

O conhecimento de uma segunda língua: explorando os processos cerebrais da aquisição de um segundo idioma

Knowledge of a Second Language: Exploring the Brain Processes of Second Language Acquisition

El Conocimiento de una Segunda Lengua: Explorando los Procesos Cerebrales de la Adquisición de un Segundo Idioma

 **Helena Gandolfo Oliveira¹**

 **Carmem Patrícia Barbosa¹**

 **Josiane Medeiros de Mello¹**

 **Aline Rosa Marosti¹**

¹Universidade Estadual de Maringá.
Maringá, PR, Brasil.

Autor correspondente:

Aline Rosa Marosti

armarosti@uem.br

Submissão: 20 fev 2025

Aceite: 24 mar 2025

RESUMO. Introdução: a aquisição de uma segunda língua promove mudanças cerebrais, evidenciando a plasticidade neural. Embora mais eficiente na infância, o aprendizado na vida adulta exige maior esforço cognitivo. **Objetivo:** analisar as alterações neurais na aprendizagem de um novo idioma, considerando a idade de aquisição. **Metodologia:** revisão de literatura com busca sistemática nas bases PubMed e LILACS, utilizando descritores sobre neuroplasticidade e aprendizado de idiomas. **Resultados:** o bilinguismo aumenta a espessura cortical, a conectividade cerebral e a substância branca, especialmente em áreas da linguagem e do controle cognitivo. Crianças bilíngues apresentam maior eficiência estrutural, enquanto adultos compensam com mais recursos neurais. **Conclusão:** a idade de aquisição influencia a plasticidade cerebral e a proficiência linguística. A infância favorece melhor adaptação neural, enquanto a aprendizagem tardia exige maior recrutamento de redes cerebrais.

Descritores: Aprendizagem; Neuroplasticidade; Crescimento e Desenvolvimento.

ABSTRACT. Introduction: second language acquisition induces brain changes, demonstrating neural plasticity. Although more efficient in childhood, learning in adulthood requires greater cognitive effort. **Objective:** to analyze neural changes in language learning, considering the age of acquisition. **Methodology:** literature review with a systematic search in PubMed and LILACS databases using descriptors on neuroplasticity and language learning. **Results:** bilingualism increases cortical thickness, brain connectivity, and white matter, especially in language and cognitive control areas. Bilingual children show greater structural efficiency, while adults compensate by using more neural resources. **Conclusion:** the age of acquisition influences brain plasticity and language proficiency. Childhood favors better neural adaptation, whereas late learning requires greater recruitment of brain networks.

Descriptors: Learning; Neuroplasticity; Growth and Development.

RESUMEN. Introducción: la adquisición de una segunda lengua induce cambios cerebrales, demostrando la plasticidad neuronal. Aunque es más eficiente en la infancia, el aprendizaje en la edad adulta requiere un mayor esfuerzo cognitivo. **Objetivo:** analizar los cambios neuronales en el aprendizaje de un nuevo idioma, considerando la edad de adquisición. **Metodología:** revisión de literatura con búsqueda sistemática en las bases de datos PubMed y LILACS, utilizando descritores sobre neuroplasticidad y aprendizaje de idiomas. **Resultados:** el bilingüismo aumenta el grosor cortical, la conectividad cerebral y la sustancia blanca, especialmente en áreas del lenguaje y control cognitivo. Los niños bilingües muestran mayor eficiencia estructural, mientras que los adultos compensan utilizando más recursos neuronales. **Conclusión:** la edad de adquisición influye en la plasticidad cerebral y la competencia lingüística. La infancia favorece una mejor adaptación neuronal, mientras que el aprendizaje tardío requiere un mayor reclutamiento de redes cerebrales.

Descritores: Aprendizaje; Neuroplasticidad; Crecimiento y Desarrollo.

INTRODUÇÃO

A aquisição de uma segunda língua (L2) implica em um processo complexo de adaptação cerebral, que ativa diversas redes neurais e leva a alterações estruturais e funcionais do cérebro. Isso ocorre devido à capacidade do cérebro de se adaptar e mudar em resposta a novos estímulos, processo conhecido como neuroplasticidade. Essas características demonstram a habilidade do cérebro humano de se reconfigurar em resposta à aprendizagem, sendo que uma L2 apresenta importantes diferenças individuais, especialmente quando consideramos a faixa etária do indivíduo. Durante a adolescência, a neuroplasticidade é especialmente ativa após o período sensível para o aprendizado linguístico, que acontece por volta dos 12 anos^(1,2).

Aprender uma segunda língua não limita as habilidades cognitivas de alguém a uma única área do cérebro, mas envolve uma interação dinâmica entre várias redes cerebrais que afetam tanto as habilidades de linguagem quanto as funções cognitivas gerais, incluindo controle de atenção e memória. O cérebro passa por mudanças estruturais, como aumento da densidade de substância cinzenta e da integridade da substância branca em crianças, jovens e idosos. Esse aumento da substância cinzenta leva a uma maior ativação cortical devido à ampliação da interconectividade cerebral experienciada por indivíduos bilíngues. Essas redes abrangem componentes do cérebro envolvidos na atenção, controle e processamento da linguagem^(1,3).

Além disso, a aprendizagem de uma L2 leva a um aumento no volume de áreas relacionadas ao processamento semântico, como o giro temporal médio e o giro frontal inferior. As regiões associadas ao controle cognitivo, como o giro cingulado anterior e o núcleo caudado, ajustam-se conforme a proficiência aumenta, com o primeiro apresentando maior eficiência e volume. O núcleo caudado também se destaca por sua conectividade aprimorada, enquanto o giro frontal médio, ligado ao raciocínio e à recuperação lexical, evidencia alterações significativas durante o aprendizado. Regiões de interesse no cérebro, incluindo o córtex cingulado anterior (ACC), núcleo caudado (CN), giro frontal inferior (IFG), giro frontal médio (MFG) e giro temporal médio (MTG), são áreas envolvidas tanto no processamento de uma segunda língua quanto no controle cognitivo. Essas estruturas desempenham papéis fundamentais na regulação da atenção, na coordenação de diferentes idiomas e no aprimoramento das funções executivas, sendo ativadas de maneira mais eficiente conforme a proficiência na L2 se desenvolve⁽³⁾.

Aprender uma segunda língua (L2) traz diversas vantagens cognitivas. Indivíduos bilíngues aprimoram funções executivas como a inibição (que envolve suprimir estímulos irrelevantes), a atualização (que melhora a capacidade de gerenciar informações na memória de trabalho) e a alternância (que facilita a troca entre tarefas e línguas). Essas habilidades resultam em um

monitoramento mais eficaz de conflitos, aprimorando o controle de atenção e a capacidade de lidar com distrações durante o processamento de informações⁽¹⁾.

Reiterando a importância do bilinguismo para a melhoria das habilidades cognitivas, o objetivo desta revisão foi compreender como o cérebro se ajusta ao aprendizado de uma nova linguagem em vários contextos, tais como idade e nível de exposição à nova linguagem. Examinou-se como essas variáveis impactam a função cerebral ao longo do processo de aprendizagem de L2 e como esse aprendizado pode alterar o processamento de L1, além dos impactos sobre funções cognitivas mais amplas, como o controle executivo e a memória.

METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado por meio de uma revisão simples de literatura, na qual foram selecionados artigos científicos relevantes ao tema proposto. A pesquisa foi conduzida em duas bases de dados eletrônicas: PubMed e LILACS, abrangendo os períodos de 2014 a 2024. Foram utilizados os descritores relacionados ao tema central do trabalho: aquisição de segunda língua, neuroplasticidade e desenvolvimento cerebral; e em inglês os mesmos termos *second language acquisition, neuroplasticity, brain development*. Esses descritores foram selecionados após a leitura preliminar de artigos relevantes e a verificação de sua adequação às buscas nos mecanismos de indexação das bases de dados.

Os critérios de inclusão adotados foram: estudos publicados entre 2014 e 2024, disponíveis em inglês, espanhol ou português, e que apresentassem metodologias robustas, tais como ensaios clínicos, revisão sistemática e estudos observacionais que investigassem diretamente a aquisição de uma segunda língua e suas implicações neurológicas. Excluíram-se artigos de opinião, estudos com metodologia pouco clara, publicações duplicadas e aqueles que não abordavam diretamente a relação entre o tema proposto e os mecanismos cerebrais.

Dos 27 artigos inicialmente encontrados (20 da base PubMed e 7 da base LILACS), 7 foram excluídos por serem publicações duplicadas. Além disso, 8 artigos foram descartados após a análise dos resumos por não apresentarem relação direta com o tema ou serem revisões. Outros 3 foram excluídos por não atenderem aos critérios estabelecidos. Dessa forma, foram selecionados e utilizados 9 artigos que atenderam integralmente aos critérios de inclusão e que contribuem para a fundamentação teórica e científica desta revisão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O quadro 1, a seguir, apresenta os principais dados dos artigos analisados nesta revisão de literatura. O resultado dos estudos apresentados revela uma forte correlação entre a aquisição de uma

segunda língua (L2) e mudanças estruturais e funcionais no cérebro, destacando a plasticidade neural em diferentes idades. A pesquisa sugere que, embora a aprendizagem de L2 seja mais eficiente na infância devido à maior plasticidade neural, adultos ainda são capazes de desenvolver essas habilidades, embora com mecanismos diferentes e possivelmente com maior esforço cognitivo.

Quadro 1. Dados dos artigos analisados.

Título do artigo	Revista	Ano publicação	Local de publicação	Objetivo	Principais resultados
Editorial: Second language learning and neuroplasticity: individual differences	Frontiers in Psychology	2024	Publicação internacional, editada por pesquisadores da China, Hong Kong e Reino Unido	Editorial sobre pesquisas relacionadas à aprendizagem de segunda língua e neuroplasticidade, contendo revisão e análise de 5 artigos (4 pesquisas originais e 1 revisão)	Varia entre os estudos citados no editorial, mas um dos estudos analisados incluiu 17 estudantes indianos aprendendo chinês e um grupo controle de 21 estudantes
Neuroplasticity as a function of second language learning: Anatomical changes in the human brain	Cortex	2014	Estados Unidos (Pennsylvania State University)	Revisão sistemática sobre neuroplasticidade e aprendizado de segunda língua, analisando estudos de neuroimagem estrutural e funcional	O artigo revisa diversos estudos com diferentes tamanhos de amostra, incluindo crianças, jovens e idosos bilíngues
A longitudinal investigation of structural brain changes during second language learning	Brain and Language	2019	Estados Unidos (Pennsylvania State University, University of Delaware, Missouri Western State University)	Estudo longitudinal com ressonância magnética estrutural (sMRI) para investigar mudanças cerebrais estruturais durante a aprendizagem de uma segunda língua (espanhol)	24 falantes nativos de inglês aprendendo espanhol em ambiente acadêmico, com idade média de 20,58 anos
Onset age of L2 acquisition influences language network in early and late Cantonese-Mandarin bilinguals	Brain & Language	2017	Elsevier (EUA)	A pesquisa analisou a influência da idade de aquisição da segunda língua na rede neural de bilíngues Cantonês-Mandarin.	A amostra consistiu em 21 participantes, sendo 10 bilíngues precoces (que adquiriram a segunda língua entre 3 e 4 anos

					de idade) e 11 bilíngues tardios (que adquiriram entre 6 e 7 anos de idade).
Microstructural plasticity in the bilingual brain	Brain and Language	2019	Elsevier (EUA)	Bilinguismo (falantes nativos de chinês aprendendo inglês como segunda língua)	50 participantes: 25 bilíngues precoces (aprendizado de inglês antes dos 6 anos) e 25 bilíngues tardios (aprendizado de inglês após os 9 anos)
Differential Signatures of Second Language Syntactic Performance and Age on the Structural Properties of the Left Dorsal Pathway	Frontiers in Psychology	2017	Universidade de Tóquio, Japão	Adolescentes japoneses aprendendo inglês como segunda língua	39 estudantes do ensino médio júnior (13-14 anos) e 38 estudantes do ensino médio sênior (16-17 anos)
Native language change during early stages of second language learning	NeuroReport	2015	Departamento de Psicologia, Center for Language Science, The Pennsylvania State University, EUA	Falantes nativos de inglês aprendendo espanhol como segunda língua	61 participantes: 25 monolíngues de inglês e 36 aprendizes de espanhol (23 iniciantes e 21 intermediários)
Resting-state qEEG predicts rate of second language learning in adults	Brain & Language	2016	Universidade de Washington, EUA	Adultos monolíngues de inglês aprendendo francês como segunda língua	16 participantes (12 mulheres, idade entre 18 e 31 anos)
What you learn & when you learn it: Impact of early bilingual & music experience on the structural characteristics	NeuroImage	2020	Elsevier (EUA)	Bilinguismo e treinamento musical (falantes bilíngues com e sem treinamento musical)	62 participantes: 31 bilíngues músicos (com pelo menos 10 anos de prática musical), 31 bilíngues não músicos.

of auditory-motor pathways					Subdivididos por idade de início da segunda língua e do treinamento musical
----------------------------	--	--	--	--	---

A aprendizagem de uma segunda língua (L2) está associada ao aumento da espessura cortical (CT), indicador da densidade e complexidade estrutural do córtex cerebral. Essas alterações ocorrem principalmente em áreas relacionadas à linguagem e ao controle cognitivo, como o giro temporal médio (MTG), responsável pelo processamento semântico e lexical, e o córtex cingulado anterior (ACC), fundamental para o controle de atenção, a resolução de conflitos e o monitoramento de erros. Além dessas alterações estruturais, a aquisição de uma nova língua pode também promover mudanças funcionais que variam de acordo com aspectos individuais. Dentre essas áreas supracitadas, a que apresenta um maior aumento na espessura cortical é a que forma novas conexões funcionais durante o aprendizado, reforçando a ideia de que essas alterações estruturais estão intimamente ligadas ao processamento lexical e ao controle cognitivo necessário para o domínio da L2⁽¹⁾.

Além disso, alunos mais bem-sucedidos na aprendizagem de L2 apresentam conectividade cerebral diferenciada, especialmente em regiões como o giro frontal inferior (IFG) - que está associado à produção e organização gramatical da linguagem, e o giro temporal superior (STG) - responsável pela compreensão auditiva e processamento semântico da linguagem. Essas áreas desempenham papéis cruciais no processamento e produção linguística, e a maior conectividade entre elas pode estar relacionada ao aprimoramento das habilidades de linguagem em indivíduos bilíngues⁽³⁾.

A conectividade funcional e a estrutura da substância branca do cérebro também variam conforme a proficiência em L2. Pesquisas mostram que a microestrutura da substância branca, que conecta regiões da linguagem, tende a se desenvolver, influenciando diretamente o desempenho linguístico. Da mesma forma, a aprendizagem intensiva de um segundo idioma, especialmente em ambientes imersivos, está associada a aumentos no volume de massa cinzenta (GMV) em áreas do cérebro ligadas ao controle cognitivo e processamento linguístico, como o cerebelo que é fundamental para a coordenação motora e funções cognitivas relacionadas à fluência linguística, e o putame esquerdo que está envolvido na formação de hábitos, desempenhando um papel importante na automatização da linguagem em bilíngues⁽³⁾.

O processamento da linguagem envolve duas vias cerebrais principais, cada uma com funções específicas. A via dorsal, que conecta regiões frontais e temporais, é responsável pela produção da

fala, organização gramatical e processamento sintático. Essa via amadurece mais lentamente e é mais influenciada por experiências linguísticas ao longo da vida. Por outro lado, a via ventral, que conecta áreas temporais inferiores, é responsável pela compreensão semântica, integração do significado das palavras e reconhecimento de sons. Diferentemente da via anterior, essa via amadurece mais rapidamente e apresenta menor plasticidade, sendo menos suscetível a alterações tardias ⁽²⁾.

Além disso, diferenças estruturais no cérebro, como a espessura cortical e a anisotropia fracionada (FA), que mede a organização e a integridade das conexões da substância branca, estão associadas ao desempenho em L2. Destaca-se nesse contexto, o fascículo arqueado, uma estrutura chave da via dorsal, responsável pela conexão entre áreas cerebrais relacionadas à produção da fala e ao processamento gramatical. A FA, que reflete o grau de organização e mielinização das fibras nervosas, pode aumentar com a experiência linguística, mostrando que o cérebro continua a se adaptar ao aprendizado em diferentes fases da vida. Em um estudo de Yamamoto e Sakai⁽²⁾ observou-se que a AF no fascículo arqueado esquerdo estava significativamente correlacionada com a precisão em tarefas sintáticas entre os alunos com alto desempenho. Esses resultados sugerem que o aumento da AF está relacionada ao aprimoramento das habilidades linguísticas, especialmente no processamento de estruturas gramaticais. Além disso, as análises também revelaram diferenças na espessura do fascículo arqueado esquerdo, com os indivíduos do grupo mais velho (sênior) apresentando maior espessura do que os mais jovens (júnior), indicando que essa estrutura continua a se desenvolver ao longo da adolescência. Essas alterações foram específicas para o lado esquerdo do cérebro, com nenhum impacto significativo observado no lado direito⁽²⁾.

Em um estudo de morfometria baseada em voxel avaliou-se a densidade da substância cinzenta (GM) em bilíngues que aprenderam uma língua europeia antes dos 5 anos (bilíngues precoces) ou entre os 10 e 15 anos (bilíngues tardios). Os resultados mostraram que os bilíngues, especialmente os precoces, apresentavam maior densidade de GM no lóbulo parietal inferior esquerdo em comparação com monolíngues. Essa área está relacionada à memória de trabalho fonológica, aprendizado lexical e integração semântica. Dessa forma, a densidade GM foi positivamente associada à proficiência na segunda língua (L2) e negativamente correlacionada com a idade de aquisição da L2, indicando que o aprendizado mais precoce favorece alterações estruturais mais benéficas ao cérebro. Já o giro supramarginal posterior (SMG), foi associado ao conhecimento e à expansão do vocabulário, desempenhando um papel fundamental na integração sensorio-motora e no processamento fonológico⁽¹⁾.

A plasticidade neural na aquisição de uma segunda língua (L2) é influenciada pela experiência inicial com a linguagem. Embora a aprendizagem se torne progressivamente mais difícil com a idade, alcançar um nível de proficiência nativo ainda é possível. No entanto, isso requer o envolvimento de

um maior número de recursos neurais, o que implica um maior esforço cognitivo para suportar o processamento da L2⁽⁴⁾.

A idade em que a segunda língua é aprendida e o nível de proficiência alcançado nela são dois fatores amplamente reconhecidos que influenciam as diferenças neurais observadas em bilíngues durante o processamento de L2. Os bilíngues tardios demonstraram maior ativação em regiões específicas durante o processamento de L2, quando comparados aos bilíngues iniciais. Nessas pessoas, o giro frontal inferior esquerdo foi ativado de forma mais intensa, estando relacionado à produção da fala e organização gramatical. Além disso, o córtex pré-motor esquerdo mostrou maior envolvimento, sendo responsável pelo planejamento motor, incluindo os movimentos articulatórios da fala. Já o giro fusiforme esquerdo (área 37 de Brodmann) apresentou maior ativação, desempenhando um papel fundamental no reconhecimento visual de palavras e letras. Foram observadas ainda, ativações aumentadas na parte triangular e opercular do giro frontal inferior, ligadas à integração linguística, no giro temporal inferior esquerdo, responsável pelo processamento semântico, e nos gânglios da base, importantes para o controle motor e a automatização de habilidades linguísticas⁽⁵⁾.

Ademais, nos idosos a experiência bilíngue pode oferecer uma “reserva cognitiva”, protegendo contra o declínio cognitivo. Dessa forma, essas pessoas bilíngues apresentavam maior volume de GM em comparação a monolíngues, especialmente em áreas associadas ao processamento conceitual lexical. Isso sugere que a experiência bilíngue pode ajudar a mitigar a diminuição do volume cerebral no envelhecimento, protegendo-os contra o declínio cognitivo. Isso sugere que a idade não é um fator limitante para a neuroplasticidade, e que aprender novas habilidades, como uma língua, pode fortalecer redes neurais e combater o declínio cognitivo⁽¹⁾.

A análise da microestrutura cerebral por meio da técnica de ressonância magnética quantitativa (qMRI) revelou diferenças significativas entre bilíngues precoces e tardios. A qMRI consiste em medir propriedades específicas dos tecidos cerebrais, como a proliferação microestrutural (MTV) e o tempo de relaxação (T1). A MTV reflete a densidade e a organização das células cerebrais, indicando maior eficiência das redes neurais. Já a T1 mede a recuperação do sinal após a excitação por pulsos magnéticos, sendo um indicador da composição dos tecidos e da mielinização. Os bilíngues precoces apresentaram maior MTV e menor T1, sugerindo maior densidade celular e eficiência estrutural em regiões relacionadas ao processamento linguístico. Além disso, a idade de aquisição da segunda língua mostrou correlação significativa com essas medidas, indicando que a aprendizagem precoce está associada a maiores benefícios estruturais no cérebro. A análise revelou uma maior eficiência na conectividade entre diferentes regiões cerebrais envolvidas na linguagem, especialmente nas áreas associadas ao processamento fonético e semântico. Essa conectividade

também foi observada no hemisfério direito, indicando a participação bilateral do cérebro no processamento da linguagem⁽⁵⁾.

Ao processar uma língua, o cérebro precisa lidar com a interferência lexical da outra língua, o que pode trazer vantagens cognitivas em tarefas executivas. Para bilíngues proficientes, ambas as línguas (L1 e L2) permanecem ativas ao mesmo tempo, mesmo quando apenas uma é usada, o que pode gerar competição entre elas. Isso facilita o processamento de palavras semelhantes entre as línguas (cognatos), mas pode retardar o acesso às palavras quando há necessidade de selecionar a língua correta. Dessa forma, a aprendizagem de uma nova língua começa a impactar a língua nativa desde o início do processo e não apenas quando o aluno atinge um nível elevado de proficiência. Isso implica que a capacidade de regular a influência da L1 pode ser crucial para alcançar maior habilidade na L2^(5,3,6).

Aprender uma segunda língua na idade adulta é significativamente mais desafiador do que na infância, sendo raros que adultos atinjam uma fluência comparável à dos nativos. Isso está relacionado à plasticidade neural que diminui com a idade. Além dos processos fonológicos, mecanismos cognitivos gerais, como a aprendizagem implícita e a capacidade de memória de trabalho, são importantes para prever o sucesso no aprendizado de um segundo idioma. O estudo destaca a importância da eficiência e da sincronização neural na capacidade linguística, tanto na língua nativa quanto na aprendizagem de L2. As características da atividade cerebral em estado de repouso foram identificadas como preditoras confiáveis do desempenho em L2, indicando que a lateralização da atividade cerebral exerce um papel significativo no processo de aprendizagem. Especificamente, o maior envolvimento do hemisfério direito mostrou-se associado a uma maior velocidade de aprendizado, sugerindo sua importância na aquisição rápida de novas habilidades linguísticas⁽⁷⁾.

O estudo demonstrou que o reconhecimento de rostos com características étnicas pode influenciar o processamento linguístico em bilíngues. Durante a realização de tarefas de linguagem, bilíngues com baixo domínio tanto do chinês quanto do inglês apresentaram diferentes padrões de resposta, dependendo da combinação entre a língua falada e o rosto do interlocutor. Por exemplo, quando o rosto tinha traços asiáticos e a língua falada era o chinês, o desempenho dos participantes foi diferente de quando a mesma língua era falada por uma pessoa com características ocidentais. Esse fenômeno, conhecido como controle reativo da linguagem, mostra que os bilíngues ajustam sua resposta com base nos sinais visuais recebidos, como a aparência do interlocutor, reforçando a importância do contexto visual para o aprendizado e o processamento linguístico⁽⁸⁾.

A música juntamente com a aquisição de uma segunda língua, pode levar a alterações no fascículo arqueado, uma via neural crucial tanto para a linguagem quanto para a música. O estudo

revelou que bilíngues que iniciaram o aprendizado da segunda língua desde cedo, porém sem música, apresentaram maior lateralização para o hemisfério esquerdo, destacando um desenvolvimento mais robusto das conexões auditivas e motoras ligadas à linguagem. Por outro lado, indivíduos com treinamento musical precoce demonstraram uma redução dessa assimetria, com maior ativação no hemisfério direito, indicando que a prática musical modifica as vias auditivo-motoras de maneira distinta da linguagem. Essas diferenças refletem as naturezas complementares, mas distintas, dessas experiências: o aprendizado de uma língua geralmente é imersivo e começa na infância, enquanto o treinamento musical, frequentemente iniciado mais tarde, envolve prática intencional e repetitiva. Apesar de ambos promoverem a plasticidade cerebral, a experiência bilíngue parece moldar predominantemente o hemisfério esquerdo, enquanto a música exerce maior influência sobre o direito. Isso destaca como diferentes tipos de aprendizado podem moldar as redes neurais de forma específica e adaptativa⁽⁹⁾.

Algumas pessoas aprendem a L2 em um curto período, como aqueles que se mudam para o exterior ou buscam emprego em outro país. Da mesma forma, o aprendizado intensivo pode também levar a mudanças anatômicas no cérebro pois ocorre aumento no volume cerebral em regiões associadas ao processamento linguístico. Dessa forma, quando se é aprendido um vocabulário rapidamente é sinal que ocorreu melhorias nas estruturas cerebrais, destacando a importância do treinamento na aquisição de L2. Mesmo um curto período de treinamento pode resultar em aumentos na densidade de massa cinzenta e na conectividade cerebral. Porém experiências de longo prazo, como anos de aprendizagem de línguas, podem resultar em efeitos mais duradouros. Além disso, a intensidade e qualidade da experiência do aluno podem determinar a eficácia do aprendizado, sugerindo que experiências breves podem ter impacto se forem intensivas e qualitativas⁽¹⁾.

CONCLUSÃO

A aquisição de uma segunda língua evidencia a plasticidade cerebral, promovendo diversas mudanças estruturais e funcionais. Entre as principais alterações observadas estão o aumento da densidade de substância cinzenta em áreas relacionadas ao controle cognitivo e ao processamento linguístico, como o giro frontal inferior e o giro temporal médio. Além disso, há maior integridade da substância branca, melhorando a conectividade entre diferentes regiões cerebrais. Essas modificações variam conforme a idade e a intensidade do aprendizado, sendo mais pronunciadas durante a adolescência e em indivíduos expostos precocemente a uma segunda língua. O bilinguismo, por sua vez, reforça funções executivas como atenção, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva, além de contribuir para a reserva cognitiva, protegendo contra o declínio cognitivo ao longo da vida.

REFERÊNCIAS

1. Li P, Legault J, Litcofsky KA. Neuroplasticity as a function of second language learning: anatomical changes in the human brain. *Cortex*. 2014;58:301-24. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2014.05.001>
2. Yamamoto K, Sakai KL. Differential Signatures of Second Language Syntactic Performance and Age on the Structural Properties of the Left Dorsal Pathway. *Front Psychol*. 2017;8:829. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00829>
3. Legault J, Grant A, Fang SY, Li P. A longitudinal investigation of structural brain changes during second language learning. *Brain Lang*. 2019; 197:104661. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2019.104661>
4. Liu X, Tu L, Wang J, Jiang B, Gao W, Pan X, et al. Onset age of L2 acquisition influences language network in early and late Cantonese-Mandarin bilinguals. *Brain Lang*. 2017;174:16-28. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2017.07.003>
5. Luo D, Kwok VPY, Liu Q, Li W, Yang Y, Zhou K, et al. Microstructural plasticity in the bilingual brain. *Brain Lang*. 2019;196:104654. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2019.104654>
6. Bice K, Kroll JF. Native language change during early stages of second language learning. *Neuroreport*. 2015;26(16):966-71. DOI: <https://doi.org/10.1097/wnr.0000000000000453>
7. Prat CS, Yamasaki BL, Kluender RA, Stocco A. Resting-state qEEG predicts rate of second language learning in adults. *Brain Lang*. 2016;157-158:44-50. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2016.04.007>
8. Yang J, Cao F, van Heuven WJB, Mei L. Editorial: Second language learning and neuroplasticity: individual differences. *Front Psychol*. 2024;15:1417238. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1417238>
9. Vaquero L, Rousseau PN, Vozian D, Klein D, Penhune V. What you learn & when you learn it: Impact of early bilingual & music experience on the structural characteristics of auditory-motor pathways. *Neuroimage*. 2020;213:116689. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.116689>