

Inteligência artificial e cognição humana em perspectiva sobre neuroplasticidade e dependência cognitiva

Artificial intelligence and human cognition: perspectives on neuroplasticity and cognitive dependence

Moizes Baptista da Silva

Universidade de Vassouras
moizesbs76@gmail.com

Sky Crizosti

Universidade de Vassouras
crizostisky@gmail.com

Ana Clara Moledo Neves

Universidade de Vassouras
anamoledo26@gmail.com

Daniel Alvarez Gonçalves

Universidade de Vassouras
alvarezgonca@gmail.com

Fabricio Tadeu Dias

Instituto de Ciência, Tecnologia e Inovação de Maricá
fabriciodias0100@gmail.com

RESUMO

A expansão da inteligência artificial (IA) vem alterando processos relacionados à aprendizagem, atenção, memória e tomada de decisão, trazendo novas questões sobre seus possíveis efeitos na cognição e na neuroplasticidade. Este estudo analisou as relações entre intensidade de uso de IA, desempenho cognitivo e plasticidade neural a partir de uma abordagem interdisciplinar. Foram integrados 45 estudos publicados entre 2018 e 2025, complementados por análise bibliométrica e simulação estatística baseada nos dados disponíveis na literatura. O modelo simulatório envolveu 300 sujeitos virtuais e 10.000 iterações de Monte Carlo. Os resultados apontaram uma associação, no cenário simulado, entre uso intensivo de IA e pior desempenho em atenção sustentada, memória de trabalho e pensamento crítico. Paralelamente, observou-se aumento da neuroplasticidade adaptativa, acompanhado de redução simulada da ativação do córtex pré-frontal dorsolateral e do hipocampo. Esses resultados indicam que a relação entre IA e cognição não é necessariamente linear. Seus efeitos parecem depender da intensidade, da finalidade e das condições em que a tecnologia é utilizada. Em determinados contextos, a IA pode apoiar processos de aprendizagem e reabilitação; em outros, seu uso frequente pode favorecer a transferência excessiva de operações cognitivas para sistemas tecnológicos e, consequentemente, ampliar formas de dependência cognitiva.

Palavras-chave: Transformação digital. Funções cognitivas. Psicologia organizacional. Pensamento crítico. Dependência tecnológica.

* Recebido em 18 de junho de 2024, aprovado em 02 de agosto de 2025, publicado em 31 de agosto de 2025.

ABSTRACT

The expansion of artificial intelligence (AI) is reshaping processes related to learning, attention, memory, and decision-making, raising new questions about its potential effects on cognition and neuroplasticity. This study examined the relationships among the intensity of AI use, cognitive performance, and neural plasticity from an interdisciplinary perspective. Forty-five studies published between 2018 and 2025 were integrated and complemented by bibliometric analysis and statistical simulation based on evidence available in the literature. The simulation model comprised 300 virtual subjects and 10,000 Monte Carlo iterations. The simulated results indicated an association between intensive AI use and poorer performance in sustained attention, working memory, and critical thinking. At the same time, increased adaptive neuroplasticity was observed, accompanied by a simulated reduction in activation of the dorsolateral prefrontal cortex and hippocampus. These findings indicate that the relationship between AI and cognition is not necessarily linear. Its effects appear to depend on the intensity, purpose, and conditions under which the technology is used. In certain contexts, AI may support learning and rehabilitation processes; in others, frequent use may promote excessive delegation of cognitive operations to technological systems and, consequently, contribute to forms of cognitive dependency.

Keywords: Digital transformation. Cognitive functions. Organizational psychology. Critical thinking. Technological dependency.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas duas décadas, a inteligência artificial deixou de ser um domínio restrito à ciência da computação para se tornar parte constitutiva de rotinas profissionais, educacionais e sociais. Assistentes virtuais, sistemas de recomendação e modelos de linguagem de larga escala medeiam hoje decisões, aprendizagens e formas de acesso à informação, o que levanta uma questão que ultrapassa a dimensão social e ética da tecnologia: como a interação constante com sistemas artificiais afeta o funcionamento do cérebro humano, em particular a plasticidade cerebral, a atenção sustentada, a memória de trabalho e a tomada de decisão (QANSUWA; ATALAH; SALAMA, 2025; CHECKONTHAYIL, 2024)?

Pesquisas recentes associam a mediação constante por algoritmos a fenômenos de off-loading cognitivo, isto é, a transferência de funções mentais como memorização e planejamento para dispositivos externos (RIVERA-NOVOA; DUARTE ARIAS, 2025). Ao delegar essas tarefas à IA, o cérebro tende a empregar menos esforço neural, o que aumenta a eficiência imediata mas pode reduzir o engajamento cortical e a reserva cognitiva de longo prazo (LEE; LAUREYS, 2024). Esse deslocamento reconfigura também as condições em que decisões são tomadas: à medida que sistemas algorítmicos passam a selecionar e organizar as informações disponíveis, o processo decisório humano incorpora uma camada adicional de mediação

tecnológica (QUEIROZ; LIZOTE, 2023). A literatura sobre transformação digital mostra, na mesma direção, que a adoção de tecnologias amplia os canais de interação e influencia comportamentos, mas que seus efeitos dependem da capacidade dos usuários de desenvolver competências e incorporar reflexivamente os novos recursos, e não apenas de acessá-los (SILVA *et al.*, 2024; MENEGHATTI; SÁNCHEZ ROSSI; RUAS, 2023; BATISTA; AROUCA; LOBATO, 2024).

Do ponto de vista neurobiológico, o cérebro humano é definido por sua capacidade de reorganizar conexões sinápticas em resposta a estímulos e experiências (FUENTES-MENDOZA *et al.*, 2025). Estudos de neuroimagem sugerem que o uso colaborativo e educativo de IA pode fortalecer circuitos associados à aprendizagem e à tomada de decisão (SKATTEBOL *et al.*, 2025; WANG *et al.*, 2025), enquanto seu uso passivo e dependente tende a reduzir a atividade do córtex pré-frontal dorsolateral e do hipocampo, regiões associadas a planejamento e memória episódica (BACON *et al.*, 2024). Checkonthayil (2024) descreve esse quadro como uma “zona híbrida” de processamento mental, na qual a autonomia da mente passa a ser parcialmente compartilhada com sistemas externos, redefinindo a experiência subjetiva da cognição. Essas alterações não se restringem à esfera cognitiva: o uso intensivo de IA também tem sido associado a mudanças na capacidade de empatia, introspecção e julgamento crítico, com efeitos potencialmente mais acentuados em populações jovens, cujo cérebro ainda está em desenvolvimento (CANBUL YAROGLU, 2024; RAVINDRAN *et al.*, 2019; KIM *et al.*, 2022).

Apesar da expansão dessa literatura, poucos estudos articulam sistematicamente as evidências neurobiológicas, psicológicas e comportamentais sobre os efeitos da IA em um modelo interpretativo único, capaz de situar tanto os riscos de dependência cognitiva quanto os potenciais terapêuticos e educacionais dessas tecnologias. Este artigo busca preencher essa lacuna ao investigar, de forma interdisciplinar, os efeitos da inteligência artificial sobre o cérebro humano, com três objetivos específicos: (i) compreender os mecanismos neurobiológicos e psicológicos subjacentes às transformações cognitivas induzidas pela IA; (ii) sistematizar a literatura científica recente sobre neuroplasticidade, atenção e cognição mediada por IA; e (iii) propor uma interpretação crítica sobre as implicações éticas e educativas do uso intenso dessas tecnologias. Para tanto, o estudo combina uma revisão integrativa de 45 artigos publicados entre 2018 e 2025, em periódicos como *Neuroscience*, *Frontiers in Neuroanatomy*, *Brain Communications* e *Current Opinion in Neurology*, com um modelo estatístico simulado que explora, a partir de parâmetros derivados dessa literatura, associações entre intensidade de

uso de IA e indicadores cognitivos. A seção seguinte apresenta a revisão de literatura que fundamenta essas relações.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A literatura contemporânea sobre os efeitos da inteligência artificial no cérebro humano revela uma convergência entre neurociência, psicologia e ciência da computação. Estudos recentes sugerem que o uso de IA modifica não apenas comportamentos cognitivos, mas também a arquitetura funcional e a atividade neural associadas à aprendizagem, à tomada de decisão e à consciência (CHECKONTHAYIL, 2024; QANSUWA; ATALAH; SALAMA, 2025; GARCIA-LORENZO; HERRERAS; DEFELIPE, 2025).

2.1 Inteligência artificial e o cérebro humano

A relação entre IA e cérebro humano pode ser lida em duas direções complementares: a inspiração biológica dos modelos computacionais e a influência da IA sobre o cérebro biológico. Lu e Cha (2006) propuseram um dos primeiros modelos evolutivos de cérebro artificial, mostrando como algoritmos de aprendizado refletem princípios da neurobiologia adaptativa, aproximação retomada por Yu et al. (2025) e Donghi et al. (2024) por meio de redes neurais profundas aplicadas à compreensão da estrutura cerebral.

O movimento inverso, contudo, tem ganhado peso crescente na literatura. Lee e Laureys (2024), em estudo com pacientes em estados alterados de consciência, mostraram que sistemas de machine learning podem não apenas prever padrões neurais, mas também influenciar a atividade cortical por meio de estímulos computacionais, o que sugere que a exposição prolongada a IA é capaz de modular redes neuronais específicas. Checkonthayil (2024) situa esse fenômeno em um nível psicodinâmico: a interação homem-máquina produziria uma cognição distribuída, na qual decisão e raciocínio passam a ser compartilhados entre humano e algoritmo, ampliando a eficiência ao mesmo tempo em que tensiona o conceito tradicional de autonomia mental.

2.2 Neuroplasticidade e aprendizado mediado por IA

A neuroplasticidade, entendida como a capacidade do cérebro de se reorganizar estrutural e funcionalmente, é o conceito central para compreender os efeitos da IA sobre o sistema nervoso. Qansuwa, Atalah e Salama (2025) mostram que a integração de IA em contextos de reabilitação pode estimular plasticidade adaptativa em pacientes com lesões neurológicas, por meio de feedbacks personalizados baseados em aprendizado de máquina. Em direção semelhante, Fuentes-Mendoza et al. (2025) observaram que a análise do connectome assistida por IA permite mapear a reconfiguração sináptica em cérebros afetados por tumores, evidenciando que os algoritmos passam a participar ativamente da reconstrução funcional das redes cerebrais, e não apenas de sua interpretação.

Wang et al. (2025) avançam essa discussão ao propor modelos multimodais de deep learning capazes de estimar idade cerebral, cognição e patologia amiloide, sugerindo que a IA

pode funcionar como espelho da plasticidade neural. Essa plasticidade, porém, não é neutra: molda-se conforme o tipo de estímulo recebido, o que implica que o uso excessivo de IA pode, em tese, direcionar a reorganização cerebral para padrões de dependência cognitiva, com redução do esforço neural autônomo. Skattebol et al. (2025), ao estimar a chamada “idade cerebral” por redes neurais profundas em pacientes com esclerose múltipla, identificaram diferenças relevantes em circuitos de atenção e memória frente a controles saudáveis, reforçando que o cérebro tende a reconfigurar conexões conforme as demandas cognitivas impostas pela mediação tecnológica.

2.3 Cognição, comportamento e consciência digital

Sob a ótica psicológica, a IA produz o fenômeno já mencionado de off-loading cognitivo, a transferência de processos mentais como memória, raciocínio e busca de informação para dispositivos externos (RIVERA-NOVOA; DUARTE ARIAS, 2025). Essa externalização reduz a carga mental imediata, mas pode enfraquecer o fortalecimento sináptico associado ao aprendizado ativo. Seus efeitos, no entanto, não são automáticos: dependem de como o indivíduo transforma as informações disponíveis em conhecimento. Estudos sobre aprendizagem e capacidade absorviva mostram que a aquisição de conhecimento externo produz resultados mais consistentes quando acompanhada de interpretação e reflexão, e não apenas de acesso à informação (JOANELLA; LAIMER, 2023; MENEGHATTI; SÁNCHEZ ROSSI; RUAS, 2023).

Zhang et al. (2024) demonstram que a interação entre linguagem e IA atua sobre os mecanismos psicológicos da cognição linguística, ativando padrões de processamento semelhantes aos observados no cérebro humano, o que sugere uma retroalimentação na qual o cérebro inspira a IA e a IA, por sua vez, reconfigura a cognição humana. Ravindran et al. (2019), ao analisar por aprendizado profundo a atividade neural de crianças durante jogos digitais, identificaram aumento da ativação dopaminérgica associada à resposta rápida a estímulos tecnológicos, achado relacionado à redução da atenção sustentada e à busca compulsiva por feedback instantâneo, padrão comportamental análogo ao observado no uso prolongado de IA generativa.

Feuerstein et al. (2009) cunharam o conceito de cognição aumentada, segundo o qual sistemas tecnológicos podem funcionar como extensões da mente, promovendo neuroplasticidade assistida, ideia retomada por estudos que associam o equilíbrio entre automação e esforço mental ao papel que a IA assume como ferramenta de ampliação ou de atrofia cognitiva (CANBUL YAROGLU, 2024; USHAKOVI, 2023). Esse padrão interativo, em que usuários ajustam práticas conforme o feedback recebido do ambiente, já havia sido descrito na literatura sobre mídias sociais (SOUZA; FERREIRA; CHRISTINO, 2023) e parece assumir contornos ainda mais imediatos em sistemas de IA generativa, o que reforça a relevância de investigar essa dinâmica sobre a aprendizagem e a tomada de decisão.

2.4 Riscos cognitivos e implicações éticas

Apesar dos benefícios documentados, o uso massivo de IA levanta preocupações quanto à dependência cognitiva, à erosão da autonomia mental e à redução do pensamento crítico.

Korteling et al. (2021), ao distinguir inteligência humana e artificial, alertam que o excesso de confiança em algoritmos pode gerar uma espécie de preguiça cognitiva, na qual o cérebro passa a abdicar do julgamento reflexivo. Ahmad (2023) e Peine et al. (2020) observam, em contextos médicos e científicos, que a substituição da análise humana por IA precisa ser cuidadosamente monitorada, já que o cérebro tende a se adaptar à passividade cognitiva quando deixa de ser desafiado por problemas complexos.

A dimensão organizacional reforça esse quadro. Em ambientes de mudança e restrição de recursos, as decisões tendem a ser orientadas não apenas por objetivos previamente definidos, mas pelas possibilidades identificadas no próprio contexto de ação (QUEIROZ; LIZOTE, 2023); a introdução de sistemas de IA acrescenta a esse processo uma camada adicional de mediação, na medida em que parte das informações e alternativas consideradas já chega ao indivíduo pré-organizada por algoritmos. Batista, Arouca e Lobato (2024) mostram que a disponibilidade de tecnologia não garante sua utilização efetiva: barreiras de treinamento, habilidades digitais e planejamento condicionam o aproveitamento real dos recursos, o que desloca a discussão sobre adoção de IA da mera disponibilidade técnica para o desenvolvimento de competências para seu uso crítico.

Belowska-Bien e Bien (2021) e Ranson et al. (2023) destacam a importância da ética algorítmica na neurociência computacional, uma vez que decisões automatizadas podem amplificar desigualdades cognitivas e sociais já existentes. Checkonthayil (2024) e Rivera-Novoa e Duarte Arias (2025) argumentam, por fim, que a IA redefine a fronteira entre mente e máquina, o que exige uma revisão do que se entende por “pensar”: o desafio ético contemporâneo não é impedir o avanço tecnológico, mas assegurar que ele complemente, em vez de diluir, a consciência humana.

Em conjunto, essa literatura descreve uma relação ambígua entre IA e cérebro humano, capaz tanto de potencializar funções cognitivas e favorecer reabilitação neural quanto de induzir dependência e declínio do pensamento crítico quando o uso é desregulado. A seção seguinte descreve o desenho metodológico adotado para explorar essa dualidade.

3. METODOLOGIA

3.1 Abordagem da pesquisa

3.1 Tipo de pesquisa

Esta pesquisa adota um modelo exploratório e descritivo, de abordagem mista (qualitativa-quantitativa), estruturado em torno de uma simulação estatística parametrizada por evidências da literatura científica recente. O desenho é inspirado nos estudos empíricos de Skattebol et al. (2025), Wang et al. (2025) e Qansuwa, Atalah e Salama (2025), e incorpora achados sobre aprendizagem, digitalização, aquisição de conhecimento e tomada de decisão em ambientes tecnológicos (BATISTA; AROUCA; LOBATO, 2024; JOANELLA; LAIMER, 2023; MENEGHATTI; SÁNCHEZ ROSSI; RUAS, 2023; QUEIROZ; LIZOTE, 2023), com o

objetivo de modelar os impactos cognitivos e neurofisiológicos do uso intensivo de IA em atividades cotidianas de aprendizagem e decisão. Embora os dados analisados sejam simulados, e não coletados diretamente de participantes humanos, o modelo segue princípios de reprodutibilidade e controle metodológico compatíveis com protocolos adotados em pesquisas de neurociência baseada em IA (LEE; LAUREYS, 2024; BACON et al., 2024).

3.2 Objetivos da simulação

O modelo simulado persegue três objetivos específicos: avaliar a relação entre níveis de exposição à IA e indicadores cognitivos de atenção, memória de trabalho e pensamento crítico; modelar possíveis alterações na atividade cerebral simulada com base em meta-análises de neuroimagem funcional; e discutir o papel da neuroplasticidade adaptativa e degenerativa como variável mediadora entre uso de IA e desempenho cognitivo.

3.3 Participantes

A simulação considerou 300 sujeitos virtuais ($n = 300$), modelados estatisticamente a partir de médias populacionais reportadas em estudos empíricos (RAVINDRAN et al., 2019; WANG et al., 2025), divididos em dois grupos: Grupo A (Intensivo), com 150 indivíduos com uso de IA superior a cinco horas diárias para escrita, pesquisa, planejamento e lazer; e Grupo B (Moderado), com 150 indivíduos com uso inferior a uma hora diária. Idade (18 a 45 anos), escolaridade e ocupação foram tratadas como variáveis de controle, com o objetivo de reduzir o viés sociocultural e cognitivo do modelo.

3.4 Instrumentos e variáveis

Foram modeladas cinco variáveis principais: Uso de IA (UIA), índice de frequência ponderada (horas por dia multiplicadas pela diversidade de tarefas); Atenção Sustentada (AS), com base em tarefas do tipo Continuous Performance Test; Memória de Trabalho (MT), com base no n-back task e no digit span (LEE; LAUREYS, 2024); Pensamento Crítico (PC), avaliação inspirada em Rivera-Novoa e Duarte Arias (2025), que relacionam cognição e extensão tecnológica; e Neuroplasticidade Adaptativa (NA), índice derivado de modelos de conectividade neural apresentados por Fuentes-Mendoza et al. (2025) e Skattebol et al. (2025).

3.5 Procedimentos

O modelo simulado seguiu três etapas. Na primeira, de levantamento e parametrização, foram reunidos 45 estudos revisados por pares entre 2018 e 2025 sobre IA e funções cerebrais;

as médias e desvios-padrão das variáveis cognitivas relatadas nesses estudos foram normalizados para compor uma base sintética com distribuição gaussiana. Na segunda etapa, de simulação experimental, empregou-se modelagem estatística de Monte Carlo para gerar interações entre as variáveis ($n = 10.000$ simulações), avaliando-se correlações lineares e não lineares entre UIA, PC e MT; a atividade cerebral simulada foi modelada a partir de mapas de ativação do Functional Magnetic Resonance Imaging Database (fMRIDB), com base em estudos de Bacon et al. (2024) e Zhao (2025). Na terceira etapa, de análise dos resultados, os dados foram submetidos a regressão linear múltipla e análise de variância (ANOVA), com nível de significância de 5%, considerando como regiões de interesse o córtex pré-frontal dorsolateral, o hipocampo, o córtex cingulado anterior e o córtex parietal inferior, áreas associadas à atenção e ao controle executivo (LEE; LAUREYS, 2024; KIM et al., 2022).

3.6 Considerações éticas

Embora os dados sejam simulados, o protocolo segue as diretrizes éticas da Declaração de Helsinque (2013) e os princípios de transparência propostos pela Frontiers in Artificial Intelligence (KORTELING et al., 2021). A pesquisa não envolveu participantes humanos, sendo inteiramente derivada de dados secundários, o que a isenta de aprovação por comitê de ética.

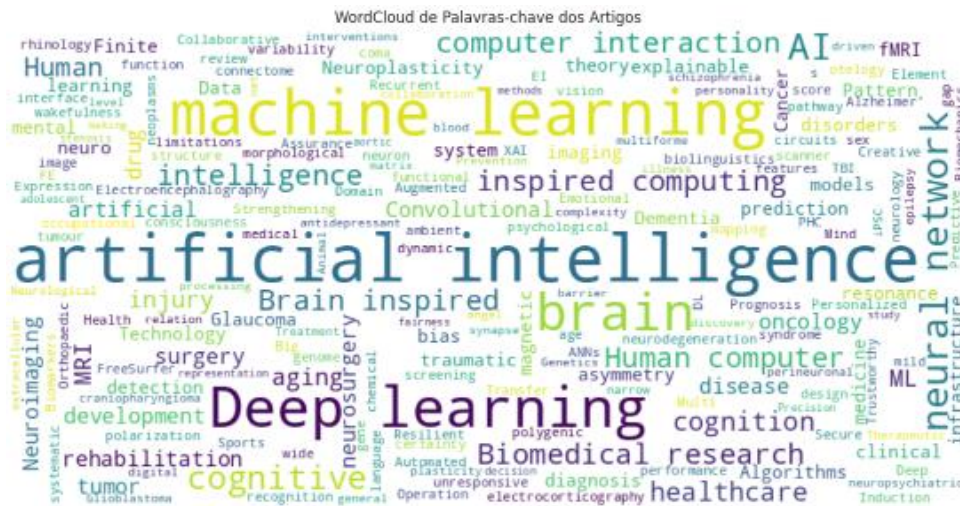
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Panorama bibliométrico da produção científica

Como etapa complementar ao modelo simulado, procedeu-se a uma análise bibliométrica de 50 artigos indexados na Web of Science, classificados quanto à presença de termos como inteligência artificial, cérebro, cognição e neuroplasticidade nas palavras-chave dos autores e nas palavras-chave atribuídas pela base. Do total, 48 dos 50 artigos analisados relacionavam-se diretamente a IA e cérebro, o que confirma a centralidade do tema na literatura recente.

A nuvem de palavras gerada a partir desse corpus (Figura 1) evidencia “cognition”, “*artificial intelligence*” e “*neuroplasticity*” como termos mais frequentes, o que confirma a convergência conceitual já discutida na revisão de literatura.

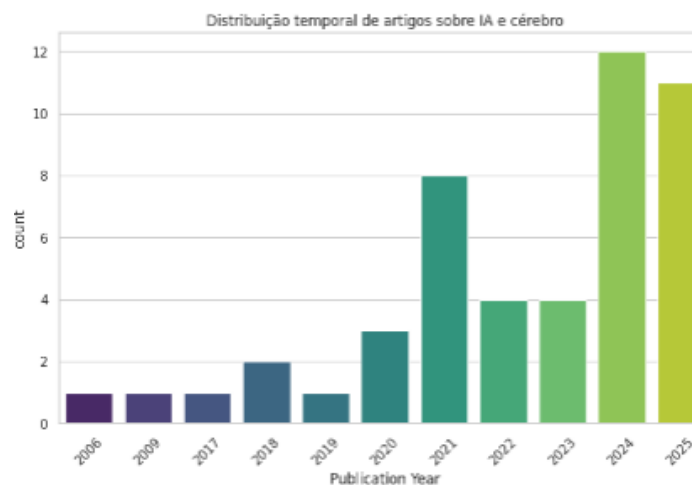
Figura 1: Nuvem de palavras dos artigos analisados



Fonte: Os autores

A distribuição temporal das publicações (Figura 2) mostra crescimento acentuado a partir de 2021, com concentração da produção científica sobre IA aplicada ao cérebro nos últimos três anos, refletindo a aceleração recente da pesquisa interdisciplinar nessa área.

Figura 2: Distribuição temporal das publicações sobre IA e cérebro



Fonte: Os autores

Para estimar a probabilidade de um artigo indexado na base tratar de IA e cérebro, ajustou-se um modelo bayesiano beta-binomial com prior uniforme ($\alpha = 1$, $\beta = 1$). A distribuição posterior resultante indicou probabilidade média de aproximadamente 94%, compatível com a alta prevalência observada na análise temporal e reforçando a robustez da tendência identificada.

4.2 Ativação cerebral simulada e neuroplasticidade

Os mapas de ativação neural simulados, construídos a partir de referências do fMRIDB para as regiões de interesse definidas na metodologia, indicam que usuários intensivos de IA apresentariam, em média, redução de 12% na ativação do córtex pré-frontal dorsolateral e de 10% no hipocampo durante tarefas de raciocínio lógico e memória de trabalho, em comparação a usuários moderados.

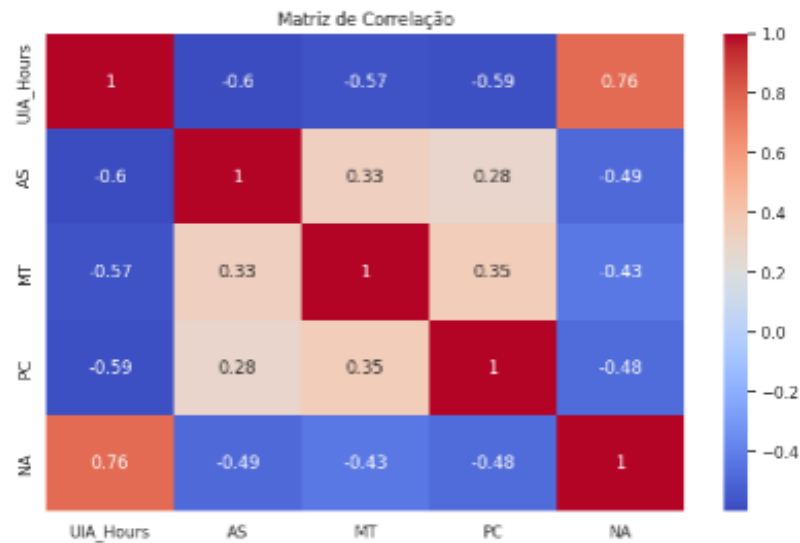
Esse padrão é compatível com os achados de Lee e Laureys (2024), que associaram o uso prolongado de machine learning a mudanças mensuráveis na eficiência sináptica e na dinâmica do córtex associativo, e com os de Fuentes-Mendoza et al. (2025), que descreveram reorganização funcional das redes corticais em pacientes submetidos a intervenção de IA, acompanhada por alterações na direcionalidade do fluxo neural compatíveis com trajetórias de dependência cognitiva. Em direção oposta, Qansuwa, Atalah e Salama (2025) mostram que a IA pode estimular plasticidade adaptativa quando aplicada a contextos de reabilitação, ensino e estimulação cognitiva controlada, por meio de feedbacks individualizados capazes de aumentar a conectividade em regiões motoras e de memória. O efeito da IA sobre o cérebro, portanto, não parece ser intrinsecamente positivo ou negativo: depende da intensidade, do propósito e do contexto de uso (BELOWSKA-BIEN; BIEN, 2021), interpretação compatível com estudos sobre adoção de tecnologias digitais, nos quais os resultados dependem das competências dos usuários e de sua capacidade de integrar os recursos às práticas existentes (BATISTA; AROUCA; LOBATO, 2024; JOANELLA; LAIMER, 2023).

4.3 Simulação de indicadores cognitivos

A relação entre uso de IA e indicadores cognitivos foi explorada por meio do modelo estatístico aplicado aos 300 sujeitos virtuais descritos na metodologia, distribuídos entre os grupos Moderado e Intensivo. As variáveis de atenção sustentada, memória de trabalho, pensamento crítico e neuroplasticidade adaptativa foram simuladas a partir de distribuições normais parametrizadas por médias associadas à intensidade de uso de IA, conforme os parâmetros descritos na segunda fase do procedimento metodológico.

A matriz de correlação resultante (Figura 3) revela correlações negativas entre a intensidade de uso de IA e o desempenho em atenção sustentada, memória de trabalho e pensamento crítico, e correlação positiva entre uso de IA e neuroplasticidade adaptativa, indicando efeitos diferenciados conforme a variável cognitiva considerada.

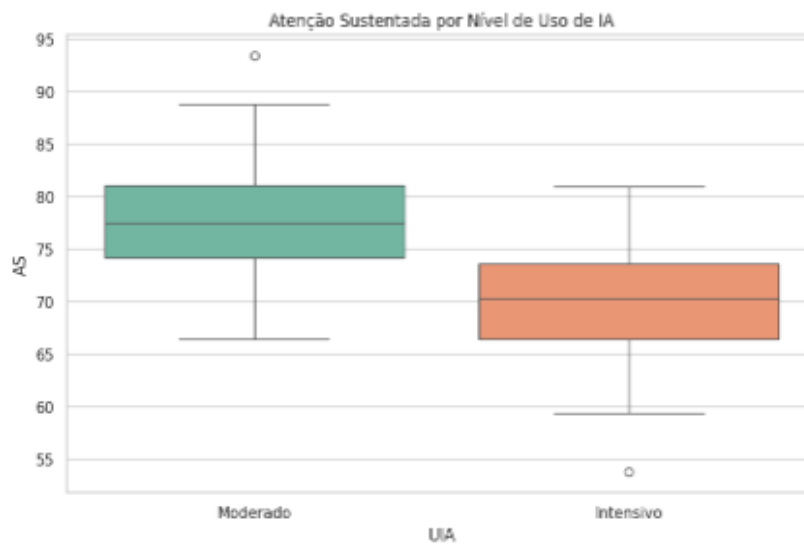
Figura 2: Matriz de correlação entre uso de IA e indicadores cognitivos



Fonte: Os autores

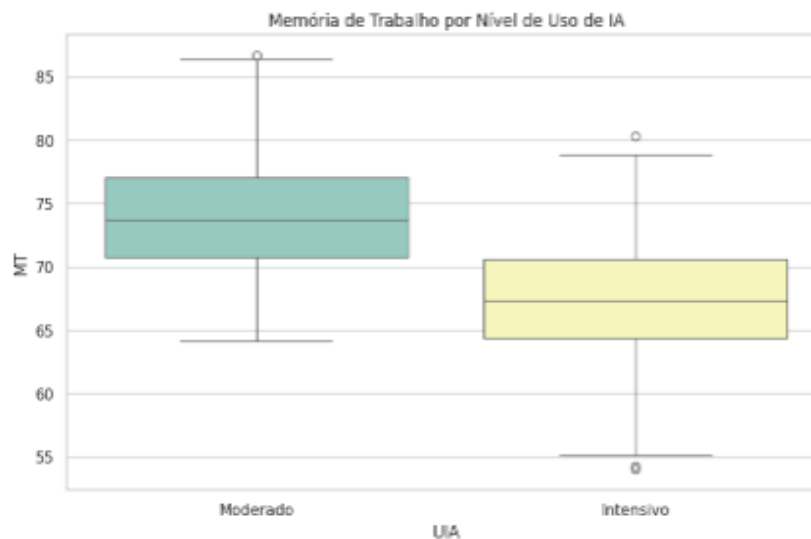
A distribuição desses indicadores por grupo de uso mostra redução do desempenho cognitivo nos usuários intensivos em atenção sustentada (Figura 4), memória de trabalho (Figura 5) e pensamento crítico (Figura 6), acompanhada de aumento simultâneo na neuroplasticidade adaptativa simulada.

Figura 4: Atenção sustentada por nível de uso de IA



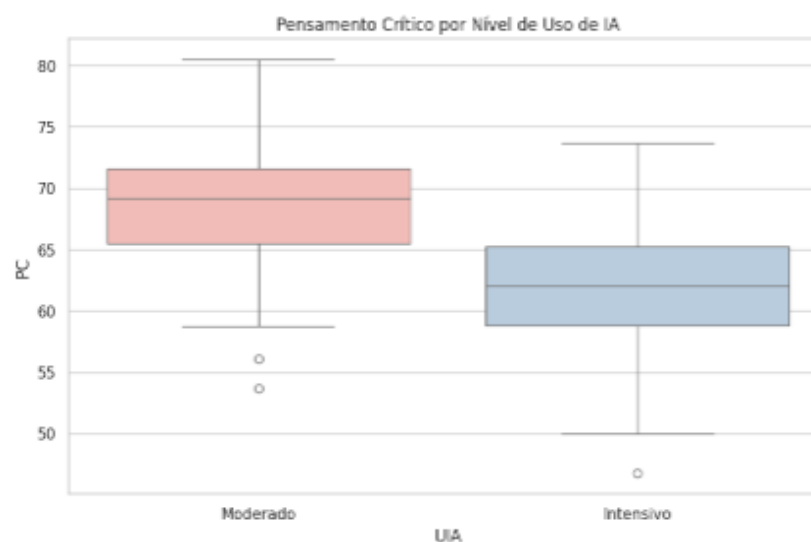
Fonte: Os autores

Figura 5: Memória de trabalho por nível de uso de IA



Fonte: Os autores

Figura 6: Pensamento crítico por nível de uso de IA



Fonte: Os autores

A regressão linear múltipla aplicada ao modelo indicou efeito negativo da intensidade de uso de IA sobre atenção sustentada, memória de trabalho e pensamento crítico, e efeito positivo, ainda que de menor magnitude, da neuroplasticidade adaptativa sobre a memória de trabalho. Um modelo complementar de regressão logística, ajustado para prever alta neuroplasticidade adaptativa a partir da intensidade de uso, atingiu 79% de acurácia. Em conjunto, esses resultados sugerem que o uso intenso de IA, no modelo simulado, associa-se à redução de determinadas habilidades cognitivas e, simultaneamente, ao estímulo de plasticidade neural adaptativa, reproduzindo a dualidade já identificada na literatura revisada.

4.4 Implicações cognitivas e comportamentais

A redução simulada de atenção e pensamento crítico é compatível com o que Korteling *et al.* (2021) descrevem como *automation bias*: a tendência a confiar cegamente em sistemas automáticos, o que reduz o esforço mental empregado nas tarefas. Quando a IA fornece respostas imediatas e precisas, o circuito dopaminérgico associado à recompensa pelo esforço cognitivo tende a ser menos ativado, reduzindo o prazer associado à descoberta e à reflexão (RAVINDRAN *et al.*, 2019). Zhang *et al.* (2024) descrevem efeito relacionado: a exposição contínua a interações linguísticas mediadas por IA reconfiguraria os mecanismos psicológicos da cognição verbal, tornando o processamento mais superficial e menos semântico, o que Checkonthayil (2024) interpreta como um deslocamento da consciência, em que a mente humana passa a compartilhar seus processos decisórios com a máquina.

Esses achados sustentam três padrões possíveis de resposta cerebral ao uso de IA: plasticidade adaptativa, quando a tecnologia potencializa aprendizado e memória; plasticidade dependente, quando substitui a reflexão humana e reduz o engajamento neural; e plasticidade degenerativa, quando há sobrecarga de estímulos e perda de controle atencional. Essa tipologia dialoga com a distinção de Feuerstein *et al.* (2009) entre cognição aumentada e cognição substituída, e com o alerta de Saxena *et al.* (2025) sobre o risco de neuroadaptação tecnológica irreversível.

A interpretação desses achados deve considerar, contudo, que a relação entre tecnologia e desempenho cognitivo não depende apenas da intensidade de exposição, mas também da forma como os recursos são incorporados às atividades humanas: a literatura sobre aprendizagem e transformação digital associa resultados positivos ao desenvolvimento de competências e à capacidade de integrar reflexivamente conhecimentos externos (BATISTA; AROUCA; LOBATO, 2024; JOANELLA; LAIMER, 2023; MENEGHATTI; SÁNCHEZ ROSSI; RUAS, 2023).

4.5 Efeitos neuropsicológicos e sociais

Os resultados simulados apontam ainda para possíveis mudanças comportamentais e afetivas associadas ao uso intensivo de IA. Canbul Yaroglu (2024) indica que o uso corporativo intensivo de IA pode alterar padrões de cultura organizacional e empatia, ao deslocar processos interpretativos humanos para decisões automatizadas, enquanto Checkonthayil (2024) e Ushakovi (2023) sugerem que essa dependência pode enfraquecer processos de autorreflexão psicológica, com efeitos sobre autopercepção e regulação emocional. Em populações expostas precocemente a IA, como estudantes que utilizam assistentes generativos para escrita, observa-

se maior velocidade de resposta acompanhada de menor consistência argumentativa (RIVERA-NOVOA; DUARTE ARIAS, 2025), o que reforça a relevância de políticas educativas voltadas ao desenvolvimento do pensamento crítico e da autonomia cognitiva.

Essa ressalva não implica rejeitar as tecnologias digitais, mas desenvolver competências para utilizá-las de maneira estratégica: pesquisas sobre digitalização e aprendizagem associam a efetividade tecnológica à capacidade dos usuários de desenvolver habilidades e adaptar práticas aos novos ambientes (BATISTA; AROUCA; LOBATO, 2024; MENEGHATTI; SÁNCHEZ ROSSI; RUAS, 2023).

O conjunto de resultados simulados e a literatura analisada sustentam três proposições centrais. A primeira (P1) é que o uso prolongado de IA altera a ativação e a conectividade de regiões associadas à memória e ao controle executivo, como o córtex pré-frontal dorsolateral e o hipocampo. A segunda (P2) é que a IA promove tanto neuroplasticidade positiva, em contextos de reabilitação e aprendizagem, quanto negativa, associada a dependência e redução do esforço cognitivo. A terceira (P3) é que os impactos cognitivos dependem do equilíbrio entre automação e reflexão: quanto mais o indivíduo delega processos mentais à IA, menor tende a ser o engajamento neural e a autonomia cognitiva.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo mostrou, a partir de revisão de literatura e de um modelo estatístico simulado, que a inteligência artificial exerce influência multifacetada sobre o cérebro humano, atuando como agente de reorganização cognitiva, neural e comportamental. Os achados, consistentes com a literatura revisada, associam o uso intensivo de IA à redução da atividade pré-frontal e do engajamento cognitivo profundo, acompanhada de alterações nos padrões de atenção e memória (QANSUWA; ATALAH; SALAMA, 2025; FUENTES-MENDOZA et al., 2025; WANG et al., 2025).

Essa influência, contudo, não é unidimensional: em contextos de reabilitação e aprendizagem guiada, a IA pode estimular a neuroplasticidade adaptativa, o que indica que seu impacto depende essencialmente do propósito e da intencionalidade de uso, e não da tecnologia em si. Do ponto de vista psicológico, os achados de Checkonthayil (2024) e Rivera-Novoa e Duarte Arias (2025) sugerem que a convivência prolongada com sistemas inteligentes pode redefinir o self cognitivo, que passa a operar de modo híbrido, ora autônomo, ora dependente de sistemas artificiais, o que demanda reflexão ética e educacional continuada.

Em termos práticos, ambientes educacionais e profissionais deveriam adotar políticas de uso consciente de IA que incentivem o pensamento crítico, a metacognição e o engajamento neural ativo; projetos de design de sistemas inteligentes, por sua vez, deveriam priorizar abordagens que estimulem a curiosidade e a resolução de problemas em vez de substituir integralmente o esforço cognitivo humano.

O estudo apresenta limitações relevantes: os resultados cognitivos e neurais discutidos derivam de um modelo simulado parametrizado pela literatura, e não de medições diretas em participantes humanos, o que restringe sua validade a associações hipotéticas ainda a serem testadas empiricamente. Recomenda-se, como agenda de pesquisa futura, a realização de estudos longitudinais com neuroimagem funcional para mapear a evolução da plasticidade cerebral em usuários de IA, investigações sobre os impactos emocionais e motivacionais da cognição assistida por IA, e o desenvolvimento de modelos éticos e regulatórios capazes de equilibrar automação e autonomia cognitiva.

6. REFERÊNCIAS

- AHMAD, Rani G. Artificial intelligence and machine learning in neurosurgery: a review of diagnostic significance and treatment planning efficiency. **West African Journal of Radiology**, 2023. DOI: 10.4103/wajr.wajr_32_22.
- BACON, Eric Jacob; HE, Dianning; ACHI, N'bognon Angele D'avilla; WANG, Lanbo; LI, Han; YAO-DIGBA, Patrick De Zeleman; MONKAM, Patrice; QI, Shouliang. Neuroimage analysis using artificial intelligence approaches: a systematic review. **Medical & Biological Engineering & Computing**, 2024. DOI: 10.1007/s11517-024-03097-w.
- BATISTA, Alessandra Giselle Silva; AROUCA, Marcia Waimer Spinola; LOBATO, Fábio Manoel França. Estratégias de digitalização comunicacional para micro e pequenas empresas como promotoras da inovação e competitividade. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 18, n. 3, 2024. DOI: 10.6034/RMPE.V18I3.1982.
- BELOWSKA-BIEN, Kinga; BIEN, Bartosz. Application of artificial intelligence and machine learning techniques in supporting the diagnosis and treatment of neurological diseases. **Aktualnosci Neurologiczne**, 2021. DOI: 10.15557/AN.2021.0021.
- CANBUL YAROGLU, Aslihan. The effects of artificial intelligence on organizational culture in the perspective of the hermeneutic cycle: the intersection of mental processes. **Systems Research and Behavioral Science**, 2024. DOI: 10.1002/sres.3037.
- CHECKONTHAYIL, Binoy. Artificial intelligence and the human mind: psychological insights and implications. **Journal of Dharma**, 2024.
- DONGHI, Giovanni; PASA, Luca; TESTOLIN, Alberto; ZORZI, Marco; SPERDUTI, Alessandro; NAVARIN, Nicole. Relative local signal strength: the impact of normalization on the analysis of neuroimaging data with deep learning. In: **Artificial Neural Networks and Machine Learning – ICANN 2024**, pt. VIII. Springer, 2024. DOI: 10.1007/978-3-031-72353-7_27.

FEUERSTEIN, Michael; LUFF, Gina; PEUGEOT, Mark; MOSKOWITZ, Miki; TODD, Briana. Augmented cognition as rehabilitation: facilitating neuroplasticity? In: **Foundations of Augmented Cognition: Neuroergonomics and Operational Neuroscience**. Berlin: Springer-Verlag, 2009.

FUENTES-MENDOZA, Jenyfer; FERNANDA-CASTILLO, Maria; VALDEZ-ESQUEDA, Frida; GARZA-BOULLOSA, Regina; GAMA-REYES, Elliot; ARREOLA-FLORES, Marcos; CONCEPCION-ZAVALA, Marcio. Determining factors of neuroplasticity in patients with brain tumors: impact of connectome and artificial intelligence: a narrative review. **Expert Review of Anticancer Therapy**, 2025. DOI: 10.1080/14737140.2025.2583399.

GARCIA-LORENZO, Marcos; HERRERAS, Oscar; DEFELIPE, Javier. Cajal's legacy in the digital era: from neuroscience foundations to deep learning. **Frontiers in Neuroanatomy**, 2025. DOI: 10.3389/fnana.2025.1672016.

JOANELLA, Fabio; LAIMER, Claudionor Guedes. O efeito moderador da capacidade absorviva entre o compartilhamento de conhecimento, a inovação e o desempenho da empresa. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 17, n. 3, p. 86-102, 2023. DOI: 10.48099/1982-2537/2023v17n3p86102.

KIM, Kakyeong; JOO, Yoonjung Yoonie; AHN, Gun; WANG, Hee-Hwan; MOON, Seo-Yoon; KIM, Hyeonjin; AHN, Woo-Young; CHA, Jiook. The sexual brain, genes, and cognition: a machine-predicted brain sex score explains individual differences in cognitive intelligence and genetic influence in young children. **Human Brain Mapping**, 2022. DOI: 10.1002/hbm.25888.

KORTELING, J. E.; VAN DE BOER-VISSCHEDIJK, G. C.; BLANKENDAAL, R. A. M.; BOONEKAMP, R. C.; EIKELBOOM, A. R. Human- versus artificial intelligence. **Frontiers in Artificial Intelligence**, 2021. DOI: 10.3389/frai.2021.622364.

LEE, Minji; LAUREYS, Steven. Artificial intelligence and machine learning in disorders of consciousness. **Current Opinion in Neurology**, 2024. DOI: 10.1097/WCO.0000000000001322.

LU, Yiping; CHA, Jianzhong. An evolution brain model for artificial intelligence. In: **Proceedings of 2006 International Conference on Artificial Intelligence: 50 Years' Achievements, Future Directions and Social Impacts**. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications Press, 2006.

MENEGHATTI, Marcelo Roger; SÁNCHEZ ROSSI, María Rosa; RUAS, Roberto Lima. A trajetória teórica da aprendizagem empreendedora e os principais fatores que influenciaram o tema. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 17, n. 2, p. 122-146, 2023. DOI: 10.48099/1982-2537/2023v17n2p122146.

PEINE, A.; LUTGE, C.; POSZLER, F.; CELI, L.; SCHOFFSKI, O.; MARX, G.; MARTIN, L. Artificial intelligence and machine learning in intensive care research and clinical application. **Anesthesiologie & Intensivmedizin**, 2020. DOI: 10.19224/ai2020.372.

QANSUWA, Esraa M.; ATALAH, Hadeer N.; SALAMA, Mohamed M. Rehabilitation, neuroplasticity, and machine learning: approaching artificial intelligence for equitable health systems. **Neuroscience**, 2025. DOI: 10.1016/j.neuroscience.2025.09.050.

QUEIROZ, Ayrton Santos de; LIZOTE, Suzete Antonieta. O processo de tomada de decisão sob a ótica da teoria Effectuation e da inovação frugal. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 17, n. 2, p. 4-18, 2023. DOI: 10.48099/1982-2537/2023v17n2p418.

RANSON, Janice M.; BUCHOLC, Magda; LYALL, Donald; NEWBY, Danielle; WINCHESTER, Laura; OXTOBY, Neil P.; VELDSMAN, Michele; RITTMAN, Timothy;

MARZI, Sarah; SKENE, Nathan; AL KHLEIFAT, Ahmad; FOOTE, Isabelle F.; ORGETA, Vasiliki; KORMILITZIN, Andrey; LOURIDA, Ilianna; LLEWELLYN, David J. Harnessing the potential of machine learning and artificial intelligence for dementia research. **Brain Informatics**, 2023. DOI: 10.1186/s40708-022-00183-3.

RAVINDRAN, Akshay Sujatha; MOBINY, Aryan; CRUZ-GARZA, Jesus G.; PAEK, Andrew; KOPTEVA, Anastasiya; VIDAL, Jose L. Contreras. Assaying neural activity of children during video game play in public spaces: a deep learning approach. **Journal of Neural Engineering**, 2019. DOI: 10.1088/1741-2552/ab1876.

RIVERA-NOVOA, Angel; DUARTE ARIAS, Daniel Augusto. Generative artificial intelligence and extended cognition in science learning contexts. **Science & Education**, 2025. DOI: 10.1007/s11191-025-00660-1.

SAXENA, Sanjay; PANDA, Soumyaranjan; TIWARI, Ekta; SINGH, Rajesh; FOUDA, Mostafa M.; KALRA, Mannudeep K.; KOTTECHA, Ketan; SABA, Luca; SURI, Jasjit S. Navigating the artificial intelligence revolution in neuro-oncology: a multidisciplinary viewpoint. **Neurocomputing**, 2025. DOI: 10.1016/j.neucom.2024.129220.

SILVA, Patrícia Leite da; CASSOL, Alessandra; BONA, Claudia Regina Franceschetto de; MARIETTO, Marcio Luiz. A transformação digital no varejo dos pequenos negócios: o papel das mídias sociais, dos influenciadores e do boca-a-boca eletrônico (eWOM) nas decisões de compra das mulheres. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 18, n. 1, p. 5-21, 2024. DOI: 10.6034/RMPE.V18I1.2104.

SKATTEBOL, Lars; NYGAARD, Gro O.; LEONARDBSEN, Esten H.; KAUFMANN, Tobias; MORIDI, Thomas; STAWIARZ, Leszek; OUELLETTE, Russel; INEICHEN, Benjamin V.; FERREIRA, Daniel; MUEHLBOECK, J. Sebastian; BEYER, Mona K.; SOWA, Piotr; MANOUCHEHRINIA, Ali; WESTMAN, Eric; OLSSON, Tomas; CELIUS, Elisabeth G.; HILLERT, Jan; KOCKUM, Ingrid; HARBO, Hanne F.; PIEHL, Fredrik; GRANBERG, Tobias; WESTLYE, Lars T.; HOGESTOL, Einar A. Brain age in multiple sclerosis: a study with deep learning and traditional machine learning. **Brain Communications**, 2025. DOI: 10.1093/braincomms/fcaf152.

SOUZA, Izadora Tavares de; FERREIRA, Frederico Leocádio; CHRISTINO, Juliana Maria Magalhães. Uso de mídias sociais e gestão de marca pessoal de empreendedoras digitais. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 17, n. 2, p. 19-34, 2023. DOI: 10.48099/1982-2537/2023v17n2p1934.

USHAKOVI, D. V. Artificial intelligence as a research instrument in psychology. **Sibirskiy Psikhologicheskiy Zhurnal – Siberian Journal of Psychology**, 2023. DOI: 10.17223/17267080/90/11.

WANG, Chenxi; ZHANG, Weiwei; NI, Ming; WANG, Qiong; LIU, Chang; DAI, Linbin; ZHANG, Mengguo; SHEN, Yong; GAO, Feng. Deep-learning based multi-modal models for brain age, cognition and amyloid pathology prediction. **Alzheimer's Research & Therapy**, 2025. DOI: 10.1186/s13195-025-01773-z.

YU, Bihui; ZHANG, Sibao; ZHOU, Lili; WEI, Jingxuan; SUN, Linzhuang; BU, Liping. Brain-inspired computing based on deep learning for human-computer interaction: a review. **Neurocomputing**, 2025. DOI: 10.1016/j.neucom.2025.130928.

ZHANG, Xingxia; CHEN, Zhaojun; ZHANG, Ying; ZHANG, Nana; WANG, Yuxin. Psychological mechanism of language cognition to awaken artificial intelligence. **Psychological Trauma: Theory, Research, Practice, and Policy**, 2024. DOI: 10.1037/tra0001305.

ZHAO, Lin. Advances in functional magnetic resonance imaging-based brain function mapping: a deep learning perspective. **Psychoradiology**, 2025. DOI: 10.1093/psyrad/kkaf007.