



## **SINAPSES EM AÇÃO: CIRCUITOS CEREBRAIS NA AQUISIÇÃO DE UM SEGUNDO IDIOMA**

Gabriel Antonio Mouta Gomes <sup>1</sup>, Cássio Ilan Soares Medeiros <sup>1</sup>, Yoshylara da Costa Anacleto Estrela<sup>1</sup>, Giselle Medeiros da Costa One<sup>1</sup>



<https://doi.org/10.36557/2674-8169.2025v7n12p685-714>

Artigo recebido em 30 de Outubro e publicado em 10 de Dezembro de 2025

### REVISÃO INTEGRATIVA

#### **RESUMO**

A linguagem humana evoluiu sob influência de fatores culturais e genéticos, modulada por memória e plasticidade neural. Com a globalização, expandiram-se abordagens de ensino de línguas baseadas na neuroplasticidade. Esta revisão integrativa, conduzida em seis etapas metodológicas, analisou 41 estudos selecionados entre 105 registros em bases internacionais. Verificou-se aumento nas publicações após 2012, com pico em 2019, sobretudo em periódicos de alto Qualis da Europa e dos Estados Unidos. As análises indicaram que a neuroplasticidade exerce papel central na aquisição de línguas adicionais, influenciada por idade, proficiência e exposição. Bilíngues precoces apresentam maior eficiência neural, enquanto a prática contínua mitiga limitações do aprendizado tardio. Alterações na conectividade funcional, plasticidade auditiva e controle executivo foram recorrentes. Os achados reforçam a relevância da neuroplasticidade e sugerem investigações futuras que aprofundem a diversidade linguística e desenvolvam intervenções pedagógicas inovadoras e potencialmente mais eficazes.

**Palavras-chave:** Plasticidade Neuronal; Multilinguismo; Aprendizagem.

# SYNAPSES IN ACTION: BRAIN CIRCUITS IN SECOND LANGUAGE ACQUISITION

## ABSTRACT

Human language has evolved under the influence of cultural and genetic factors, modulated by memory and neural plasticity. With globalization, language teaching approaches based on neuroplasticity have expanded. This integrative review, conducted in six methodological stages, analyzed 41 studies selected from 105 international databases. There was an increase in publications after 2012, with a peak in 2019, especially in high Qualis journals in Europe and the United States. The analyses indicated that neuroplasticity plays a central role in the acquisition of additional languages, influenced by age, proficiency and exposure. Early bilinguals show greater neural efficiency, while continuous practice mitigates later learning limitations. Alterations in functional connectivity, auditory plasticity and executive control were recurrent. The findings reinforce the relevance of neuroplasticity and suggest future research that delves deeper into linguistic diversity and develops innovative and potentially more effective pedagogical interventions.

**Keywords:** Neuronal plasticity; Multilingualism; Learning.

Instituição afiliada – CENTRO UNIVERSITÁRIO DE PATOS -UNIFIP

Autor correspondente: *Gabriel Antonio Mouta Gomes* [gabrielgomes@med.fiponline.edu.br](mailto:gabrielgomes@med.fiponline.edu.br)

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



## **INTRODUÇÃO**

A linguagem desempenha um papel essencial no desenvolvimento humano, permitindo a transmissão de conhecimento, a organização social e a interação entre indivíduos. No entanto, o processo evolutivo que levou ao surgimento das línguas modernas é complexo e envolve tanto fatores culturais quanto genéticos, sendo fundamental compreender esses aspectos antes de analisar os sistemas linguísticos atuais.

Evidências genéticas sugerem que a memória teve um papel crucial na origem dos primeiros sistemas de comunicação verbal. Comparações entre espécies ancestrais, como *Homo erectus* e *Homo sapiens*, indicam que variações neurológicas foram determinantes para o aprimoramento da cognição e, conseqüentemente, para a evolução da linguagem (Boeckx, 2023).

Além disso, a descoberta de que o *Homo neanderthalensis*, extinto há cerca de 40 mil anos, possuía capacidades linguísticas (Timmermann, 2020) desafia a visão tradicional de que a comunicação verbal complexa surgiu exclusivamente com o *Homo sapiens* (Koller *et al.*, 2022). Tendo isso em mente, é possível compreender que tais mecanismos de desenvolvimento não são restritos a tempos mais contemporâneos e que é necessário compreender melhor como mecanismos neurobiológicos podem estar ligados ao processo de aprendizado de uma língua.

O desenvolvimento das línguas não ocorreu de maneira isolada. Desde a antiguidade, a interação entre povos favoreceu o intercâmbio linguístico, cultural e tecnológico, impulsionado inicialmente por rotas comerciais, como as que datam de 3.300 a.C. (Barjamovic *et al.*, 2019). Esse processo, intensificado na era moderna e amplificado pela globalização, gerou uma crescente demanda por aprendizado de línguas estrangeiras (Guillén-Yparrea; Ramírez-Montoya, 2023).

Com o avanço das pesquisas na área da cognição, muitos métodos de ensino de línguas estrangeiras surgiram, iniciando com o ensino formal, baseando-se majoritariamente no aprendizado de regras gramaticais e na repetição de frases isoladas, além de utilizarem como principais ferramentas: dicionários, textos literários e gramáticas (Soria, 2012). Apesar disso, métodos mais recentes buscam formas mais

tecnológicas de gerar uma imersão na língua a ser estudada, sendo um dos recursos mediacionais o uso de jogos, que permitem uma relação mais simples e lúdica para os estudantes (Quast, 2020).

Além de trazer a tecnologia para a sala de aula, as novas abordagens didáticas buscam unir a ciência com a pedagogia. Um exemplo disso seria o uso dos flashcards, que por sua vez são cartões (físicos ou digitais) em que uma de suas faces possui uma pergunta ou palavra e seu outro lado apresenta a resposta ou tradução, o que ao ser somado com o conceito da curva de esquecimento e retenção, proposto pelo psicólogo alemão Hermann Ebbinghaus, ajuda a promover uma memória mais duradoura dos assuntos estudados (Weiland *et al.*, 2019). Entretanto, mesmo com tantas tecnologias e descobertas científicas, ainda há a necessidade de buscar formas que se adaptem melhor para as particularidades de cada aluno.

Diante da complexidade do aprendizado de línguas, torna-se essencial compreender os mecanismos neurobiológicos subjacentes, destacando-se a neuroplasticidade como um dos principais fatores envolvidos nesse processo. Tal mecanismo se baseia na remodelação de estruturas microscópicas cerebrais e possui importância não apenas no aprendizado de novas habilidades, mas também na adaptação a diferentes ambientes e na recuperação após lesões ou doenças a nível cerebral (La Rosa; Parolise; Bonfanti, 2020).

Atualmente, com auxílio de exames de imagem como a tomografia computadorizada e a ressonância magnética, foi possível compreender que áreas específicas, como a zona subventricular (especificamente o giro dentado do hipocampo e os ventrículos laterais), estariam ligadas com a memória, um dos principais fatores necessários para o processo de aprendizagem (Marzola *et al.*, 2023). Além disso, outro ponto importante para tal processo seria a capacidade de captação e interpretação de informações do meio externo, mesmo que não exclusivamente, e esta estaria localizada nas áreas de Broca e Wernicke (Marzola *et al.*, 2023; Nasios, Dardiotis e Messinis, 2019).

Pesquisas recentes corroboram para a ideia de que o aprendizado de uma nova língua envolve, dentre outros mecanismos fisiológicos, a plasticidade neuronal, que por sua vez promove uma alteração funcional e estrutural do cérebro. Entretanto, ainda são poucos os trabalhos publicados que buscam compreender o impacto da idade no

aprendizado de línguas estrangeiras e sua relação com a eficácia das metodologias de ensino

Diante dessas evidências, este estudo investiga a relação entre neuroplasticidade e aprendizado de uma segunda língua, analisando como modificações estruturais e funcionais do cérebro influenciam esse processo. Por fim, este estudo visa contribuir para o desenvolvimento de estratégias pedagógicas mais eficazes, embasadas em princípios neurocientíficos e adaptadas às particularidades cognitivas dos aprendizes.

## **METODOLOGIA**

O presente estudo possui um caráter bibliográfico, sendo incluída na definição de Revisão Integrativa de Literatura (RIL), essa tida como uma revisão sistemática qualitativa que, através da análise de estudos de metodologias diversas extraídas de diferentes bases de dados, possibilitando uma visão abrangente e atualizada sobre um determinado campo de pesquisa (De Sousa; Bezerra; Do Egypto, 2023).

Para garantir a reprodutibilidade da pesquisa, foram seguidas seis etapas metodológicas: definição de um tema e de uma pergunta norteadora de pesquisa, consulta de trabalhos científicos, exploração e agrupamento das principais informações contidas nestes reconhecimentos e discussão dos resultados obtidos e, por fim, desenvolvimento de uma RIL e apresentação dos desfechos (Dantas *et al.*, 2022).

Dessa forma, iniciou-se a busca por material através da pergunta “Como a neuroplasticidade pode influenciar no aprendizado de uma segunda língua?”. Para abranger diferentes perspectivas científicas, foram utilizadas bases de dados internacionais e latino-americanas: *Literature Analysis and Retrieval System Online* (MEDLINE), *Medical Publication* (PubMed), *Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde* (LILACS), *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) e *BioMed Central* (BMC).

Em seguida, foram selecionados os descritores da *Medical Subject Headings* (MeSH) da *National Institutes of Health* (NIH), já que esses ajudariam a selecionar de maneira mais objetiva os artigos nas bases de dados, sendo, por fim, escolhidos os descritores: “*neuronal plasticity*”, “*multilingualism*” e “*learning*”, além de

dois termos secundários complementares para ampliar a pesquisa, foram eles: “*neuroplasticity*” e “*bilingualism*”. É válido citar também que, ao realizar a busca nas bases latino-americanas, os resultados foram mais relevantes ao utilizar os descritores em inglês, enquanto foram mais limitados ao utilizar os descritores em português, sendo estes últimos então excluídos.

Logo após a determinação dos descritores a serem utilizados, foi necessário estabelecer um algoritmo de busca utilizando os operadores Booleanos e princípios básicos de lógica de pesquisa. Antes de prosseguir, é importante destacar que a maior parte dos sistemas de buscas utiliza símbolos como parênteses (método utilizado neste trabalho) e aspas como formas de limitar a pesquisa às palavras compostas utilizadas, e não utilizando-as de forma separada.

Assim, ao pesquisar “(*Neuronal plasticity*)”, os mecanismos irão buscar por trabalhos que contêm as duas palavras unidas, e não de forma separada e sem um sentido lógico entre elas, como “*Neuronal*” (que abrange muitas áreas da neurologia) e “*Plasticity*” (que não necessariamente se refere ao sistema nervoso), o que por sua vez seleciona de maneira mais específica a pesquisa.

O algoritmo final de busca da presente pesquisa foi: ((*Neuronal plasticity*) OR (*Neuroplasticity*)) AND ((*Multilingualism*) OR (*Bilingualism*)) AND (*Learning*) e é válido destacar que o operador “OR” amplia a possibilidade de combinações possíveis de buscas quando utilizados entre parênteses, demonstrando resultados com ambos descritores, e o operador “AND” auxilia a realizar uma soma entre os termos para que exista uma ligação entre os descritores utilizados (Picalho; Lucas; Amorim, 2022).

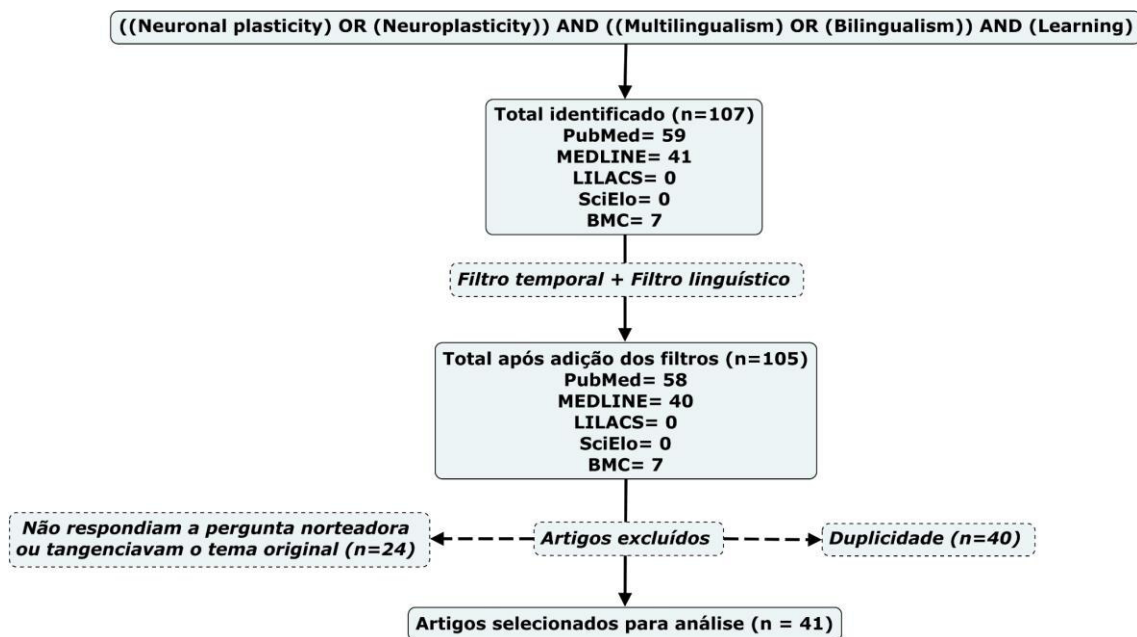
Indo para os resultados, inicialmente foram selecionados nas bases PubMed (59), MEDLINE (41), LILACS (0), SciElo (0) e BMC (7), resultando no total de 107 artigos. Em seguida, foram selecionados como critérios de inclusão a língua utilizada e o espaço de temporal de publicações, sendo que o filtro de tempo entre os anos de 2004 e 2025 fez o número total de artigos cair para 105 e o número se manteve mesmo ao ser adicionado o filtro de linguagem, mostrando apenas pesquisas feitas nos idiomas Português e Inglês.

Como critérios de exclusão, foram determinados a presença de artigos duplicados e que, de alguma forma, não respondiam à pergunta norteadora da pesquisa

elaborada anteriormente, como tangenciamento do tema original, tratar do aprendizado de uma língua estrangeira quando associada a distúrbios específicos do sistema nervoso e tratar de maneira exclusiva do aprendizado de uma nova língua ou da neuroplasticidade, sem que os dois temas estivessem sendo tratados na mesma pesquisa.

Em mão dos resultados, os artigos foram adicionados à plataforma *Rayyan* e lá, de maneira semi-automática (já que o usuário ainda deve avaliar manualmente se os artigos são de fato os mesmos) foram excluídos 40 trabalhos. Dando seguimento, foi utilizado o princípio de *screening*, leitura superficial dos títulos e resumos dos artigos, para verificar a possibilidade de incluir ou não as pesquisas no rol final para a análise mais meticulosa, sendo selecionados para tal parte apenas 41 artigos. Para melhor visualização do processo, ver Figura 1.

Figura 1: Fluxograma da seleção de trabalhos.



Fonte: Os autores, 2025.

Por fim, as etapas finais da Revisão Integrativa de Literatura envolveram a análise e discussão dos achados, que serão apresentados na próxima seção, e a sistematização dos resultados na forma de tabelas, organizadas em categorias e subcategorias,

conforme os princípios da análise de conteúdo, descritos por Bardin (1977). A partir dessa estruturação, foi possível desenvolver o presente estudo e contribuir para o aprofundamento da relação entre neuroplasticidade e aprendizado de uma segunda língua.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo em mão os resultados obtidos no final da etapa anterior, a Tabela 1 foi feita para uma melhor visualização dos dados principais dos trabalhos selecionados, sendo extraídos inicialmente as informações de autoria, título do artigo e o periódico de publicação.

Tabela 1: Visualização da seleção final dos artigos analisados.

Nº	Autores (Ano)	Título
1	Abutalebi et al. (2007)	<i>Late acquisition of literacy in a native language</i>
2	Berken, Gracco e Klein (2017)	<i>Early bilingualism, language attainment, and brain development</i>
3	Blanco et al. (2025)	<i>Functional Brain Adaptations During Speech Processing in 4-Month-Old Bilingual Infants</i>
4	Buchweitz e Prat (2013)	<i>The bilingual brain: Flexibility and control in the human cortex</i>
5	DeLuca et al. (2019)	<i>Redefining bilingualism as a spectrum of experiences that differentially affects brain structure and function</i>
6	Elmer, Hänggil e Jäncke (2014)	<i>Processing demands upon cognitive, linguistic, and articulatory functions promote grey matter plasticity in the adult multilingual brain: Insights from simultaneous interpreters</i>
7	Fernandez et al. (2013)	<i>Neurophysiological marker of inhibition distinguishes language groups on a non-linguistic executive function test</i>
8	Giroud et al. (2020)	<i>Earlier age of second language learning induces more robust speech encoding in the auditory brainstem in adults, independent of amount of language exposure during early childhood</i>
9	Gurunandan et al. (2020)	<i>Converging Evidence for Differential Specialization and Plasticity of Language Systems</i>
10	Hayakawa e Marian	<i>Consequences of multilingualism for neural architecture</i>

	(2019)	
11	Hervais-Adelman, Moser-Mercer e Golestani (2015)	<i>Brain functional plasticity associated with the emergence of expertise in extreme language control</i>
12	Hilchey e Klein (2011)	<i>Are there bilingual advantages on nonlinguistic interference tasks? Implications for the plasticity of executive control processes</i>
13	Højen e Flege (2006)	<i>Early learners' discrimination of second-language vowels</i>
14	Hosoda et al. (2013)	<i>Dynamic Neural Network Reorganization Associated with Second Language Vocabulary Acquisition: A Multimodal Imaging Study</i>
15	Jouravlev et al. (2021)	<i>The Small and Efficient Language Network of Polyglots and Hyperpolyglots</i>
16	Kasparian, Vespignani e Steinhauer (2017)	<i>First Language Attrition Induces Changes in Online Morphosyntactic Processing and Re-Analysis: An ERP Study of Number Agreement in Complex Italian Sentences</i>
17	Kasparian e Steinhauer (2017)	<i>When the Second Language Takes the Lead: Neurocognitive Processing Changes in the First Language of Adult Attriters</i>
18	Kliesch, Becker e Hervais-Adelman (2022)	<i>Global and localized network characteristics of the resting brain predict and adapt to foreign language learning in older adults</i>
19	Kobayashi, Glover e Temple (2008)	<i>Switching language switches mind: linguistic effects on developmental neural bases of 'Theory of Mind'</i>
20	Kovács (2015)	<i>Cognitive adaptations induced by a multi-language input in early development</i>
21	Kuhl et al. (2016)	<i>Neuroimaging of the bilingual brain: Structural brain correlates of listening and speaking in a second language</i>
22	Kuper et al. (2021)	<i>Functional reorganization of the reading network in the course of foreign language acquisition</i>
23	Li, Legault e Litcofsky (2014)	<i>Neuroplasticity as a function of second language learning: Anatomical changes in the human brain</i>
24	Li et al. (2015)	<i>Bilingualism alters brain functional connectivity between "control" regions and "language" regions: Evidence from bimodal bilinguals</i>
25	Liu et al. (2020)	<i>Learning a Second Language in Adulthood Changes Subcortical Neural Encoding</i>
26	Liu et al. (2021)	<i>Language control network adapts to second language learning: A longitudinal rs-fMRI study</i>

27	Luo et al. (2019)	<i>Microstructural plasticity in the bilingual brain</i>
28	Mechelli et al. (2004)	<i>Structural plasticity in the bilingual brain</i>
29	Meschyan e Hernandez (2006)	<i>Impact of language proficiency and orthographic transparency on bilingual word reading: An fMRI investigation</i>
30	Olguin et al. (2019)	<i>Bilingualism and language similarity modify the neural mechanisms of selective attention</i>
31	Prat et al. (2016)	<i>Resting-state qEEG predicts rate of second language learning in adults</i>
32	Qi et al. (2019)	<i>Speech processing and plasticity in the right hemisphere predict variation in adult foreign language learning</i>
33	Ronderos et al. (2024)	<i>Large-scale investigation of white matter structural differences in bilingual and monolingual children: An adolescent brain cognitive development data study</i>
34	Rossi et al. (2017)	<i>Changes in White-Matter Connectivity in Late Second Language Learners: Evidence from Diffusion Tensor Imaging</i>
35	Stein et al. (2012)	<i>Structural plasticity in the language system related to increased second language proficiency</i>
36	Stocco (2013)	<i>The co-emergence of language and rules: Indirection, not recursion, is the key</i>
37	Sullivan et al. (2014)	<i>Early stage second-language learning improves executive control: Evidence from ERP</i>
38	Voits et al. (2022)	<i>The effects of bilingualism on hippocampal volume in ageing bilinguals</i>
39	Ware et al. (2021)	<i>Does Second Language Learning Promote Neuroplasticity in Aging? A Systematic Review of Cognitive and Neuroimaging Studies</i>
40	Xu et al. (2024)	<i>Subcortical volume and language proficiency in bilinguals and monolinguals: A structural MRI study</i>
41	Zou et al. (2012)	<i>Structural plasticity of the left caudate in bimodal bilinguals</i>

Fonte: Os autores, 2025.

Sobre os anos de publicação, é possível identificar que o ano de 2012 foi o início de uma crescente de publicações que seguiu até 2019, somando nessa faixa de tempo um total de 24 trabalhos publicados. Por fim, a média de publicações foi de 2,63 artigos por ano e o ano com mais publicações foi 2019, com 6 artigos.

Quanto aos periódicos de publicação dos trabalhos analisados, foi possível perceber a prevalência de periódicos que estão abertos a mais tempo, sendo

16 das 22 revistas fundadas antes dos anos 2000, algo que somado às notas elevadas da avaliação Qualis do quadriênio 2017-2020, que por sua vez avaliou todos os jornais científicos com nota A em suas respectivas áreas mães (com exceção das seguintes revistas: *Brain and Cognition*, *Brain Structure and Function*, *Psychonomic Bulletin & Review* e *Psychonomic Bulletin & Review*, que por sua vez não chegaram a ser avaliados).

Além disso, verificando os países-sede, 10 periódicos (50%) estão sediados nos Estados Unidos da América, enquanto que a outra metade (10 revistas) estão localizados no continente Europeu, envolvendo países como Reino Unido, Alemanha e Suíça. Sobre o Fator de Impacto, ele é um dado calculado pela média de citações recebidas pelos artigos publicados nos dois anos anteriores, sendo assim útil para verificar o nível de relevância dos periódicos. Para facilitar a visualização das informações debatidas anteriormente, foi elaborado a Tabela 2.

Tabela 2: Dados dos periódicos dos trabalhos selecionados.

<b>Nome do periódico (ISSN)</b>	<b>País sede</b>	<b>Data de fundação</b>	<b>Fator de impacto (2023)</b>	<b>Qualis (área mãe)</b>
Behavioral and Brain Functions (1744-9081)	Reino Unido	2005	4.7	A2 (Ciências biológicas II)
Brain and Cognition (1090-2147)	Estado Unidos da América	1982	2.2	Não avaliado
Brain and Language (0093-934X)	Estados Unidos da América	1974	2.1	A1 (Interdisciplinar)
Brain Structure and Function (1863-2661)	Alemanha	2007	2.7	Não avaliado
Cerebral Cortex (1047-3211)	Estados Unidos da América	1991	2.9	A1 (Ciências biológicas II)
Cortex (0010-9452)	Itália	1964	3.3	A1 (Medicina II)
Current Opinion in Neurobiology (0959-4388)	Reino Unido	1991	4.8	A1 (Psicologia)
Developmental Science	Reino Unido	1998	3.1	A1 (Psicologia)



(1363-755X)	Unido			
Frontiers in Aging Neuroscience (1663-4365)	Suíça	2009	4.1	A2 (Ciências biológicas II)
Frontiers in Psychology (1664-1078)	Suíça	2010	2.6	A1 (Psicologia)
Human Brain Mapping (1097-0193)	Estados Unidos da América	1993	3.5	A1 (Medicina II)
Nature (1476-4687)	Reino Unido	1869	50.5	A1 (Biodiversidade)
Neural Plasticity (1687-5443)	Estados Unidos da América	1998	3	A3 (Medicina II)
NeuroImage (1053-8119)	Estados Unidos da América	1992	4.7	A1 (Medicina II)
Neuropsychologia (0028-3932)	Reino Unido	1963	2.0	A2 (Medicina II)
Physics of Life Reviews (1571-0645)	Países Baixos	2004	13.7	A1 (Medicina II)
Proceedings of the National Academy of Sciences (1091-6490)	Estados Unidos da América	1914	9.4	A1 (Biodiversidade)
Psychonomic Bulletin & Review (1531-5320)	Estados Unidos da América	1994	3.2	Não avaliado
Scientific Reports (2045-2322)	Reino Unido	2011	3.8	A1 (Ciências biológicas I)
Social Cognitive and Affective Neuroscience (1749-5024)	Reino Unido	2006	3.9	A1 (Medicina II)
The Journal of Neuroscience (0270-6474)	Estados Unidos da América	1981	4.4	A2 (Ciências biológicas II)
The Journal of the Acoustical Society of America (0001-	Estados Unidos da	1929	2.1	A2 (Engenharia III)

4966)	América			
-------	---------	--	--	--

Fonte: Os autores, 2025.

Passada a análise superficial dos trabalhos selecionados e seus meios de publicação, passou-se então para a leitura aprofundada dos conteúdos dos artigos. Inicialmente, foram pontos de análise: modalidade de estudo, método de análise de dados, amostra e idade média (no caso de participantes humanos) e as línguas utilizadas nos estudos. Com tais informações pretende-se dar uma versão resumida de fatores importantes a serem associados posteriormente aos resultados. Para uma melhor visualização, foi elaborado a Tabela 3.

Tabela 3: Dados específicos sobre os trabalhos analisados.

<b>Autores (ano)</b>	<b>Amostra e idade média/espaco de idades</b>	<b>Línguas utilizadas</b>
Abutalebi <i>et al.</i> (2007)	29 participantes (22-50 anos)	Alemão e dialetos bolzaninos
Berken, Gracco e Klein (2017)	Não se aplica	Não se aplica
Blanco <i>et al.</i> (2025)	81 bebês (4 meses)	Espanhol e Basco
Buchweitz e Prat (2013)	23 artigos científicos	Não se aplica
DeLuca <i>et al.</i> (2019)	65 participantes (18-52 anos)	Inglês (L2) e outras línguas
Elmer, Hänggi e Jäncke (2014)	12 intérpretes (28-48 anos, falantes de 3+ línguas)	Alemão, Francês, Inglês, Italiano, Espanhol, Português
Fernandez <i>et al.</i> (2013)	28 participantes (18-40 anos)	Inglês e Espanhol
Giroud <i>et al.</i> (2020)	43 participantes (18-36 anos)	Inglês e Francês
Gurunandan <i>et al.</i> (2020)	48 participantes (43 anos no transversal, 17 anos no longitudinal)	Espanhol, Inglês e Basco
Hayakawa e Marian (2019)	51 artigos científicos	Não se aplica
Hervais-Adelman, Moser-Mercer e Golestani (2015)	35 participantes (20-33 anos)	Inglês e Francês
Hilchey e Klein (2011)	13 artigos científicos	Não se aplica
Højen e Flege (2006)	60 participantes (bilíngues e monolíngues)	Inglês e Espanhol
Hosoda <i>et al.</i> (2013)	137 no transversal (24 anos), 44	Japonês e Inglês



	no longitudinal (20,1 anos)	
Jouravlev <i>et al.</i> (2021)	Não se aplica	Não se aplica
Kasparian, Vespignani e Steinhauer (2017)	17 políglotas (30,5 anos), 217 controles (23,8 anos)	Inglês e múltiplas línguas
Kasparian e Steinhauer (2017)	24 imigrantes italianos (36 anos), 30 nativos (31 anos)	Italiano e Inglês
Kliesch <i>et al.</i> (2022)	26 idosos (64-74 anos)	Alemão e Espanhol
Kobayashi, Glover e Temple (2008)	12 crianças (10 anos), 16 adultos (29,8 anos)	Japonês e Inglês
Kovács (2015)	18 participantes (22,8 anos)	Polonês e Grego
Kuhl <i>et al.</i> (2016)	31 adultos (bilíngues: 26,9 anos, monolíngues: 25,5 anos)	Inglês e Espanhol
Kuper <i>et al.</i> (2021)	Bebês bilíngues e monolíngues (12 meses)	Não se aplica
Li, Legault e Litcofsky (2014)	22 artigos científicos	Não se aplica
Li <i>et al.</i> (2015)	45 participantes (22-24 anos)	Mandarim e outras línguas
Liu <i>et al.</i> (2020)	20 estudantes chineses (18,5 anos)	Mandarim e Inglês
Liu <i>et al.</i> (2021)	25 participantes (18,5 anos)	Mandarim e Inglês
Luo <i>et al.</i> (2019)	50 bilíngues (21-22 anos)	Chinês e Inglês
Mechelli <i>et al.</i> (2004)	83 participantes (monolíngues, precoce, tardio)	Inglês e línguas europeias
Meschyan e Hernandez (2006)	12 bilíngues (22,3 anos)	Espanhol e Inglês
Olguin <i>et al.</i> (2019)	40 bilíngues (26,3 anos)	Holandês, Espanhol, Inglês e Sérvio
Prat <i>et al.</i> (2016)	19 participantes (18 – 31 anos)	Inglês e Francês
Qi <i>et al.</i> (2019)	24 monolíngues (23,2 anos)	Inglês e Mandarim
Ronderos <i>et al.</i> (2024)	446 crianças bilíngues vs. monolíngues (9-10 anos)	Inglês e outras línguas
Rossi <i>et al.</i> (2017)	49 adultos jovens	Inglês e Espanhol
Stein <i>et al.</i> (2012)	10 intercambistas (17,5 anos)	Inglês e Alemão
Stocco (2013)	Não se aplica	Não se aplica
Sullivan <i>et al.</i> (2014)	55 monolíngues (19-21 anos)	Inglês e Espanhol
Voits <i>et al.</i> (2022)	48 idosos (62,2 anos)	Inglês e outras línguas

Ware et al. (2021)	Não se aplica	Não se aplica
Xu et al. (2024)	360 participantes (18-45 anos)	Espanhol e Inglês
Zou et al. (2012)	27 participantes (48-49 anos)	Mandarim e Língua de Sinais Chinesa

Fonte: Os autores, 2025.

A análise dos periódicos evidenciou o papel central de revistas científicas de alto impacto na formação e disseminação do conhecimento em neurociências e áreas correlacionadas. A diversidade geográfica, temática e temporal dos periódicos reflete não apenas a maturidade de campos tradicionais, mas também o surgimento de novas fronteiras interdisciplinares.

Os periódicos analisados são sediados majoritariamente em países ocidentais, com destaque para os Estados Unidos (10 periódicos) e o Reino Unido (6 periódicos), seguidos por Suíça, Alemanha, Itália e Países Baixos. Essa predominância reflete a concentração histórica de recursos e infraestrutura científica nesses países, que têm liderado avanços em neurociências, psicologia cognitiva e áreas afins. No entanto, essa distribuição também aponta para a necessidade de maior inclusão de periódicos sediados em países emergentes, como Brasil, China e Índia, que têm demonstrado crescimento significativo em produção científica nos últimos anos (Maqueda, Valdivia e Gálvez, 2000).

A análise das datas de fundação revela um equilíbrio entre periódicos consolidados e iniciativas mais recentes. Periódicos como Nature (1869), Cortex (1964) e Brain and Language (1974) possuem uma longa tradição na publicação de pesquisas inovadoras, contribuindo para a formação dos paradigmas atuais em neurociências e linguística cognitiva. Por outro lado, revistas como Frontiers in Aging Neuroscience (2009) e Scientific Reports (2011) refletem a expansão de campos emergentes, como o envelhecimento saudável. Essa coexistência entre periódicos mais recentes e outros mais tradicionais é essencial para garantir tanto a continuidade quanto a renovação do conhecimento científico.

Os fatores de impacto dos periódicos variam amplamente, com destaque para Nature (50.5), que lidera como referência interdisciplinar global. Outros periódicos com fatores elevados incluem Physics of Life Reviews (13.7) e Proceedings of the National

Academy of Sciences (9.4), ambos reconhecidos por sua abrangência temática e rigor metodológico. No entanto, periódicos com fatores mais baixos, como *Neuropsychologia* (2.0) e *Brain and Language* (2.1), continuam desempenhando papéis cruciais em nichos específicos da pesquisa científica.

Embora o fator de impacto seja amplamente utilizado como métrica de qualidade, ele não deve ser considerado isoladamente. Estudos recentes argumentam que métricas alternativas, como o índice h5 ou o Altmetric Attention Score, podem complementar as avaliações tradicionais ao capturar aspectos mais amplos da influência acadêmica e social dos artigos publicados (Hicks *et al.*, 2015).

A classificação Qualis CAPES fornece uma perspectiva regional sobre a relevância desses periódicos no contexto brasileiro. A maioria das revistas analisadas possui classificação A1 ou A2 em suas respectivas áreas de conhecimento, refletindo alta qualidade científica reconhecida nacionalmente. Periódicos como *Cerebral Cortex*, *Cortex*, *Current Opinion in Neurobiology* e *Developmental Science* são classificados como A1 em suas áreas específicas (Ciências Biológicas II, Medicina II ou Psicologia), indicando sua importância para pesquisadores brasileiros que buscam visibilidade acadêmica internacional.

Por outro lado, alguns periódicos relevantes globalmente não foram avaliados pelo Qualis (*Brain and Cognition*, *Psychonomic Bulletin & Review*), o que pode limitar sua utilização por pesquisadores brasileiros que dependem dessa métrica para orientar suas escolhas editoriais.

As revistas analisadas abrangem uma ampla quantidade de temas interdisciplinares que conectam neurociências a outras áreas do conhecimento. Revistas como *Brain and Language* exploram interfaces entre linguística e neurociência cognitiva, enquanto *Social Cognitive and Affective Neuroscience* foca nas interações entre cognição social e afetividade no cérebro humano. Essa diversidade temática é essencial para abordar questões complexas que exigem abordagens integradas.

Além disso, a presença crescente de revistas dedicadas à plasticidade neural (*Neural Plasticity*, *Frontiers in Aging Neuroscience*) reflete o interesse contínuo em compreender os mecanismos adaptativos do cérebro humano frente a desafios ambientais e experiências ao longo da vida.

Para pesquisadores brasileiros interessados em maximizar o impacto de suas publicações científicas, os dados apresentados fornecem dados valiosos sobre escolhas editoriais estratégicas. Publicar em periódicos classificados como A1 ou A2 no Qualis CAPES pode aumentar tanto a visibilidade quanto o reconhecimento acadêmico no Brasil. No entanto, é igualmente importante considerar fatores adicionais, como público-alvo internacional do periódico, tempo médio de revisão por pares e políticas editoriais relacionadas à ciência aberta.

A análise dos periódicos citados na Tabela 2 revela um panorama editorial robusto e diversificado nas áreas de neurociências e psicologia cognitiva. A predominância de revistas classificadas como A1 ou A2 no Qualis CAPES reflete sua relevância tanto no contexto brasileiro quanto internacional. No entanto, pesquisadores devem equilibrar métricas tradicionais como fator de impacto com considerações práticas relacionadas ao público-alvo e às políticas editoriais dos periódicos escolhidos. Em última análise, a escolha estratégica do periódico pode maximizar não apenas o impacto acadêmico da pesquisa publicada, mas também sua contribuição prática para avanços científicos globais.

Analisando agora a Tabela 3, é possível notar que as amostras variaram, desde pequenos grupos altamente especializados, como intérpretes multilíngues investigados por Elmer, Hänggi e Jäncke (2014), que incluíram 12 participantes, até grandes coortes, como crianças bilíngues e monolíngues estudadas por Ronderos *et al.* (2024), com 446 participantes. Essa variação reflete diferentes abordagens metodológicas para investigar os efeitos da neuroplasticidade no aprendizado de línguas.

Além disso, estudos longitudinais, como os conduzidos por Hosoda *et al.* (2013) e Qi *et al.* (2019), destacam a importância de acompanhar mudanças neuroplásticas ao longo do tempo, enquanto estudos transversais, como os de Voits *et al.* (2022) e Xu *et al.* (2024), oferecem uma visão comparativa entre diferentes grupos populacionais.

A idade média dos participantes também varia amplamente entre os estudos, abrangendo desde bebês bilíngues investigados por Kuper *et al.* (2021), com idade de 12 meses, até idosos analisados por Voits *et al.* (2022), cuja média era de 62,2 anos. Essa amplitude é essencial para compreender como a neuroplasticidade se manifesta em diferentes fases da vida.

Na infância e adolescência, estudos como os de Blanco *et al.* (2025) e Ronderos *et al.* (2024) exploram os efeitos da exposição precoce à segunda língua na plasticidade neural, enquanto pesquisas como as de Stein *et al.* (2012) investigam adolescentes em contextos de imersão linguística. Em adultos jovens, que constituem a maioria das amostras analisadas, com idades médias entre 18 e 30 anos em estudos como Mechelli *et al.* (2004), Liu *et al.* (2020; 2021) e Rossi *et al.* (2017), há um foco significativo nas mudanças estruturais e funcionais no cérebro relacionados ao aprendizado de uma segunda língua.

Por outro lado, pesquisas que envolvem idosos, como as de Kliesch *et al.* (2022) e Voits *et al.* (2022), destacam o potencial neuroplástico mesmo em idades avançadas, sugerindo que o aprendizado linguístico pode atuar como um fator protetor contra o declínio cognitivo.

As línguas utilizadas nos estudos revisados refletem uma ampla gama de combinações linguísticas, evidenciando a diversidade cultural e linguística dos participantes. Línguas indo-europeias são predominantes nas investigações, com o inglês sendo a mais estudada, frequentemente combinada com outras línguas como espanhol, francês e alemão em estudos como os de Fernandez *et al.* (2013), Giroud *et al.* (2020) e Abutalebi *et al.* (2007).

Essa predominância reflete a acessibilidade dessas línguas em contextos acadêmicos globais. No entanto, línguas asiáticas também desempenham um papel relevante em pesquisas como as de Li *et al.* (2015) e Zou *et al.* (2012), que investigam Mandarim e Língua de Sinais Chinesa, destacando particularidades culturais e fonéticas que podem influenciar a neuroplasticidade associada ao bilinguismo. Além disso, línguas minoritárias também são exploradas em estudos como o de Blanco *et al.* (2025), que examina o Basco, ampliando o escopo da investigação sobre bilinguismo.

Os estudos diferem ainda quanto à combinação de línguas utilizadas pelos participantes. Muitos deles comparam monolíngues com bilíngues precoces ou tardios, como nos trabalhos de Mechelli *et al.* (2004) e Rossi *et al.* (2017), permitindo análises sobre o impacto do bilinguismo na estrutura cerebral. Outros focam em multilíngues altamente proficientes, como intérpretes investigados por Elmer, Hänggi e Jäncke (2014), que dominam três ou mais línguas, oferecendo novas visões sobre adaptações

neurais em indivíduos com alta proficiência linguística.

Esses dados revelam uma diversidade metodológica e populacional essencial para avançar na compreensão dos mecanismos neurais envolvidos no aprendizado de uma segunda língua. A ampla faixa etária dos participantes permite explorar a plasticidade neural em diferentes momentos da vida, desde o período crítico na infância até o envelhecimento saudável na terceira idade. A inclusão de línguas minoritárias e asiáticas enriquece ainda mais a compreensão sobre padrões específicos de neuroplasticidade induzida pelo bilinguismo, enquanto estudos com grandes amostras populacionais oferecem maior robustez estatística para generalizar os resultados obtidos.

Dessa forma, a análise destaca a relevância da diversidade nas investigações sobre neuroplasticidade e aprendizado linguístico, proporcionando uma base sólida para futuras pesquisas que busquem explorar as interações entre idade, contexto cultural e combinações linguísticas na adaptação cerebral ao bilinguismo.

Visando uma forma mais simplificada para trabalhar com os resultados obtidos pelos estudos, foi elaborado a Tabela 4, que separa os resultados em grupos com seus respectivos resultados disponibilizados de maneira resumida junto aos trabalhos que os apresentaram, trazendo também uma análise quantitativa a tais resultados.

Tabela 4: Resultados principais dos artigos selecionados.

<b>Grupo Principal</b>	<b>Resultado Principal</b>	<b>Referência</b>	<b>n</b>
Influência da idade na neuroplasticidade e aquisição linguística	Estudos indicam que a idade (com diferenças entre bilíngues precoces e tardios) influencia a capacidade neuroplástica para aquisição e processamento de línguas.	Abutalebi <i>et al.</i> (2007); Blanco <i>et al.</i> (2025); Buchweitz e Prat (2013); DeLuca <i>et al.</i> (2019); Gurunandan <i>et al.</i> (2020); Kobayashi, Glover e Temple (2008)	6
Reorganização funcional e conectividade neural no aprendizado de línguas	O aprendizado de L2 promove reorganizações funcionais e melhora a conectividade entre regiões de controle e linguagem, facilitando a integração de sistemas neurais.	Berken, Gracco e Klein (2017); Hayakawa e Marian (2019); Hosoda <i>et al.</i> (2013); Jouravlev <i>et al.</i> (2021); Li <i>et al.</i>	9



		(2015); Liu <i>et al.</i> (2020); Liu <i>et al.</i> (2021); Kovács (2015); Hervais-Adelman, Moser-Mercer e Golestani (2015)	
Alterações estruturais cerebrais associadas ao bilinguismo	O bilinguismo induz modificações estruturais, como aumento de matéria cinzenta, integridade da matéria branca e alterações na anisotropia, moduladas por idade e proficiência.	Kuhl <i>et al.</i> (2016); Li, Legault e Litcofsky (2014); Mechelli <i>et al.</i> (2004); Rossi <i>et al.</i> (2017); Stein <i>et al.</i> (2012); Xu <i>et al.</i> (2024); Zou <i>et al.</i> (2012); Luo <i>et al.</i> (2019); Ronderos <i>et al.</i> (2024)	9
Plasticidade auditiva e processamento fonético	A neuroplasticidade auditiva aprimora a discriminação de sons e o processamento fonético, sendo especialmente eficiente em bilíngues precoces.	Højen e Flege (2006); Giroud <i>et al.</i> (2020)	2
Controle executivo e funções cognitivas aprimoradas	O bilinguismo fortalece o controle executivo, a atenção seletiva e outras funções cognitivas, refletindo adaptações neurais que beneficiam o desempenho em tarefas não linguísticas.	Fernandez <i>et al.</i> (2013); Hilchey e Klein (2011); Kuper <i>et al.</i> (2021); Olguin <i>et al.</i> (2019); Ware <i>et al.</i> (2021)	5
Eletrofisiologia e medidas neurais preditivas na aquisição de L2	Medidas eletrofisiológicas (como ERP e atividade em bandas neurais) servem como preditores do sucesso na aquisição de L2 e refletem adaptações neurocognitivas decorrentes do bilinguismo.	Prat <i>et al.</i> (2016); Qi <i>et al.</i> (2019); Sullivan <i>et al.</i> (2014); Kasparian e Steinhauer (2017); Kasparian, Vespignani e Steinhauer (2017)	5
Mecanismos subcorticiais e plasticidade em redes não tradicionais	Adaptações em estruturas subcorticiais, como os gânglios da base, sustentam a co-emergência de linguagem e regras por meio de mecanismos de gateamento.	Stocco (2013)	1
Plasticidade em adultos e idosos	Mesmo após a infância, o cérebro mantém capacidade de reorganização, evidenciando plasticidade em adultos e idosos e efeitos neuroprotetores.	Elmer, Hänggil e Jäncke (2014); Kliesch, Becker e Hervais-Adelman (2022); Voits <i>et al.</i> (2022)	3

Plasticidade em funções específicas (sistema motor articulatório vs. ortografia)	Diferentes sistemas linguísticos apresentam níveis distintos de plasticidade, com o sistema motor articulatório sendo mais adaptável que os sistemas ortográficos.	Meschyan e Hernandez (2006)	1
--	--	-----------------------------	---

Fonte: Os autores, 2025.

Os resultados obtidos destacam o papel central da neuroplasticidade no aprendizado de uma segunda língua (L2), evidenciando mudanças estruturais e funcionais significativas no cérebro humano. Essas alterações incluem reorganização funcional de redes neurais, aumento da densidade de matéria cinzenta, aprimoramento das funções executivas e maior conectividade entre áreas corticais e subcorticais (Anderson, 2023; Isel, 2021; Korenar, 2023; Yee *et al.*, 2023). Além disso, fatores como idade de aquisição, exposição contínua à L2 e nível de proficiência modulam diretamente a extensão dessas adaptações neuroplásticas.

A influência da idade na neuroplasticidade e na aquisição linguística é amplamente documentada (Birdsong, 2018; Smale e Bogaerts, 2024; Ware *et al.*, 2021). Estudos como os de Abutalebi *et al.* (2007) e Blanco *et al.* (2025) demonstraram que bilíngues precoces apresentam maior eficiência neural e reorganização funcional em comparação aos tardios.

Esses achados corroboram a hipótese do período sensível para aquisição linguística, conforme sugerido por Johnson e Newport (1989), e são reforçados por Gurunandan *et al.* (2020), que observaram diferenças significativas na conectividade funcional entre bilíngues precoces e tardios. DeLuca *et al.* (2019) avançaram nessa discussão ao propor que a experiência bilíngue contínua pode compensar parcialmente as limitações impostas pela idade tardia de aquisição. Estudos como os de Kobayashi, Glover e Temple (2008) e Buchweitz e Prat (2013) também apontam para um papel crucial das redes frontais no processamento linguístico em aprendizes tardios.

No que diz respeito à reorganização funcional e conectividade neural promovida pelo aprendizado de L2, Berken, Gracco e Klein (2017) mostraram que bilíngues experientes apresentam maior integração entre redes neurais responsáveis pelo controle executivo e processamento linguístico. Hayakawa e Marian (2019) reforçaram

essa ideia ao identificar maior conectividade funcional em regiões frontais durante tarefas de seleção lexical em bilíngues.

Hosoda *et al.* (2013) e Jouravlev *et al.* (2021) também relataram mudanças na conectividade estrutural, especialmente em áreas associadas à memória de trabalho linguística. Estudos adicionais, como os de Liu *et al.* (2020; 2021), Hervais-Adelman, Moser-Mercer e Golestani (2015) e Kovács (2015), indicam que essas adaptações são moduladas pela proficiência linguística.

Alterações estruturais cerebrais associadas ao bilinguismo foram amplamente documentadas por Mechelli *et al.* (2004), que observaram aumento da densidade de matéria cinzenta em regiões relacionadas ao controle executivo. Esses achados foram replicados por Li, Legault e Litcofsky (2014), que identificaram mudanças na anisotropia fracionada em áreas corticais e subcorticais. Kuhl *et al.* (2016) avançaram nessa discussão ao demonstrar que o bilinguismo precoce promove maior plasticidade estrutural em regiões auditivas primárias. Estudos recentes, como os de Xu *et al.* (2024), Luo *et al.* (2019) e Ronderos *et al.* (2024), reforçam a ideia de que essas alterações são influenciadas tanto pela idade quanto pela intensidade da exposição à L2.

A plasticidade auditiva desempenha um papel essencial no aprendizado fonético da L2, conforme demonstrado por Højen e Flege (2006) e apoiado por Petitto *et al.* (2013). Giroud *et al.* (2020) avançaram nesse campo ao mostrar que bilíngues precoces apresentam maior sensibilidade auditiva para discriminação fonética em comparação aos tardios.

No âmbito do controle executivo, Fernandez *et al.* (2013) relataram que bilíngues apresentam melhor desempenho em tarefas não linguísticas relacionadas à atenção seletiva, resultado corroborado por Hilchey e Klein (2011). Kuper *et al.* (2021) e Olguin *et al.* (2019) expandiram essa discussão ao identificar maior ativação neural em regiões frontais durante tarefas multitarefa em bilíngues experientes.

Medidas eletrofisiológicas também têm sido utilizadas como preditores do sucesso na aquisição da L2. Prat *et al.* (2016) e Sullivan *et al.* (2014) demonstraram que padrões específicos de atividade neural podem prever o desempenho linguístico futuro dos aprendizes de L2, enquanto Qi *et al.* (2019) identificaram correlações entre atividade neural em bandas gama e proficiência linguística.

Por fim, mecanismos subcorticais também desempenham um papel importante no aprendizado linguístico, conforme sugerido por Stocco (2013). Adaptações em estruturas como os gânglios da base sustentam a co-emergência de regras gramaticais através de mecanismos de “gateamento neural”.

Esses achados podem ser explicados pela intensa demanda cognitiva imposta pelo gerenciamento simultâneo de múltiplos sistemas linguísticos no cérebro bilíngue. A exposição contínua à L2 promove reorganizações funcionais nas redes neurais existentes, especialmente nas áreas responsáveis pelo controle executivo e processamento fonético-semântico (Costa; Sebastián-Gallés, 2014). Além disso, a plasticidade auditiva observada em bilíngues precoces reflete uma adaptação específica às demandas fonéticas da nova língua.

Clinicamente, o aprendizado linguístico pode ser utilizado como ferramenta terapêutica para reabilitação cognitiva após lesões cerebrais ou como estratégia preventiva contra declínio cognitivo relacionado ao envelhecimento (Bak *et al.*, 2014). Teoricamente, esses achados fortalecem modelos neurocognitivos contemporâneos sobre bilinguismo dinâmico, como o proposto por Grundy *et al.* (2017) e apoiado por Stein *et al.* (2014).

Além disso, apenas a pesquisa de Meschyan e Hernandez (2006) demonstrou um efeito específico da neuroplasticidade ao analisar a ortografia dos participantes, demonstrando que a proficiência e a transparência ortográfica influenciam distintamente a ativação neural na leitura. Enquanto a língua menos praticada demanda maior esforço articulatório, idiomas com ortografia transparente estimulam o processamento fonológico.

Apesar das contribuições desta revisão integrativa, algumas limitações devem ser reconhecidas: a heterogeneidade metodológica entre os estudos revisados pode ter influenciado a generalização dos resultados; além disso, há uma predominância nos estudos sobre línguas indo-europeias.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Por fim, como resultados desta revisão integrativa, destaca-se a importância da

neuroplasticidade no aprendizado de uma segunda língua, evidenciando mudanças estruturais e funcionais no cérebro humano. Fatores como idade, exposição contínua e proficiência linguística modulam essas adaptações, que incluem reorganização neural, aumento de matéria cinzenta e aprimoramento das funções executivas.

Apesar das limitações metodológicas e da predominância de estudos sobre línguas indo-europeias, este trabalho sugere direções futuras para pesquisas que explorem a diversidade linguística, mecanismos a nível celular e intervenções pedagógicas inovadoras, destacando a relevância clínica e educacional do bilinguismo na promoção do desenvolvimento cognitivo ao longo da vida.

## REFERÊNCIAS

- ABUTALEBI, J. *et al.* Late acquisition of literacy in a native language. **Human brain mapping**, v. 28, n. 1, p. 19–33, 2007.
- ANDERSON, J. A. E. Bilingualism and functional connectivity: The path to efficiency across the lifespan. In: **Studies in Bilingualism**. Amsterdam: John Benjamins Publishing Company, 2023. p. 272–300.
- BAK, T. H. *et al.* Does bilingualism influence cognitive aging?: Bilingualism and Aging. **Annals of neurology**, v. 75, n. 6, p. 959–963, 2014.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2015.
- BARJAMOVIC, G. *et al.* Trade, merchants, and the lost cities of the Bronze Age. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 134, n. 3, p. 1455–1503, 2019.
- BERKEN, J. A.; GRACCO, V. L.; KLEIN, D. Early bilingualism, language attainment, and brain development. **Neuropsychologia**, v. 98, p. 220–227, 2017.
- BIRDSONG, D. Plasticity, variability and age in second language acquisition and bilingualism. **Frontiers in psychology**, v. 9, p. 81, 2018.
- BLANCO, B. *et al.* Functional brain adaptations during speech processing in 4-month-old bilingual infants. **Developmental science**, v. 28, n. 1, p. e13572, 2025.
- BOECKX, C. What made us “hunter-gatherers of words”. **Frontiers in neuroscience**, v. 17, p. 1080861, 2023.
- BUCHWEITZ, A.; PRAT, C. The bilingual brain: flexibility and control in the human cortex. **Physics of life reviews**, v. 10, n. 4, p. 428–443, 2013a.
- BUCHWEITZ, A.; PRAT, C. S. Pushing the boundaries of language in the bilingual brain: A reply to



commentary on “The bilingual brain: Flexibility and control in the human cortex”. **Physics of life reviews**, v. 10, n. 4, p. 454–456, 2013b.

COSTA, A.; SEBASTIÁN-GALLÉS, N. How does the bilingual experience sculpt the brain? **Neuroscience**, v. 15, n. 5, p. 336–345, 2014.

DANTAS, H. L. DE L. *et al.* Como elaborar uma revisão integrativa: sistematização do método científico. *Revista Recien - Revista Científica de Enfermagem*, v. 12, n. 37, p. 334–345, 2022.

DE SOUSA, M. N. A.; BEZERRA, A. L. D.; DO EGYPTO, I. A. S. Trilhando o caminho do conhecimento: o método de revisão integrativa para análise e síntese da literatura científica. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 21, n. 10, p. 18448–18483, 2023.

DELUCA, V. *et al.* Redefining bilingualism as a spectrum of experiences that differentially affects brain structure and function. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 116, n. 15, p. 7565–7574, 2019.

ELMER, S.; HÄNGGI, J.; JÄNCKE, L. Processing demands upon cognitive, linguistic, and articulatory functions promote grey matter plasticity in the adult multilingual brain: Insights from simultaneous interpreters. **Cortex**, v. 54, p. 179–189, 2014.

FERNANDEZ, M. *et al.* Neurophysiological marker of inhibition distinguishes language groups on a non-linguistic executive function test. **Brain and cognition**, v. 83, n. 3, p. 330–336, 2013.

GIROUD, N. *et al.* Earlier age of second language learning induces more robust speech encoding in the auditory brainstem in adults, independent of amount of language exposure during early childhood. **Brain and language**, v. 207, n. 104815, p. 104815, 2020.

GRUNDY, J. G.; ANDERSON, J. A. E.; BIALYSTOK, E. Neural correlates of cognitive processing in monolinguals and bilinguals. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1396, n. 1, p. 183–201, 2017.

GUILLÉN-YPARREA, N.; RAMÍREZ-MONTOYA, M.-S. Are intercultural competencies the key to international collaboration?: A systematic review. In: *Lecture Notes in Educational Technology*. Singapore: **Springer Nature Singapore**, 2023. p. 772–781.

GURUNANDAN, K. *et al.* Converging evidence for differential specialization and plasticity of language systems. **Journal of neuroscience**, v. 40, n. 50, p. 9715–9724, 2020.

HAYAKAWA, S.; MARIAN, V. Consequences of multilingualism for neural architecture. **Behavioral and brain functions: BBF**, v. 15, n. 1, p. 6, 2019.

HERVAIS-ADELMAN, A.; MOSER-MERCER, B.; GOLESTANI, N. Brain functional plasticity associated with the emergence of expertise in extreme language control. **NeuroImage**, v. 114, p. 264–274, 2015.



HICKS, D. *et al.* Bibliometrics: The Leiden Manifesto for research metrics. **Nature**, v. 520, n. 7548, p. 429–431, 2015.

HILCHEY, M. D.; KLEIN, R. M. Are there bilingual advantages on nonlinguistic interference tasks? Implications for the plasticity of executive control processes. **Psychonomic bulletin & review**, v. 18, n. 4, p. 625–658, 2011.

HØJEN, A.; FLEGE, J. E. Early learners' discrimination of second-language vowels. **The journal of the Acoustical Society of America**, v. 119, n. 5 Pt 1, p. 3072–3084, 2006.

HOSODA, C. *et al.* Dynamic neural network reorganization associated with second language vocabulary acquisition: a multimodal imaging study. **The Journal of neuroscience**, v. 33, n. 34, p. 13663–13672, 2013.

ISEL, F. Neuroplasticity of second language vocabulary acquisition: The role of linguistic experience in individual learning. **LIA**, v. 12, n. 1, p. 54–81, 2021.

JOHNSON, J. S.; NEWPORT, E. L. Critical period effects in second language learning: the influence of maturational state on the acquisition of English as a second language. **Cognitive psychology**, v. 21, n. 1, p. 60–99, 1989.

JOURAVLEV, O. *et al.* The small and efficient language network of polyglots and hyper-polyglots. **Cerebral cortex** (New York, N.Y.: 1991), v. 31, n. 1, p. 62–76, 2021.

KASPARIAN, K.; STEINHAEUER, K. When the second language takes the lead: Neurocognitive processing changes in the first language of adult Attriters. **Frontiers in psychology**, v. 8, p. 389, 2017.

KASPARIAN, K.; VESPIGNANI, F.; STEINHAEUER, K. First language attrition induces changes in online morphosyntactic processing and re-analysis: An ERP study of number agreement in complex Italian sentences. **Cognitive science**, v. 41, n. 7, p. 1760–1803, 2017.

KLIESCH, M.; BECKER, R.; HERVAIS-ADELMAN, A. Global and localized network characteristics of the resting brain predict and adapt to foreign language learning in older adults. **Scientific reports**, v. 12, n. 1, p. 3633, 2022.

KOBAYASHI, C.; GLOVER, G. H.; TEMPLE, E. Switching language switches mind: linguistic effects on developmental neural bases of “Theory of Mind”. **Social cognitive and affective neuroscience**, v. 3, n. 1, p. 62–70, 2008.

KOLLER, D. *et al.* Denisovan and Neanderthal archaic introgression differentially impacted the genetics of complex traits in modern populations. **BMC biology**, v. 20, n. 1, p. 249, 2022.

KORENAR, M.; TREFFERS-DALLER, J.; PLIATSIKAS, C. Dynamic effects of bilingualism on brain structure map onto general principles of experience-based neuroplasticity. **Scientific reports**, v.



13, n. 1, p. 3428, 2023.

KOVÁCS, Á. M. Cognitive adaptations induced by a multi-language input in early development. **Current opinion in neurobiology**, v. 35, p. 80–86, 2015.

KUHL, P. K. *et al.* Neuroimaging of the bilingual brain: Structural brain correlates of listening and speaking in a second language. **Brain and language**, v. 162, p. 1–9, 2016.

KUPER, C. *et al.* Functional reorganization of the reading network in the course of foreign language acquisition. **NeuroImage**, v. 226, n. 117544, p. 117544, 2021.

LA ROSA, C.; PAROLISI, R.; BONFANTI, L. Brain structural plasticity: From adult neurogenesis to immature neurons. **Frontiers in neuroscience**, v. 14, p. 75, 2020.

LI, L. *et al.* Bilingualism alters brain functional connectivity between “control” regions and “language” regions: Evidence from bimodal bilinguals. **Neuropsychologia**, v. 71, p. 236–247, 2015.

LI, P.; LEGAULT, J.; LITCOFSKY, K. A. Neuroplasticity as a function of second language learning: anatomical changes in the human brain. **Cortex**, v. 58, p. 301–324, 2014.

LIU, C. *et al.* Language control network adapts to second language learning: A longitudinal rs-fMRI study. **Neuropsychologia**, v. 150, n. 107688, p. 107688, 2021.

LIU, D. *et al.* Learning a second language in adulthood changes subcortical neural encoding. **Neural plasticity**, v. 2020, p. 8836161, 2020.

LUO, D. *et al.* Microstructural plasticity in the bilingual brain. **Brain and language**, v. 196, n. 104654, p. 104654, 2019.

MAQUEDA, M.; VALDIVIA, E.; GALVEZ, A. Scientific publication trends and the developing world. **American scientist**, 6 fev. 2017.

MARZOLA, P. *et al.* Exploring the role of neuroplasticity in development, aging, and neurodegeneration. **Brain sciences**, v. 13, n. 12, p. 1610, 2023.

MECHELLI, A. *et al.* Neurolinguistics: structural plasticity in the bilingual brain. **Nature**, v. 431, n. 7010, p. 757, 2004.

MESCHYAN, G.; HERNANDEZ, A. E. Impact of language proficiency and orthographic transparency on bilingual word reading: an fMRI investigation. **NeuroImage**, v. 29, n. 4, p. 1135–1140, 2006.

NASIOS, G.; DARDIOTIS, E.; MESSINIS, L. From broca and Wernicke to the neuromodulation era: Insights of brain language networks for neurorehabilitation. **Behavioural neurology**, v. 2019, p. 9894571, 2019.

OLGUIN, A. *et al.* Bilingualism and language similarity modify the neural mechanisms of selective



attention. **Scientific reports**, v. 9, n. 1, p. 8204, 2019.

PETITTO, L. A. *et al.* The “Perceptual Wedge Hypothesis” as the basis for bilingual babies’ phonetic processing advantage: new insights from fNIRS brain imaging. **Brain and language**, v. 121, n. 2, p. 130–143, 2012.

PICALHO, A. C.; LUCAS, E. R. DE O.; AMORIM, I. S. Lógica booleana aplicada na construção de expressões de busca. **AtoZ novas práticas em informação e conhecimento**, v. 11, p. 1, 2022.

PRAT, C. S. *et al.* Resting-state qEEG predicts rate of second language learning in adults. **Brain and language**, v. 157–158, p. 44–50, 2016.

QI, Z. *et al.* Speech processing and plasticity in the right hemisphere predict variation in adult foreign language learning. **NeuroImage**, v. 192, p. 76–87, 2019.

QUAST, K. Gamificação, ensino de línguas estrangeiras e formação de professores. **Revista Brasileira de Linguística Aplicada**, v. 20, n. 4, p. 787–820, 2020.

RONDEROS, J. *et al.* Large-scale investigation of white matter structural differences in bilingual and monolingual children: An adolescent brain cognitive development data study. **Human brain mapping**, v. 45, n. 2, p. e26608, 2024.

ROSSI, E. *et al.* Changes in white-matter connectivity in late second language learners: Evidence from diffusion tensor imaging. **Frontiers in psychology**, v. 8, p. 2040, 2017.

SMALLE, E. H. M.; BOGAERTS, L. Sensitive periods in language development: Do children outperform adults on auditory word-form segmentation? **Cortex**, v. 179, p. 35–49, 2024.

SORIA, M. Desafios e perspectivas no ensino de línguas estrangeiras. **Litterae**, v. 1, n. 1, 2 jan. 2012.

STEIN, M. *et al.* Structural plasticity in the language system related to increased second language proficiency. **Cortex**, v. 48, n. 4, p. 458–465, 2012.

STEIN, M. *et al.* Structural brain changes related to bilingualism: does immersion make a difference? **Frontiers in psychology**, v. 5, p. 1116, 2014.

SULLIVAN, M. D. *et al.* Early stage second-language learning improves executive control: evidence from ERP. **Brain and language**, v. 139, p. 84–98, 2014.

TIMMERMANN, A. Quantifying the potential causes of Neanderthal extinction: Abrupt climate change versus competition and interbreeding. **Quaternary science reviews**, v. 238, n. 106331, p. 106331, 2020.

VOITS, T. *et al.* The effects of bilingualism on hippocampal volume in ageing bilinguals. **Brain structure & function**, v. 227, n. 3, p. 979–994, 2022.

WARE, C. *et al.* Does second language learning promote neuroplasticity in aging? A systematic



review of cognitive and neuroimaging studies. **Frontiers in aging neuroscience**, v. 13, p. 706672, 2021.

WEIAND, A. *et al.* **Pieces of Knowledge uma revisão sistemática sobre flashcards**. In: **9ª Mostra de Ensino, Extensão e Pesquisa do Instituto Federal do Rio Grande do Sul - Campus Osório**, 2019, Osório. **Trabalhos Completos - 9ª Mostra de Ensino, Extensão e Pesquisa do Instituto Federal do Rio Grande do Sul - Campus Osório**, 2019. p. 302-308.

XU, Y. *et al.* Subcortical volume and language proficiency in bilinguals and monolinguals: A structural MRI study. **Brain and language**, v. 259, n. 105494, p. 105494, 2024.

YEE, J. *et al.* Subcortical restructuring as a function of multilingualism: Insights from monolinguals, bilinguals, trilinguals and quadrilinguals. **Bilingualism**, v. 27, n. 4, p. 715–728, 2024.

ZOU, L. *et al.* Structural plasticity of the left caudate in bimodal bilinguals. **Cortex**, v. 48, n. 9, p. 1197–1206, 2012.