanto, não há ganhos extras fazendo associações entre os nootrópicos. Apontam que não foi amplamente identificada mudança em mais de uma função cognitiva avaliada. Os ganhos são atencionais e extensão do tempo de vigília, sendo necessária a realização de estudos adicionais. Dentre os autores que abordam estes dados, temos, Dimpfel, Storni e Verbruggen (2011), Kahathuduwa *et al.* (2017) e Geng *et al.* (2010).

Goel e Maurya (2019) apontam que as culturas indiana e chinesa se interessam por nootrópicos naturais, desenvolvendo vários medicamentos de ervas para prevenir declínio da cognição, reverter perda de memória e aumentar a capacidade de aprendizagem. As ervas nootrópicas são consideradas como auxílio para melhorar a circulação sanguínea no cérebro. Os autores abordam vinte agentes naturais que atuam como impulsionadores da memória, alegando que, há muitos séculos, a Índia e China possuem rica diversidade de ervas que têm várias propriedades medicinais, mas a medicina moderna insiste no uso de fármacos, de custos altos e causadores de efeitos colaterais.

## **Dificuldades de Nootrópicos agirem no cérebro devido à Barreira Hematoencefálica (BHE) o que conduz a pesquisas com nanotecnologia e uso via nasal.**

O sistema nervoso central é protegido por uma Barreira Hematoencefálica (BHE), que é uma estrutura de permeabilidade altamente seletiva de proteção contra substâncias neurotóxicas presentes no sangue. Esta barreira é essencial para a função metabólica normal do cérebro. Déficits nela ocasionam sérias doenças.

Dutta *et al.* (2018) apontam a Barreira Hematoencefálica (BHE) como uma complexa camada endotelial vascular, que é o principal obstáculo da maioria dos fármacos para difusão e penetração no cérebro, a partir da corrente sanguínea. Quase 100% das grandes drogas moleculares e cerca de 98% dos medicamentos constituídos por pequenas moléculas são incapazes de atravessar esta barreira para ter resultado terapêutico eficaz. Por isso, alguns estudos se dedicam à nanotecnologia,

nanopartículas para administração de fármacos com possibilidades de driblar a BHE.

Mittal *et al.* (2016) apontam o acesso intranasal como uma via não invasiva para a administração de fármacos para atuação cerebral. Há acesso direto da mucosa nasal ao cérebro e medula espinhal utilizando vias ao longo das olfações e nervos trigêmeos. Além de utilizar a via nasal, os fármacos com moléculas muito pequenas talvez tenham mais permeabilidade às barreiras presentes no cérebro que impedem sua exposição a danos. Estes autores estudaram o uso de nanopartículas por via nasal para ver o aumento da absorção do fármaco no cérebro. A pesquisa foi feita com ratos *in vivo* e as respostas foram positivas. Para utilização em humanos, é necessário fazer pesquisas adicionais.

Da mesma forma, Park *et al.* (2018) apontam que há nootrópicos com grande potencial para tratar a neurodegeneração devido às suas funções anti-inflamatórias e neuroprotetoras. No entanto, seu acúmulo limitado no cérebro através da barreira hematoencefálica continua sendo um grande obstáculo a ser superado. Este fármaco tem sido pesquisado com nanopartícula encapsulada com surfactante de polímero como um sistema de entrega com alta permeabilidade.

Para Miranda (2014), a impermeabilidade da barreira hematoencefálica continua sendo uma limitação no desenvolvimento de métodos de diagnóstico e terapêutica neurológicos. A necessidade de se desenvolver novas estratégias para melhorar o transporte de fármacos até o cérebro tem sido um desafio constante, e a nanotecnologia vem contribuindo significativamente para o sucesso das investigações realizadas na neurociência. As nanopartículas poliméricas, como os lipossomas e os dendrímeros, são os nanossistemas mais estudados nesta área e começam a demonstrar, em ensaios clínicos e não clínicos, que podem ser satisfatórios como *Drug Delivery Systems* (DDS) no sistema nervoso central. Assim, atribuir especificidade aos nanoveículos e direcioná-los para determinados neurônios constitui o mais atual desafio, face às dificuldades na compreensão de alguns mecanismos da nanoquímica e acima de tudo dificuldades na caracterização dos nanossistemas do ponto de vista tecnológico e fisiológico. Por isso, é necessária a realização de mais estudos nesta área.

### **Diferença entre percepção de ganho e ganho real comprovado**

Quanto à percepção de melhoria no aprimoramento cognitivo, há inúmeras pesquisas qualitativas realizadas com usuários de fármacos para aprimoramento da capacidade atencional, memória e extensão do tempo

desperto. Estas pesquisas, em sua maioria, apontam para uma discrepância considerável entre experiências subjetivas e resultados acadêmicos objetivos alcançados (HILDIT; LIEB; FRANKE, 2014).

Aikins (2019) realizou pesquisa entre estudantes sobre o sentimento de 'trapaça' ao usar fármacos para aprimoramento. Os resultados foram que todos acham que esta é uma 'trapaça leve', sem maiores danos, mesmo porque os ganhos não são tão significativos. Ricci (2020) ressalta que nootrópicos ou "drogas inteligentes" são utilizados para melhorar aspectos da cognição, mesmo que o significado e a eficácia sejam duvidosos, pois as comprovações de ganho não são consistentes.

### **Diferença comprovada entre maior procura por aprimoramento cognitivo de acordo com a profissão e região geográfica**

Finger e Falavigna (2013) fizeram uma revisão em quatro bancos de dados (LILACS, PubMed, Science Direct e SciELO) sobre o uso de metilfenidato para aprimoramento cognitivo junto a estudantes de Medicina, constatando a sua alta prevalência. Os autores afirmam que não há evidências na literatura de que o uso de metilfenidato seja benéfico em termos de memória ou aprendizado. Ele apenas aumentaria a vigília e a atenção, reduzindo o tempo de sono e, por isso, seria tão almejado pelos estudantes de cursos de Medicina.

Franke *et al.* (2013) realizaram pesquisa de autorrelato com cirurgiões que participaram de cinco conferências internacionais em 2011. Nos relatos, há referência a um alto índice de uso de fármacos para aprimoramento cognitivo e humor devido à alta carga de trabalho e estresse. No entanto, os relatos também mostraram a preocupação com os riscos de seu uso, tais como vício e a possibilidade de colocar os pacientes em risco mediante uso excessivo. Para os entrevistados, esta situação tem sido frequente e deveria ser discutida na formação médica.

Hupli (2020) aponta que os estudos europeus demonstraram menores taxas de prevalência do uso de fármacos estimulantes para aprimoramento cognitivo, especialmente entre as populações estudantis, em comparação com a América do Norte. Apesar desta diferença ser um dado que requer mais pesquisas entre os vários fatores envolvidos, o autor argumenta que a discussão acadêmica e pública sobre aprimoramento cognitivo deve considerar o contexto do país, da política e sobre quais medicamentos estão incluídos no termo drogas para aprimoramento cognitivo.

Yamamoto e Ishii (2018) afirmam que "drogas da inteligência" são amplamente utilizadas nos países ocidentais. O uso destes fármacos

parece ser comum entre indivíduos de ambientes cognitivamente exigentes, como escolas e universidades. No entanto, a pesquisa sobre este uso no Japão mostrou-se irrelevante. A investigação foi realizada na Universidade de Kyushu, produzindo o seguinte resultado: 98% dos estudantes nunca usaram drogas inteligentes, 55% não possuem interesse, 10% usariam e 33% não sabem. Já o uso de cafeína assemelha-se ao consumo dos países ocidentais.

### **Análise dos benefícios e perigos do uso de nootrópicos**

Alguns artigos fazem referências às questões éticas e sociais envolvidas no tema. Outram (2010), em um estudo de revisão, alega que, à luz de conclusões empíricas, não há comprovação de eficácia e de relação risco-benefício favorável, não havendo, desta forma, razões para ser considerado um aprimorador cognitivo.

Franke *et al.* (2015) alertam para o fato de que os estudos clínicos dos fármacos para aprimoramento cognitivo têm apenas efeitos cognitivos limitados e riscos consideráveis de segurança e efeitos colaterais, além de possuírem restrições de uso, pela necessidade de receita médica, o que requer mais discussões sobre o assunto.

Para Freese (2012), os estudos de revisão mostram o metilfenidato como um fármaco que influencia o desempenho pelo seu potencial estimulador, mas não como capaz de melhorar a cognição. Na mesma linha de pensamento, seguem outros autores, como Finger *et al.* (2013) e Monteiro *et al.* (2017), que apontam que o metilfenidato possui capacidade de aumentar a capacidade atencional e a vigília, reduzindo o tempo de sono, mas não há referências sobre ampliação significativa da cognição em indivíduos saudáveis.

Monteiro *et al.* (2017) e Domínguez (2018) acrescentam, ainda, que os instrumentos de pesquisa seriam inadequados para identificar o uso de substâncias para fins aprimoramento cognitivo. As pesquisas não têm ido além do levantamento epidemiológico, não perpassando por questões médicas, sociais, éticas, legais e de saúde pública que devem ser debatidas no meio científico, político, acadêmico e na sociedade.

Mohamed e Lewis (2014) e Ricci (2020) alertam sobre a pouca comprovação científica de eficácia do uso dos psicoestimulantes para fins de aprimoramento cognitivo em indivíduos saudáveis. Dentre os estudos revisados por estes autores, há indícios de que os fármacos podem aumentar o estado de vigília, mas, em contrapartida, podem restringir outras habilidades, como a flexibilidade cognitiva e a criatividade. Sendo

ainda possível que estes fármacos possam reduzir o bem-estar e impactar, de modo negativo, a saúde mental dos usuários a longo prazo.

Partridge *et al.* (2011) investigaram como a mídia aborda o neuroaprimoramento. Os resultados mostraram que os artigos da mídia ressaltam os possíveis benefícios do uso de drogas para aprimoramento cognitivo, sem referenciar sobre os riscos e efeitos colaterais potenciais. As reportagens midiáticas ressaltam que aprimoramento cognitivo é comum e que possui forte alegação científica, o que não poderia ser feito, pois, segundo os autores, os relatórios científicos mostram, cada vez mais, não haver comprovação para esta afirmação. Por isso, a cautela seria importante nas reportagens da mídia.

*Em relação à estimulação magnética transcraniana:*

### **Estudos Inconclusivos e/ou com resultados não significativos sobre o uso de EMT em Indivíduos Saudáveis**

Beynel *et al.* (2019) estudaram o uso de EMT em atividades de memória operacional para avaliar o aumento desta importante função cognitiva. Como resultado, os autores apontaram que somente houve aumento de capacidade desta função quando as atividades repetidas aumentavam a dificuldade da atividade de memória. Estes achados são inconclusivos, pois não se sabe se o acréscimo era da própria atividade ou da aplicabilidade da EMT.

Althen *et al.* (2019) apontaram para a possibilidade de aumento no raciocínio criativo com uso de EMT, como mostram dados preliminares da pesquisa, mas estes dados não foram replicáveis. Pode haver efeito individual variável, devido a diferenças interindividuais relativos à divergências na estrutura cerebral ou estado de excitação. Da mesma forma, Luque-Casado (2019) explorou os efeitos da EMT durante a execução da tarefa de memória de dígitos em 30 participantes saudáveis. Os resultados mostraram que não houve melhora significativa no desempenho após a EMT e os autores concluíram que aspectos como a variabilidade interindividual devem ser considerados.

Morales-Quezada *et al.* (2015) referem-se ao efeito cognitivo modesto e específico em tarefas matemáticas complexas após a utilização de EMT. Zhang e Gruber (2019) mostraram alguma eficácia na promoção da memória declarativa verbal, memória de reconhecimento de imagem e memória de localização após sessões de EMT. No entanto, os autores defendem que estudos futuros devem recrutar amostras maiores,

retiradas de populações mais diversas, determinando a significância clínica e os tamanhos dos efeitos de cada metodologia de aprimoramento.

Luber e Lisanby (2014) relatam que, até o momento, mais de sessenta estudos apontaram para melhorias significativas na velocidade e precisão em tarefas que envolvem processamento perceptivo, motor e executivo. Entretanto, os autores discutem as aplicações potenciais do aprimoramento cognitivo a partir do uso de EMT, incluindo pesquisa sobre função cortical, reabilitação em doenças neurológicas e psiquiátricas, aceleração de habilidades em indivíduos saudáveis, mas permanecem dúvidas sobre os mecanismos subjacentes aos efeitos observados.

Segundo Schutter e Wischniewski (2016), a EMT, se aplicada em áreas corticais simultâneas e intensificadas, tem probabilidade de aumentar o desempenho. No entanto, questões técnicas e metodológicas atualmente limitam a aplicabilidade do EMT para o aprimoramento cognitivo. Desta forma, os autores apontam que pesquisas adicionais são necessárias para avaliar o potencial da EMT na percepção e capacidade cognitiva, estabelecendo contextos e parâmetros mais eficazes.

Mancuso *et al.* (2016) analisaram várias pesquisas que relatavam a melhoria do desempenho da memória operacional em indivíduos saudáveis, sugerindo sua função como meio de aprimoramento cognitivo. Na metanálise realizada, foi constatado que a EMT tem pouco ou nenhum efeito de ampliação da memória em participantes saudáveis. As pesquisas mostram uma mistura de pequenos efeitos significativos e não significativos, não sendo, ainda, relevante para aprimoramento cognitivo.

*Em relação à neuroprostética/interface cérebro-computador:*

### **Alternativas promissoras para aprimoramento cognitivo, mas ainda com dificuldades de estudos de longo prazo sobre a interação da máquina implantada na biologia humana**

De acordo com Di Pino *et al.* (2014), será necessário reconsiderar a interação humanos-máquina para o aprimoramento por meio do desenvolvimento de interfaces neurais. Os autores, por meio de revisão da literatura, analisaram o processo plástico do cérebro quando em contato com o aumento de sensores e efetores artificiais. Funções e áreas corticais podem ser potencializadas e reorganizadas pelas interfaces cérebro-computador. Áreas sensoriais primárias, por exemplo, moldam seus campos receptivos e se tornam sensíveis a novas entradas de informação. Mas a função aprimoradora desses efeitos não está definida.

Cutsuridis (2019) afirma que, nos últimos anos, neuropróteses têm mostrado serem alternativas atraentes e promissoras no aprimoramento e restauração da memória. A pesquisa com estimulação neuromimética profunda, imitando a dinâmica dos circuitos cerebrais em interface com eletrodos, poderia melhorar o desempenho dos sistemas atuais de próteses de memória para elucidar a neurobiologia da aprendizagem e da memória e, com isso, acelerar o uso destas próteses. No entanto, as pesquisas ainda são limitadas e com resultados conflitantes.

Para Berger *et al.* (2011), algumas pesquisas com uso de eletrodos (estimulação neuromimética) são realizadas, principalmente com animais não humanos, mas não foram identificados com precisão seus mecanismos de ação. Vários achados indicaram que o hipocampo codifica informações e as transmite para outras regiões envolvidas no processamento da memória a partir da utilização do dispositivo de prótese de memória (MIMO) durante o desempenho da tarefa, mas ainda não há precisão e consistência nas investigações.

Hampson *et al.* (2012) analisaram estudos sobre o uso do MIMO em animais não humanos e acreditam que esta será uma técnica de utilização de dispositivo no cérebro para melhoria da memória tanto para adequação do funcionamento cerebral no tratamento de transtornos quanto de aprimoramento. Entretanto, isso ainda não foi consistentemente testado em humanos e em larga escala.

Segundo Prodanov e Delbeke (2016), as próteses neurais já têm longa história. No entanto, o implante coclear continua sendo a única história de sucesso sobre uma restauração da função sensorial a longo prazo. Por outro lado, implantes neurais para estimulação cerebral profunda estão ganhando aceitação em transtornos como a doença de Parkinson e transtorno obsessivo-compulsivo, mas ainda com reservas. Os autores alegam que o progresso neste campo é dificultado por fatores tecnológicos e biológicos, tais como: compreensão limitada do comportamento de longo prazo dos implantes, falta de confiabilidade dos dispositivos e biocompatibilidade dos implantes. Mas ainda há necessidade de compreender os mecanismos de interação mecânica entre o dispositivo implantado e o cérebro, incluindo fatores de adaptabilidade biológica, como driblar a barreira hematoencefálica, bem como a possibilidade de dano vascular e outros efeitos negativos.

## **Desafios e perspectivas do aprimoramento humano**

O estado da arte das pesquisas científicas sobre o aprimoramento cognitivo biotecnológico nos apresenta uma importante constatação: a de

que ainda estamos no campo visionário ou especulativo. As três áreas pesquisadas como promissoras para fins de aprimoramento cognitivo apontam que os estudos ainda são incipientes e inconclusivos.

O cérebro humano é um sistema complexo. Muito há a ser desvendado sobre seu funcionamento e sobre as possibilidades de transformá-lo via manipulação biotecnológica. Inúmeras discussões filosóficas têm se debruçado sobre este tema, antecipando um cenário catastrófico ou incomparavelmente promissor. Contudo, o fato é que não dispomos ainda de dados científicos consistentes para sustentar afirmações definitivas sobre o sucesso ou fracasso de tais intervenções. Assim, defesas ou críticas acaloradas podem ser fruto de posições pouco ou nada amparadas em evidências empírico-científicas, o que as aproxima de um campo bastante controverso, o do posicionamento ideológico, que é um dos traços do debate bioético.

Os estudos científicos de adequação ou modificação do funcionamento cerebral são prioritariamente realizados com indivíduos com transtornos neurológicos/cognitivos. Nestes casos, a constatação de benefícios é inegável. A questão é o quanto este meio terapêutico de aprimoramento cognitivo pode ser eficaz, para além da regulação química do cérebro disfuncional, tornando o indivíduo saudável efetivamente aprimorado, acima da média, no que diz respeito à cognição.

A aposta na possibilidade de alcançarmos uma cognição acima da média parece esbarrar, antes de mais nada, na própria ausência de mecanismo capazes de aferir o que seria um melhor desempenho cognitivo em abstrato, ou seja, sem uma análise mais complexa da conjuntura em que atua cada indivíduo.

Além disto, a manipulação direta do cérebro, seja por meio de fármacos ou implantes de eletrodos/*chips*, não é algo simples. As vias habituais de acesso ao cérebro possuem barreiras hematoencefálicas e a complexidade de seu funcionamento físico-químico depende de inúmeros fatores que fogem ao controle do neurocientista. Introduzir modificações no funcionamento cerebral em indivíduos saudáveis, principalmente por intervenção invasiva, que dependem de neurocirurgia, envolve importantes questões éticas, que, por sua vez, precisam ser debatidas em um fórum amplo de discussão, composto por indivíduos pertencentes aos diversos segmentos da sociedade.

Acreditar que os aparatos biotecnológicos, isoladamente, serão poderosos o suficiente para controlar e moldar as mentes humanas é uma hipótese controversa e, acrescentaríamos, ingênua. Para além disto, acreditamos que o investimento em dispositivos de aprimoramento cognitivo precisa ser pensado à luz de uma concepção de justiça que vise

a minimizar a desigualdade socioeconômica entre indivíduos e entre sociedades, e garantir o acesso de todos, aos bens necessários ao desenvolvimento satisfatório de seus funcionamentos básicos. Lembramos que, em países como o Brasil, grande parte da população ainda carece das condições mais elementares para um desenvolvimento cognitivo satisfatório, como, por exemplo, alimentação e educação. Supor que o uso de substâncias ou intervenções poderia aprimorar cognitivamente alguém que carece de tais condições é, ao mesmo tempo, empírica e normativamente problemático.

A educação é a forma mais difundida de aprimoramento humano. Repensar suas bases, nos tempos atuais, talvez indique um caminho mais promissor para alcançarmos aprimoramento humano e social, ou seja, para nos aproximarmos de um ideal de sociedade mais justa e inclusiva. Nesse sentido, as pesquisas neurocientíficas, que evidentemente não devem ser abandonadas, poderiam contribuir decisivamente, na medida em que ajudariam a compreender a interface entre o funcionamento cerebral e o ambiente, notadamente no que diz respeito às nossas variadas aprendizagens (intelectual, social, moral, emocional, etc.).

Vivemos num cenário de integração entre humanos e máquinas. A inteligência biológica e a inteligência artificial vêm se fundindo no cenário do mundo atual. A humanidade caminha para um mundo disruptivo. A inteligência artificial, que surgiu em 1950, vem ganhando, a cada dia, espaço nos ambientes corporativos, educacionais e domésticos. Ela vem assumindo uma parcela dos afazeres humanos em uma nova configuração da vida moderna. A automação em diversas operacionalidades, a ascensão do mundo virtual, a robótica, a construção de algoritmos cada vez mais inteligentes são alguns exemplos de tecnologia como parte do nosso cotidiano e que tende só a crescer (YAWALKAR, 2019; GOKSEL, BOZKURT, 2019; BOZKURT, 2019).

Diante deste cenário, que tipo de aprimoramento cognitivo devemos promover? Um aumento da nossa capacidade de processar dados, de atenção e de manutenção em estado de vigília? Queremos competir com os algoritmos ou seria mais eficaz buscar complementá-los? Nossas limitações físicas e biológicas talvez precisem ser, bem mais respeitadas, do que superadas. Ao invés de competir com máquinas, podemos incorporá-las ao nosso processo cognitivo (DIAS, 2016).

Máquinas e seres humanos possuem constituições materiais distintas. Somos constituídos de carbono, enquanto nossos computadores, por exemplo, são constituídos de silício. As *máquinas* podem implementar sistemas mais rígidos, com maior capacidade estrutural para algumas competências de trabalho, como incansabilidade, alta precisão, alta

capacidade de reter e processar um maior quantitativo de informações. Seres *humanos* são sistemas flexíveis, com características potenciais de maior flexibilidade para resolução de problemas complexos, criatividade, empatia, sensibilidade para entender as diversas situações e contextos. A engenharia de artefatos aposta na fusão destas duas materialidades, podendo fazer algoritmos a partir do carbono e/ou implantar um pouco mais de silício nos humanos. Mas por que não tentar integrar tais sistemas?

Se a integração humanos-máquinas for uma alternativa mais promissora, precisamos rever os objetivos e métodos educacionais vigentes. A grande maioria das propostas educacionais em vigor, pelo menos no Brasil, priorizam a ênfase no desenvolvimento do raciocínio formal, na realização de operações matemáticas e aquisição de conteúdos fixo, muitas vezes importados de contextos bem distantes, daqueles vivenciados por nossos alunos. Busca-se, em regra, formar uma massa de indivíduos capazes de se adequar ao mercado de trabalho e um pequeno número de indivíduos, com desempenho superior, capazes ocupar os lugares de destaque, ou liderança, na sociedade. Trata-se de uma formação individualista, que utiliza a competição como incentivo.

Uma proposta educacional voltada para a cooperação não apenas superaria a disputa entre humanos e máquinas, mas entre os próprios seres humanos, criando um espaço onde o aprimoramento pudesse ser compreendido como uma construção coletiva. Tal proposta visaria a contribuir para que cada indivíduo pudesse exercer seus próprios funcionamentos/capacidades, dentro de certos limites acordados socialmente, contribuindo, a seu modo, para o florescimento da coletividade. Entender cada indivíduo como um sistema funcional singular (DIAS, 2016) e focar seu processo de aprendizagem nas características e demandas que lhe são próprias supõem um investimento maciço não apenas em novas tecnologias, mas, sobretudo, na capacidade humana de perceber, escutar e compreender o outro.

No nosso entendimento, é fundamental distinguir intervenções que aumentam a performance de uma capacidade cognitiva específica, as que aprimoram a cognição de um indivíduo e as que aprimoram um humano. Se considerarmos as sociedades justas e igualitárias como uma espécie de ideal regulador, intervenções de aprimoramento humano envolveriam efeitos benéficos também para a sociedade, e não somente para determinado indivíduo, que teria vantagens competitivas em relação aos indivíduos 'não-aprimorados'. Dentro deste novo quadro, razão e sensibilidade já não pertencem a universos distintos, mas são partes constitutivas de uma razão imaginativa que precisamos aprimorar, para

melhor aprimorar a sociedade em que vivemos: uma sociedade mais justa e respeitosa para como todos que a integram.

## Notas

<sup>1</sup> Doutora em Bioética, Ética Aplicada e Saúde Coletiva do PPGBIOS - Programa de Pós-Graduação em Associação das IES UFRJ, UFF, UERJ e FIOCRUZ e Pós-Doutoranda na Universidade Federal Fluminense. Neurocientista e Pesquisadora em Neuroaprimoramento e em Saúde Coletiva. ORCID-iD: <https://orcid.org/0000-0002-0889-5991>; e-mail: [fabiana.educato@gmail.com](mailto:fabiana.educato@gmail.com)

<sup>2</sup> Pesquisador Associado da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ). Doutor em Filosofia (UFRJ: 2014) e em Educação (UERJ: 2013). Docente Permanente do Programa de Pós-Graduação em Bioética, Ética Aplicada e Saúde Coletiva - PPGBIOS (PPG em associação: UFRJ/FIOCRUZ/UFF/UERJ). Docente Permanente do Programa de Pós-Graduação em Educação, Gestão e Difusão em Biociências (Instituto de Bioquímica Médica Leopoldo de Meis - UFRJ). Coordenador (Líder) do Grupo de Investigações Filosóficas sobre Transumanismo e Biomelhoramento Humano - GIFT-H+ (FIOCRUZ/CNPq/2021-atual). ORCID-iD: <https://orcid.org/0000-0001-9720-5552>; e-mail: [contatoacademico@hotmail.com](mailto:contatoacademico@hotmail.com)

<sup>3</sup> Doutora em Filosofia pela Freie Universität Berlin (1993) e Pós-Doutora na Universidade de Connecticut (2003), na Universidade de Oxford (2006/2007), na Universidade de Tulane (2015) e na Universidade Rey Juan Carlos (2019). Professora titular da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), onde integra o Departamento de Filosofia e o Programa Interinstitucional e Interdisciplinar de Pós-Graduação em Bioética, Ética Aplicada e Saúde Coletiva. ORCID-iD: <https://orcid.org/0000-0002-4689-9256>; e-mail: [mcdias1964@gmail.com](mailto:mcdias1964@gmail.com)

## Referências bibliográficas

AIKINS, Ross. The White Version of Cheating? Ethical and social equity concerns of cognitive enhancing drug users in higher education. *Journal of academic ethics*, v. 17, n. 2, p. 111-130, 2019.

ALTHEN, Heike *et al.* Effects of transcranial direct current stimulation of the frontopolar cortex on analogical reasoning performance. *European Neuropsychopharmacology*, v. 29, p. S559, 2019.

BATISTELA, Silmara *et al.* Methylphenidate as a cognitive enhancer in healthy young people. *Dementia & Neuropsychologia*, v. 10, n. 2, p. 134-142, 2016.

BEAR, Mark F.; CONNORS, Barry W.; PARADISO, Michael A. *Neurociências: desvendando o sistema nervoso*. Porto Alegre: Artmed, 2008.

BERGER, Theodore W. *et al.* A cortical neural prosthesis for restoring and enhancing memory. *Journal of Neural Engineering*, v. 8, n. 4, p. 046017, 2011.

BEYNEL, Lysianne *et al.* Effects of online repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) on cognitive processing: A meta-analysis and recommendations for future studies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, v. 107, p. 47-58, 2019.

BLANK, Robert H. Regulating Cognitive Enhancement Technologies: Policy Options and Problems. In: JOTTERAND, Fabrice; DUBLJEVIĆ, Veljko (Eds.). *Cognitive Enhancement: Ethical and Policy Implications in International Perspectives*. Oxford: Oxford University Press, p. 239-258, 2016.

BOZKURT, Aras. From distance education to open and distance learning: A holistic evaluation of history, definitions, and theories. In: *Handbook of research on learning in the age of transhumanism*. New York: IGI Global, 2019, p. 252-273.

CAVIOLA, Lucius; FABER, Nadira S. Pills or push-ups? Effectiveness and public perception of pharmacological and non-pharmacological cognitive enhancement. *Frontiers in psychology*, v. 6, p. 1852, 2015.

CUTSURIDIS, Vassilis. Memory prosthesis: is it time for a deep neuromimetic computing Approach? *Frontiers in Neuroscience*, v. 13, 2019.

DE ANGELIS, Oliver J. *The effect of modafinil on behavioural and ERP correlates of inhibitory control in healthy, non-sleep deprived individuals*, 2016. Report for degree of Bachelor of Psychology, University of Tasmania.

DI LAZZARO, Vincenzo *et al.* Modulation of motor cortex neuronal networks by rTMS: comparison of local and remote effects of six different protocols of stimulation. *Journal of neurophysiology*, v. 105, n. 5, p. 2150-2156, 2011.

DI LAZZARO, Vincenzo; ZIEMANN, Ulf. The contribution of transcranial magnetic stimulation in the functional evaluation of microcircuits in human motor cortex. *Frontiers in neural circuits*, v. 7, p. 18, 2013.

DI PINO, Giovanni *et al.* Augmentation-related brain plasticity. *Frontiers in systems neuroscience*, v. 8, p. 109, 2014.

DIAS, Maria Clara. *A perspectiva dos funcionamentos: por uma abordagem moral mais inclusiva*. Rio de Janeiro: Pirilampo, 2015.

DIAS, Maria C. *Sobre nós: expandindo as fronteiras da moralidade*. Rio de Janeiro: Pirilampo, 2016.

DIMPFEL, Wilfried; STORNI, Charlotte; VERBRUGGEN, Marian. Ingested oat herb extract (*Avena sativa*) changes EEG spectral frequencies in healthy subjects. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, v. 17, n. 5, p. 427-434, 2011.

DINH, Claire T.; HUMPHRIES, Stacey; CHATTERJEE, Anjan. Public Opinion on Cognitive Enhancement Varies across Different Situations. *AJOB Neuroscience*, v. 11, issue 4, p. 224-237, 2020.

DEADWYLER, Sam A. *et al.* A cognitive prosthesis for memory facilitation by closed-loop functional ensemble stimulation of hippocampal neurons in primate brain. *Experimental Neurology*, v. 287, p. 452-460, 2017.

DOMÍNGUEZ, Miriam B. Potenciadores cognitivos: ¿Realidad o ficción? *Medicentro Electrónica*, v. 22, n. 2, p. 108-115, 2018.

DUTTA, Lopamudra *et al.* Lipid-based nanocarrier efficiently delivers highly water soluble drug across the blood-brain barrier into brain. *Drug Delivery*, v. 25, n. 1, p. 504-516, 2018.

ESPOSITO, Roberto *et al.* Acute effects of modafinil on brain resting state networks in young healthy subjects. *PLoS One*, v. 8, n. 7, p. e69224, 2013.

FINGER, Guilherme S. E. R.; FALAVIGNA, Asdrubal. Use of methylphenidate among medical students: a systematic review. *Revista da Associação Médica Brasileira*, v. 59, n. 3, p. 285-289, 2013.

FRANKE, Andreas G. *et al.* Use of illicit and prescription drugs for cognitive or mood enhancement among surgeons. *BMC medicine*, v. 11 (102), n. 1, p. 1-9, 2013.

FRANKE, Andreas G.; NORTHOFF, Robert; HILDT, Elisabeth. The case of pharmacological neuroenhancement: medical, judicial and ethical aspects from a german perspective. *Pharmacopsychiatry*, v. 48, n. 07, p. 256-264, 2015.

FRESE, Luana *et al.* Non-medical use of methylphenidate: a review. *Trends in Psychiatry and Psychotherapy*, v. 34, n. 2, p. 110-115, 2012.

FROESTL, Wolfgang; MUHS, Andreas; PFEIFER, Andrea. Cognitive enhancers (nootropics). Part 1: drugs interacting with receptors. *Journal of Alzheimer's disease*, v. 32, n. 4, p. 793-887, 2012.

FROESTL, Wolfgang; MUHS, Andreas; PFEIFER, Andrea. Cognitive enhancers (nootropics). Part 2: Drugs interacting with enzymes. *Journal of Alzheimer's Disease*, v. 33, n. 3, p. 547-658, 2013.

FROESTL, Wolfgang; MUHS, Andreas; PFEIFER, Andrea. Cognitive enhancers (nootropics). Part 3: drugs interacting with targets other than receptors or enzymes. *Journal of Alzheimer's Disease*, v. 34, n. 1, p. 1-114, 2013.

GENG, JinSong *et al.* Ginseng for cognition. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, n. 12, 2010.

GLADDEN, Matthew E. *Neuroprosthetic supersystems architecture: considerations for the design and management of neurocybernetically augmented organizations*. Synthynion Academic, 2017a.

GLADDEN, Matthew E. *The Handbook of information security for advanced neuroprosthetics*. Synthygnion Academic, 2017b.

GOEL, Bharti; MAURYA, Neelesh K. *Memory booster herb (natural cognitive enhancers): An overview*. *International Journal of Physiology, Nutrition and Physical Education*, v. 4, n. 1, p. 975-979, 2019.

GOKSEL, Nil; BOZKURT, Aras. Artificial intelligence in education: Current insights and future perspectives. In: Handbook of research on learning in the age of transhumanism. *IGI Global*, 2019, p. 224-236.

HALLETT, Mark. Transcranial magnetic stimulation: a primer. *Neuron*, v. 55, n. 2, p. 187-199, 2007.

HAMPSON, R. E. *et al.* Extraction and restoration of hippocampal spatial memories with non-linear dynamical modeling. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, v. 20, p. 184-197, 2012.

HILDT, Elisabeth; LIEB, Klaus; FRANKE, Andreas Günter. Life context of pharmacological academic performance enhancement among university students—a qualitative approach. *BMC Medical Ethics*, v. 15, n. 1, p. 1-10, 2014.

HUPLI, Aleksi. Cognitive enhancement with licit and illicit stimulants in the Netherlands and Finland: what is the evidence? *Drugs and Alcohol Today*, v. 20, n. 1, 2020.

HYSEK, Cédric M. *et al.* Pharmacokinetic and pharmacodynamic effects of methylphenidate and MDMA administered alone or in combination. *International journal of neuropsychopharmacology*, v. 17, n. 3, p. 371-381, 2014.

JENSEN, Sean R. *et al.* *SIENNA D3.1: State-of-the-art Review: Human Enhancement*. SIENNA Project, 2018. Disponível em: <<https://zenodo.org/record/4066557#.YCKpnGhKhPY>>. Acesso em: 14 fev. 2021.

KAHATHUDUWA, Chanaka N. *et al.* Acute effects of theanine, caffeine and theanine-caffeine combination on attention. *Nutritional Neuroscience*, v. 20, n. 6, p. 369-377, 2017.

KIM, Binna *et al.* A review of fermented foods with beneficial effects on brain and cognitive function. *Preventive nutrition and food science*, v. 21, n. 4, p. 297, 2016.

LENT, Roberto. *Cem bilhões de neurônios: conceitos fundamentais de neurociência*. Rio de Janeiro: Atheneu, 2010.

LUBER, Bruce. Neuroenhancement by noninvasive brain stimulation is not a net zero-sum proposition. *Frontiers in systems neuroscience*, v. 8, p. 127, 2014.

LUBER, Bruce; LISANBY, Sarah H. Enhancement of human cognitive performance using transcranial magnetic stimulation (TMS). *Neuroimage*, v. 85, p. 961-970, 2014.

LUGER, George F. *Inteligência artificial: estruturas e estratégias para a solução de problemas complexos*. Porto Alegre: Bookman, 2004.

LUQUE-CASADO, Antonio *et al.* Exploring the effects of transcranial direct current stimulation over the prefrontal cortex on working memory: a cluster analysis approach. *Behavioural Brain Research*, v. 375, p. 112144, 2019.

MAIA, Igor F. Disputas em torno da Ritalina: uma análise sobre diferentes possibilidades de um fármaco. 2017. 136 f. Dissertação de Mestrado em Ciências Sociais – Programa de Pós-graduação em Ciências Sociais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

MACHADO, Sergio *et al.* Interface cérebro-computador: novas perspectivas para a reabilitação. *Revista Neurociências*, v. 17, n. 4, p. 329-235, 2009.

MANCUSO, Lauren E. *et al.* Does transcranial direct current stimulation improve healthy working memory? A meta-analytic review. *Journal of Cognitive Neuroscience*, v. 28, n. 8, p. 1063-1089, 2016.

MITTAL, Deepti *et al.* Brain targeted nanoparticulate drug delivery system of rasagiline via intranasal route. *Drug Delivery*, v. 23, n. 1, p. 130-139, 2016.

MIRANDA, Ana A. A. *Aplicações da nanotecnologia em doenças do foro neurológico: vantagens e desafios*. *Boletim Informativo Geum*, v.5, n.4, p.14-30, out./dez., 2014.

MOHAMED, Ahmed D.; LEWIS, Chris R. Modafinil increases the latency of response in the Hayling Sentence Completion Test in healthy volunteers: a randomised controlled trial. *PLoS One*, v. 9, n. 11, p. e110639, 2014.

MONTEIRO, Brisa M. M. *et al.* Metilfenidato e melhoramento cognitivo em universitários. *SMAD Revista Eletrônica Saúde Mental Álcool e Drogas*, v. 13, n. 4, p. 232-242, 2017.

MORALES-QUEZADA, Leon *et al.* Cognitive effects and autonomic responses to transcranial pulsed current stimulation. *Experimental Brain Research*, v. 233, n. 3, p. 701-709, 2015.

MÜLLER, Ulrich *et al.* Effects of modafinil on non-verbal cognition, task enjoyment and creative thinking in healthy volunteers. *Neuropharmacology*, v. 64, p. 490-495, 2013.

NASCIMENTO, José L. M.; BASTOS, Gilmar N. T. Psicofármacos para aprimoramento das funções cognitivas. *Neuro*, p. 147, 2013.

OUTRAM, Simon M. The use of methylphenidate among students: the future of enhancement? *Journal of Medical Ethics*, v. 36, n. 4. pp. 198-202, 2010.

PARK, Jeongmin *et al.* Nootropic nanocomplex with enhanced blood-brain barrier permeability for treatment of traumatic brain injury-associated neurodegeneration. *Journal of Controlled Release*, v. 284, p. 152-159, 2018.

PARTRIDGE, Bradley J. *et al.* Smart drugs "as common as coffee": media hype about neuroenhancement. *PloS one*, v. 6, n. 11, p. e28416, 2011.

PRODANOV, Dimiter; DELBEKE, Jean. Mechanical and biological interactions of implants with the brain and their impact on implant design. *Frontiers in Neuroscience*, v. 10, p. 11, 2016.

RICCI, Giovanna. Pharmacological human enhancement: an overview of the looming bioethical and regulatory challenges. *Frontiers in Psychiatry*, v. 11, p. 53, 2020.

SCHMIDT, André *et al.* Acute effects of methylphenidate, modafinil, and MDMA on negative emotion processing. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, v. 21, n. 4, p. 345-354, 2018.

SCHUTTER, Dennis J. L. G.; WISCHNEWSKI, Miles. A meta-analytic study of exogenous oscillatory electric potentials in neuroenhancement. *Neuropsychologia*, v. 86, p. 110-118, 2016.

VAN DER SCHAAF, Marieke E. *et al.* Dopaminergic drug effects during reversal learning depend on anatomical connections between the orbitofrontal cortex and the amygdala. *Frontiers in Neuroscience*, 7, 142, 2013.

WOŹNIAK-KWAŚNIEWSKA, Agata *et al.* Changes of oscillatory brain activity induced by repetitive transcranial magnetic stimulation of the left dorsolateral prefrontal cortex in healthy subjects. *Neuroimage*, v. 88, p. 91-99, 2014.

YAMAMOTO, Midori; ISHII, Yuji. Awareness survey of smart drugs among undergraduates. *Iyakuhin Johogaku*, v. 20, n. 1, p. 41-46, 2018.

YAWALKAR, Mr. Vivek V. A study of artificial intelligence and its role in human resource management. *International Journal of Research and Analytical Reviews (IJRAR)*, p. 20-24, 2019.

ZHANG, Yujie; GRUBER, Reut. Focus: Attention science: can slow-wave sleep enhancement improve memory? A review of current approaches and cognitive Outcomes. *The Yale Journal of Biology and Medicine*, v. 92, n. 1, p. 63, 2019.

*Received/Recebido: 08/03/21*  
*Approved/Aprovado: 02/04/21*