

NEUROCIÊNCIA, NUTRIÇÃO E APRENDIZAGEM: O EIXO INTESTINO-CÉREBRO NO CONTEXTO ESCOLAR

NEUROSCIENCE, NUTRITION, AND LEARNING: THE GUT-BRAIN AXIS IN THE SCHOOL CONTEXT

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.028-046>

Elberto Teles Ribeiro

Discente do PPGG mestrado em Geografia
Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)
LATTES: lattes.cnpq.br/2202432909303768

Paulina Nunes da Silva

Nutricionista, Mestre em Educação Física
Universidade de Brasília - UnB
E-mail: mkt.heringer@gmail.com

Fabiola Rocha Silva Batista dos Santos

Nutricionista clínica, Especialista em Aleitamento Materno Infantil
Faculdades Metropolitanas Unidas Educacionais (FMU)
E-mail: Fabiolarocha25@gmail.com

Danielle Benevinuto Cruz

Nutricionista
Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP)
E-mail: danielle.cruz@unifesp.br

Cristiane Falcão de Sousa

Coordenadora pedagógica na Rede Municipal de Ensino de Campo Grande-MS
Faculdade do Vale do Iatjaí-Mirm (FAVIM)
E-mail: cris.souza.falcao@gmail.com

Michele Maria Silva Franco

Doutora em Administração
Centro Universitário Campo Limpo Paulista (UNIFAC-CAMP)
E-mail: michellysfranco@hotmail.com

Priscilla Loura Magalhães Tavares Duarte

Acadêmica de Nutrição e Especialista em Gestão Escolar
Centro Universitário Internacional (UNINTER)
E-mail: priscillatavaresduarte@hotmail.com

Vívian Ahuké Alves Barros Valadares

Docente de Apoio Educacional Especializado na REE/MS
Centro Universitário FAVENI
E-mail: vivi.fazendas@hotmail.com



Rinaldo Holanda de Sousa Filho

Bacharel em Ciências Contábeis e acadêmico de Nutrição
Centro Universitário Maurício de Nassau (UNINASSAU)

E-mail: rinaldowalk@gmail.com

Zuila Acioly Marques Leite

Nutricionista clínica

Faculdade JK

E-mail: contatonutrividaz@gmail.com

Silvia Martins Campos

Acadêmica de Nutrição

UNIFECAF

E-mail: adm.silviamartins@gmail.com

RESUMO

A neurociência contemporânea tem evidenciado a relevância da nutrição e do eixo intestino cérebro para o desenvolvimento cognitivo, o comportamento e os processos de aprendizagem no contexto escolar. Este artigo, de natureza qualitativa, apresenta uma revisão de literatura sobre as inter-relações entre neurociência, nutrição e aprendizagem, com foco no papel da microbiota intestinal na modulação de funções como atenção, memória e regulação emocional em crianças em idade escolar. A pesquisa foi conduzida por um grupo de 12 pesquisadores, composto por professores e nutricionistas, organizado como grupo de estudo e pesquisa coordenado pelos professores Paulina Nunes da Silva e Elberto Teles Ribeiro, que realizaram diversas reuniões para discutir o tema e selecionar as evidências científicas mais relevantes. Foram identificados estudos que apontam que padrões alimentares saudáveis, associados ao equilíbrio da microbiota intestinal, se relacionam com melhor desempenho cognitivo e maior engajamento nas atividades escolares, embora ainda existam lacunas importantes quanto à transposição desses achados para práticas pedagógicas e políticas de alimentação escolar. Conclui-se que integrar conhecimentos sobre eixo intestino cérebro, nutrição e aprendizagem pode qualificar intervenções no ambiente escolar, demandando novos estudos interdisciplinares e formação continuada de profissionais da educação e da saúde.

Palavras-chave: Neurociência; Eixo intestino-cérebro; Aprendizagem escolar.

ABSTRACT

Contemporary neuroscience has highlighted the relevance of nutrition and the gut–brain axis for cognitive development, behavior, and learning processes in the school context. This qualitative article presents a literature review on the interrelations among neuroscience, nutrition, and learning, with a focus on the role of the intestinal microbiota in modulating functions such as attention, memory, and emotional regulation in school-age children. The study was conducted by a group of 12 researchers, composed of professors and nutritionists, organized as a study and research group coordinated by professors Paulina Nunes da Silva and Elberto Teles Ribeiro, who held several meetings to discuss the topic and select the most relevant scientific evidence. The review identified studies indicating that healthy dietary patterns, associated with balanced intestinal microbiota, are related to better cognitive performance and greater engagement in school activities, although important gaps remain regarding the translation of these findings into pedagogical practices and school feeding policies. It is concluded that integrating knowledge on the gut–brain axis, nutrition, and learning can improve interventions in the school environment, requiring further interdisciplinary studies and ongoing training of education and health professionals.

Keywords: Neuroscience; Gut–brain axis; School learning.



1 INTRODUÇÃO

As últimas décadas têm testemunhado um avanço expressivo dos estudos em neurociência que buscam compreender como fatores biológicos, ambientais e sociais se articulam na constituição dos processos de desenvolvimento infantil e de aprendizagem escolar (Johnson; De Haan, 2015; Immordino-Yang, 2016). Nesse cenário, a nutrição emerge como componente central, na medida em que a qualidade da alimentação, desde os primeiros anos de vida, influencia a maturação estrutural e funcional do cérebro, com repercussões sobre cognição, comportamento e desempenho acadêmico (Georgieff, 2016; Prado; Dewey, 2014). Revisões de literatura têm mostrado que déficits nutricionais, tanto por desnutrição quanto por excesso e má qualidade alimentar, podem comprometer o desenvolvimento de funções como atenção, memória, velocidade de processamento e autorregulação, fundamentais para a participação ativa do estudante nas atividades escolares (Prado; Dewey, 2014; Walker et al., 2011).

Diversos autores destacam que nutrientes como ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa, ferro, zinco, iodo e colina desempenham papel particularmente relevante na formação de membranas neuronais, na mielinização, na síntese de neurotransmissores e na plasticidade sináptica, sobretudo nas chamadas janelas críticas do desenvolvimento (Georgieff, 2016; Black et al., 2017). Quando tais demandas não são adequadamente atendidas, podem ocorrer prejuízos duradouros na arquitetura cerebral e nos circuitos envolvidos em funções executivas, linguagem e comportamento socioemocional, o que se reflete em maiores dificuldades de aprendizagem e menores oportunidades de participação escolar qualificada (Black et al., 2017; Walker et al., 2011). Em sentido complementar, intervenções nutricionais em crianças em idade pré-escolar e escolar, especialmente em contextos de vulnerabilidade socioeconômica, têm sido associadas à melhora de indicadores cognitivos e de desempenho em tarefas acadêmicas, evidenciando a potência de estratégias baseadas em alimentação adequada e saudável (Benton, 2010; Nounou et al., 2022).

Paralelamente ao reconhecimento do papel da nutrição na estruturação do sistema nervoso central, ganha destaque a noção de eixo microbiota-intestino-cérebro, compreendido como um sistema de comunicação bidirecional entre o trato gastrointestinal e o cérebro, mediado por vias neurais, endócrinas, imunológicas e metabólicas (Cryan; Dinan, 2012; Mayer et al., 2015). Estudos recentes indicam que a composição e a diversidade da microbiota intestinal interferem na maturação de circuitos neurais, na modulação da resposta ao estresse, na regulação de neurotransmissores e na integridade da barreira hematoencefálica, com implicações para a emergência de quadros neuropsiquiátricos, bem como para o desenvolvimento típico de habilidades cognitivas e socioemocionais (Sharon et al., 2016; Zheng et al., 2016). Pesquisas com crianças em idade escolar têm mostrado associações entre perfis específicos de microbiota, produção de metabólitos como ácidos graxos de cadeia curta e desempenho em testes de linguagem, memória e funções executivas, sugerindo que o eixo intestino-cérebro pode constituir uma via



relevante para compreender diferenças de desempenho e engajamento nas atividades escolares (Konishi et al., 2023; Arseneault-Bréard et al., 2012).

No âmbito da infância, revisões atuais apontam que a interação entre nutrição, microbiota intestinal e desenvolvimento cerebral é especialmente sensível nos primeiros anos de vida, mas mantém repercussões ao longo da idade pré-escolar e escolar, período em que se intensificam demandas cognitivas e socioemocionais na escola (Cryan; O’riordan; Cowan, 2019; Mitrea et al., 2022). A literatura indica que padrões alimentares baseados em alimentos in natura e minimamente processados, ricos em fibras, vitaminas, minerais e compostos bioativos, favorecem maior diversidade microbiana e um perfil metabólico mais favorável à saúde cerebral, enquanto dietas ricas em açúcares simples, gorduras saturadas e ultraprocessados se associam a inflamação de baixo grau, disbiose intestinal e pior desempenho cognitivo (Tilg; Zmora; Elinav, 2020; Silva et al., 2023). Esses achados aproximam o campo da neurociência da aprendizagem do debate sobre políticas de alimentação escolar, educação alimentar e nutricional e ambientes promotores de saúde na escola, evidenciando que o cotidiano alimentar dos estudantes constitui também um objeto pedagógico e de cuidado (Martins et al., 2019; World Health Organization, 2018).

Apesar dos avanços, ainda são limitados os estudos que articulam, de forma explícita, os conhecimentos sobre neurociência, nutrição, microbiota intestinal e aprendizagem escolar, especialmente em perspectivas interdisciplinares que integrem educação e saúde (Cryan; Dinan; Foster, 2019; Mitrea et al., 2022). Muitas pesquisas concentram-se em desfechos clínicos ou em indicadores neurobiológicos, enquanto o impacto desses processos no contexto da sala de aula, nas práticas de ensino e nas políticas de formação docente permanece pouco explorado (Immordino-Yang, 2016; Goswami, 2015). Nesse sentido, há uma lacuna importante a ser preenchida por estudos de revisão que sistematizem as evidências existentes sobre o eixo intestino-cérebro e os processos de aprendizagem, discutindo suas implicações para o cotidiano das escolas, para a organização de programas de alimentação escolar e para a formação continuada de professores e profissionais da saúde que atuam em contextos educativos (Cryan; O’riordan; Cowan, 2019; Martins et al., 2019).

Diante desse cenário, constituiu-se um grupo de pesquisa interdisciplinar, composto por 12 pesquisadores entre professores e nutricionistas, com o objetivo de aprofundar a compreensão das relações entre neurociência, nutrição e aprendizagem, com foco no eixo intestino-cérebro no contexto escolar. Esse grupo foi coordenado pelos professores Paulina Nunes da Silva e Elberto Teles Ribeiro, que organizaram uma série de encontros destinados à leitura crítica de artigos, discussão teórica e definição de critérios para seleção das evidências científicas a serem incluídas neste estudo. A experiência coletiva do grupo, articulando diferentes campos de formação e atuação, permitiu não apenas ampliar o repertório de referências, mas também problematizar a pertinência pedagógica das evidências, considerando a realidade



das escolas públicas e os desafios cotidianos vividos por professores e estudantes (Martins et al., 2019; World Health Organization, 2018).

Assim, o presente artigo tem como objetivo realizar uma revisão de literatura sobre a relação entre neurociência, nutrição e aprendizagem, com ênfase no eixo intestino-cérebro e suas implicações para o desempenho cognitivo, o comportamento e a aprendizagem de crianças em idade escolar. Busca-se identificar e analisar criticamente estudos que explorem a influência de padrões alimentares, composição da microbiota intestinal e intervenções nutricionais sobre funções cognitivas e socioemocionais relevantes para o processo ensino-aprendizagem, discutindo como esses conhecimentos podem subsidiar práticas pedagógicas e ações intersetoriais em saúde e educação (Cryan; Dinan, 2012; Georgieff, 2016). A relevância deste estudo reside na possibilidade de oferecer um panorama atualizado e integrado das evidências, contribuindo para o debate sobre a importância de políticas de alimentação escolar, programas de educação alimentar e nutricional e formação docente sensível às contribuições da neurociência, sem perder de vista os determinantes sociais da saúde e as condições concretas de vida dos estudantes (Martins et al., 2019; World Health Organization, 2018).

2 METODOLOGIA

A metodologia deste estudo foi delineada de modo a conferir rigor e coerência ao objetivo de revisar criticamente a literatura sobre neurociência, nutrição, eixo intestino-cérebro e aprendizagem no contexto escolar, articulando evidências de diferentes campos do conhecimento. Trata-se de uma revisão de literatura de caráter narrativo, com inspiração integrativa, voltada à síntese teórica e à análise crítica de estudos empíricos e revisões que abordam a relação entre nutrição, microbiota intestinal, desenvolvimento cerebral e desfechos cognitivos e comportamentais em crianças. Essa opção metodológica buscou permitir a incorporação de pesquisas clínicas, experimentais e observacionais, bem como de revisões sistemáticas e narrativas, de forma a construir um panorama abrangente e, ao mesmo tempo, analiticamente consistente sobre o tema.

O contexto de construção desta revisão envolveu um grupo de pesquisa interdisciplinar composto por 12 pesquisadores, entre professores e nutricionistas, com experiência em atuação em escolas, serviços de saúde e consultórios de nutrição. O grupo foi coordenado pelos professores Paulina Nunes da Silva e Elberto Teles Ribeiro, responsáveis pela organização dos encontros, pela mediação das discussões teóricas e pela orientação do processo de seleção e análise das fontes. Ao longo de diversas reuniões, o coletivo identificou, a partir da prática profissional em contextos escolares e clínicos, a necessidade de aprofundar o debate sobre a influência da alimentação e do eixo intestino-cérebro nos processos de aprendizagem, comportamento e atenção das crianças, reconhecendo a pertinência e atualidade do tema frente aos desafios cotidianos observados em sala de aula e nos consultórios.



Os procedimentos metodológicos seguiram etapas articuladas. Inicialmente, o grupo definiu a pergunta orientadora da revisão, voltada a investigar de que modo a nutrição e a microbiota intestinal, mediadas pelo eixo intestino-cérebro, se relacionam com o desenvolvimento cerebral e com a aprendizagem de crianças em idade escolar. Em seguida, estabeleceu-se um conjunto de descritores em português e inglês, combinando termos como “nutrição”, “desenvolvimento cerebral”, “microbiota intestinal”, “eixo intestino-cérebro”, “aprendizagem”, “crianças” e suas correspondentes em inglês, para condução das buscas nas bases de dados científicas nacionais e internacionais. As buscas foram realizadas em bases amplamente utilizadas na área da saúde e educação, como PubMed/MEDLINE, SciELO, Scopus e Web of Science, além de consulta a documentos técnicos e relatórios de organismos internacionais ligados à nutrição e ao desenvolvimento infantil.

Foram adotados critérios de inclusão que privilegiaram artigos publicados em periódicos revisados por pares, em português, inglês ou espanhol, que abordassem explicitamente a relação entre nutrição e desenvolvimento cerebral na infância, a interface entre microbiota intestinal e cognição ou comportamento infantil, ou ainda a articulação entre alimentação, microbioma e desempenho escolar. Foram priorizados estudos publicados nos últimos 15 anos, sem excluir, entretanto, referências clássicas reconhecidas pela relevância teórica ou metodológica. Foram excluídos trabalhos que tratavam exclusivamente de desfechos em adultos sem discussão sobre infância, artigos com foco restrito em patologias sem interface com aprendizagem ou que não apresentassem dados ou discussão sobre funções cognitivas ou comportamento.

Após a definição dos critérios, cada pesquisador do grupo ficou responsável por localizar e selecionar estudos relacionados ao tema, apresentando em reuniões subsequentes os artigos considerados mais pertinentes para apreciação coletiva. Em cada encontro, os trabalhos foram discutidos quanto à qualidade metodológica, ao tipo de delineamento, aos desfechos avaliados (cognitivos, comportamentais, escolares) e à clareza com que estabeleciam relações entre nutrição, microbiota e desenvolvimento cerebral. Esse processo de leitura compartilhada e debate permitiu refinar progressivamente o corpus da revisão, assegurando a inclusão de estudos com maior robustez teórica e empírica. Ao final das etapas de seleção e discussão, o grupo definiu um conjunto de 10 trabalhos considerados de alto impacto e relevância para o objetivo do estudo, incluindo revisões amplas sobre nutrição e desenvolvimento cerebral, artigos de referência sobre microbiota-intestino-cérebro em crianças e estudos que exploram diretamente associações entre microbioma, cognição e comportamento na infância.

A fundamentação teórica da revisão se ancorou em autores e estudos de referência internacional que discutem o papel da nutrição no desenvolvimento do cérebro infantil, a começar pelas sínteses de Prado e Dewey, que descrevem a relação entre deficiência nutricional precoce e prejuízos de longo prazo em cognição e produtividade, e de Georgieff, que detalha a contribuição de macro e micronutrientes para processos como mielinização, sinaptogênese e neurotransmissão. No campo da microbiota e do eixo



intestino-cérebro, foram mobilizadas revisões que analisam o papel da microbiota no desenvolvimento cerebral, no comportamento e em quadros neuropsiquiátricos, bem como estudos que investigam associações entre perfis microbianos e indicadores de desenvolvimento cognitivo em crianças. A partir desses referenciais, a análise dos artigos selecionados buscou integrar as contribuições de estudos experimentais, clínicos e epidemiológicos, articulando-as com o contexto educacional e com as práticas de cuidado em saúde e nutrição voltadas à infância.

Entre os dez estudos centrais considerados nesta revisão, destacam-se: a revisão de Prado e Dewey sobre nutrição e desenvolvimento cerebral em países de baixa e média renda; os trabalhos de Georgieff acerca da via que conecta deficiência nutricional precoce e função cerebral; a síntese recente de Jiang e colaboradores sobre o papel da nutrição e do microbioma intestinal no desenvolvimento cerebral e no comportamento infantil; a revisão sobre o eixo microbioma-intestino-cérebro em desenvolvimento cognitivo na primeira infância; estudos longitudinais que associam características da microbiota a escores de desenvolvimento cognitivo em crianças pequenas; e revisões narrativas e sistemáticas sobre o eixo intestino-cérebro e cognição em diferentes condições pediátricas. Esses trabalhos foram tomados como núcleo estruturante da discussão, ao lado de artigos complementares que aprofundam aspectos específicos, como mecanismos neurobiológicos envolvidos, impactos de padrões alimentares contemporâneos sobre a microbiota e potenciais implicações para políticas públicas em nutrição e educação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dez estudos selecionados evidencia, de forma convergente, que a nutrição exerce papel decisivo no desenvolvimento estrutural e funcional do cérebro infantil, com repercussões diretas sobre cognição, comportamento e aprendizagem escolar. As revisões de Prado e Dewey e de Georgieff mostram que deficiências de macro e micronutrientes em períodos sensíveis do desenvolvimento comprometem processos como mielinização, sinaptogênese e produção de neurotransmissores, o que se traduz em menor desempenho em tarefas de atenção, memória e funções executivas, especialmente em contextos de vulnerabilidade socioeconômica. De modo complementar, revisões recentes em nutrição e desenvolvimento infantil indicam que intervenções nutricionais estruturadas, sobretudo em ambientes com alta prevalência de insegurança alimentar, podem melhorar indicadores cognitivos e de desempenho acadêmico, reforçando o lugar da alimentação adequada como determinante educacional.

Os resultados também apontam que a compreensão da relação entre nutrição e aprendizagem evoluiu de uma visão centrada apenas em carências nutricionais para uma perspectiva mais ampla, que inclui a qualidade global da dieta, a exposição a alimentos ultraprocessados e o papel da microbiota intestinal. Estudos de revisão sobre o eixo microbiota-intestino-cérebro descrevem a microbiota como um “órgão” funcional que dialoga com o sistema nervoso central por vias neurais, endócrinas, imunológicas e



metabólicas, modulando respostas ao estresse, processos inflamatórios e circuitos ligados ao humor e às funções cognitivas. Nesse sentido, os resultados sintetizados pelo grupo de pesquisa sugerem que a discussão sobre aprendizagem escolar deve incorporar, para além de metodologias didáticas e condições materiais da escola, a dimensão biológica e nutricional, incluindo a composição da dieta, a saúde intestinal e o equilíbrio da microbiota como fatores que influenciam a prontidão e a capacidade de aprender.

No percurso de leitura e análise realizado pelo grupo de 12 pesquisadores, coordenado pelos professores Paulina Nunes da Silva e Elberto Teles Ribeiro, emergiu ainda um consenso quanto à pertinência de aproximar evidências biomédicas do cotidiano escolar e dos consultórios de nutrição. As discussões coletivas evidenciaram que, embora a literatura apresente dados robustos sobre nutrição, microbiota e desfechos neurocognitivos, há escassez de produções que traduzam esses achados em orientações para professores, gestores escolares e profissionais da saúde que atuam diretamente com crianças em idade escolar. Assim, os resultados desta revisão foram organizados de modo a explicitar, em primeiro lugar, os vínculos entre nutrição e desenvolvimento cerebral; em seguida, o papel do eixo intestino-cérebro; e, por fim, as implicações desses achados para o contexto escolar, servindo de base à discussão crítica conduzida pelo grupo.

3.1 RESULTADOS OBTIDOS

Os estudos focados em nutrição e desenvolvimento cerebral infantil indicam que a oferta adequada de energia, proteínas e micronutrientes, em especial ferro, zinco, iodo, ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa e colina, está associada a melhor desempenho em testes de linguagem, atenção seletiva, memória de trabalho e funções executivas. Prado e Dewey descrevem que deficiências nutricionais nos primeiros mil dias de vida se associam a escores mais baixos de desenvolvimento cognitivo e escolaridade ao longo da vida, sobretudo em países de baixa e média renda, onde a carga de desnutrição e de dietas de baixa qualidade é mais elevada. Em consonância, revisões e estudos técnicos apontam que programas de suplementação e fortificação, combinados a políticas de segurança alimentar, contribuem para atenuar déficits cognitivos em crianças expostas a vulnerabilidades nutricionais, ainda que nem sempre revertam integralmente prejuízos instalados em períodos críticos.

No que se refere ao eixo microbiota-intestino-cérebro, revisões narrativas e sistemáticas evidenciam que a composição e a diversidade da microbiota intestinal em crianças estão associadas a marcadores de desenvolvimento cognitivo, padrões de comportamento e risco de alterações emocionais. Estudos longitudinais com populações pediátricas relatam que perfis microbianos mais diversos, com maior presença de gêneros produtores de ácidos graxos de cadeia curta, se correlacionam com melhores escores em testes de linguagem, memória e funções executivas, enquanto quadros de disbiose se associam a maior prevalência de sintomas ansiosos, depressivos e problemas de atenção. Revisões mais amplas sobre o eixo



microbiota-intestino-cérebro também enfatizam a participação de vias inflamatórias, do nervo vago e de neurotransmissores como serotonina e GABA na mediação dos efeitos da microbiota sobre o cérebro, sugerindo um papel significativo da saúde intestinal na regulação do humor e do comportamento.

Quanto à qualidade da dieta e aos padrões alimentares, os estudos analisados convergem ao indicar que dietas ricas em alimentos in natura e minimamente processados, com alto teor de fibras, vitaminas, minerais e compostos bioativos, favorecem um ambiente microbiano mais estável e anti-inflamatório, com efeitos positivos sobre a saúde cerebral e o funcionamento cognitivo. Em contraste, padrões alimentares marcados pelo consumo frequente de ultraprocessados, açúcares simples e gorduras saturadas mostram associação com inflamação de baixo grau, disbiose intestinal, pior desempenho em tarefas cognitivas e aumento de problemas de comportamento. Em conjunto, os dez trabalhos centrais selecionados pelo grupo — incluindo a revisão de Prado e Dewey sobre desenvolvimento cerebral, os estudos de Georgieff sobre nutrição e cérebro, revisões recentes sobre nutrição e microbioma na infância e artigos que investigam associações entre microbiota e cognição em crianças — oferecem um corpo de evidências que sustenta a hipótese de que intervenções alimentares e estratégias de promoção de saúde intestinal podem contribuir para melhorar condições de aprendizagem.

3.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados desta revisão permitem discutir a aprendizagem escolar a partir de uma perspectiva ampliada, que articula dimensões neurobiológicas, nutricionais e pedagógicas. A evidência de que a nutrição adequada, especialmente nos primeiros anos de vida, constitui fundamento para o desenvolvimento de funções cognitivas superiores implica reconhecer que dificuldades de aprendizagem frequentemente observadas em sala de aula podem estar associadas não apenas a estratégias didáticas ou fatores socioemocionais, mas também a trajetórias alimentares marcadas por carências, dietas de baixa qualidade ou exposição crônica a ultraprocessados. Do ponto de vista da neurociência da educação, isso reforça a importância de compreender a criança como sujeito encarnado, cujo cérebro em desenvolvimento responde tanto à qualidade das interações pedagógicas quanto às condições biológicas, entre as quais a alimentação e a saúde intestinal ocupam papel de destaque.

A literatura sobre microbiota-intestino-cérebro adiciona uma camada de complexidade a essa discussão, ao indicar que a saúde intestinal pode modular não apenas o desempenho cognitivo, mas também o humor, a ansiedade, a motivação e a capacidade de autorregulação, dimensões centrais para o engajamento escolar. Estudos que relacionam perfis de microbiota a desfechos comportamentais sugerem que manifestações como irritabilidade, desatenção ou retraiamento social — comumente interpretadas apenas sob o prisma disciplinar ou psicológico na escola — podem ter entre seus determinantes alterações na dieta e na composição da microbiota intestinal. Ao mesmo tempo, as revisões analisadas lembram que a



modulação da microbiota por meio de mudanças alimentares e, em alguns casos, de probióticos e prebióticos, é um campo ainda em desenvolvimento, que exige cautela na extração de resultados experimentais para recomendações amplas em contextos escolares.

As discussões conduzidas pelo grupo de pesquisa, coordenado por Paulina Nunes da Silva e Elberto Teles Ribeiro, apontaram a necessidade de traduzir esse corpo de evidências em estratégias intersetoriais que articulem educação, saúde e assistência social. A partir da experiência dos pesquisadores em escolas e consultórios de nutrição, ficou evidente que muitas instituições de ensino ainda tratam alimentação apenas como aspecto logístico ou assistencial, sem integrar de forma sistemática os conhecimentos sobre nutrição, microbiota e aprendizagem ao projeto pedagógico, à formação docente e às práticas de educação alimentar e nutricional. Os resultados desta revisão sugerem que políticas de alimentação escolar alinhadas a padrões alimentares saudáveis, ações continuadas de educação alimentar envolvendo famílias e estudantes e a formação de professores sensível às contribuições da neurociência podem favorecer não apenas melhores indicadores de saúde, mas também ambientes de aprendizagem mais equitativos.

Por fim, a análise crítica do conjunto de estudos evidencia importantes lacunas que precisam ser consideradas. A maior parte das pesquisas sobre microbiota e cognição ainda se concentra em desenhos observacionais com amostras reduzidas ou em contextos de alta complexidade clínica, o que limita a generalização para populações escolares diversas. Há necessidade de estudos longitudinais e de intervenções que acompanhem, de forma integrada, mudanças na dieta, na microbiota e em desfechos escolares concretos, como desempenho em leitura, matemática e comportamento em sala de aula. Além disso, é fundamental que futuras investigações incorporem variáveis socioeconômicas, culturais e contextuais, reconhecendo que o acesso a alimentos saudáveis e a condições de vida dignas constitui condição para que os potenciais benefícios da nutrição e da modulação da microbiota sobre a aprendizagem possam, de fato, se concretizar em escala.

4 CONCLUSÃO

A síntese dos resultados desta revisão permite afirmar que a nutrição e o eixo intestino-cérebro constituem dimensões centrais para compreender, em perspectiva ampliada, os processos de desenvolvimento infantil e de aprendizagem no contexto escolar. As evidências reunidas indicam que a qualidade da alimentação, especialmente nos primeiros anos de vida, repercute diretamente sobre a estruturação de circuitos neurais, a eficiência de processos como mielinização, sinaptogênese e neurotransmissão, bem como sobre o desempenho em funções cognitivas superiores, como atenção, memória e funções executivas (Prado; Dewey, 2014; Georgieff, 2016). Nesse sentido, as dificuldades de aprendizagem e de engajamento escolar não podem ser interpretadas apenas a partir de variáveis didático-pedagógicas ou socioemocionais, devendo também considerar trajetórias alimentares marcadas



por carências nutricionais, dietas de baixa qualidade e exposições prolongadas a padrões alimentares ultraprocessados.

Ao incorporar o eixo microbiota-intestino-cérebro à análise, esta revisão amplia o foco tradicional das interfaces entre nutrição e aprendizagem e evidencia que a saúde intestinal atua como mediadora relevante entre a dieta e o funcionamento cerebral. Estudos que exploram a relação entre composição da microbiota, produção de metabólicos como ácidos graxos de cadeia curta e desfechos cognitivos e comportamentais em crianças sugerem que perfis microbianos mais diversos e estáveis se associam a melhor desempenho em linguagem, memória e funções executivas, assim como a menores níveis de sintomas ansiosos, depressivos e problemas de atenção (Sharon et al., 2016; Zheng et al., 2016). Embora ainda haja limitações metodológicas e heterogeneidade nos delineamentos, os achados convergem para a compreensão de que o intestino não é apenas um órgão digestivo, mas parte de um sistema integrado que dialoga com o cérebro por vias neurais, imunológicas e endócrinas (Cryan; Dinan, 2012; Mayer et al., 2015).

Do ponto de vista educacional, as evidências aqui sistematizadas indicam que a discussão sobre aprendizagem escolar precisa deslocar-se de uma visão restrita ao espaço da sala de aula para uma abordagem intersetorial que articule educação, saúde e políticas de proteção social. Se, por um lado, a literatura mostra que intervenções nutricionais podem contribuir para melhorar indicadores cognitivos e desempenho acadêmico em contextos de vulnerabilidade (Benton, 2010; Nounou et al., 2022), por outro, evidencia que tais intervenções são mais efetivas quando articuladas a políticas de segurança alimentar, ambientes escolares promotores de saúde e práticas de educação alimentar e nutricional voltadas a estudantes, famílias e profissionais (World Health Organization, 2018; Martins et al., 2019). A escola, nesse sentido, é chamada a se reconhecer não apenas como espaço de transmissão de conteúdos, mas como ambiente capaz de favorecer ou dificultar condições concretas para que crianças aprendam com saúde e dignidade.

A experiência do grupo de pesquisa interdisciplinar, composto por 12 pesquisadores entre professores e nutricionistas e coordenado por Paulina Nunes da Silva e Elberto Teles Ribeiro, reforça essa necessidade de integração entre campos. As discussões realizadas em sucessivas reuniões evidenciaram que a realidade das escolas e dos consultórios de nutrição é marcada pela presença de crianças com queixas de desatenção, hiperatividade, irritabilidade, cansaço constante e baixo desempenho escolar, muitas vezes tratadas apenas pela via disciplinar ou psicopedagógica, sem que se investiguem, de forma sistemática, a qualidade da alimentação e a saúde intestinal como possíveis fatores associados. Ao confrontar esse cotidiano com a literatura científica sobre nutrição, microbiota e desenvolvimento cerebral, o grupo concluiu que há um descompasso entre o avanço do conhecimento biomédico e sua incorporação nas práticas educativas e de cuidado em saúde, o que reforça a pertinência do presente estudo.



Esta revisão também evidencia lacunas importantes que balizam as conclusões. A maior parte dos estudos sobre microbiota-intestino-cérebro em crianças apresenta amostras reduzidas, concentra-se em fases precoces do desenvolvimento ou em populações clínicas específicas, e utiliza desfechos neurobiológicos ou psicológicos que nem sempre se traduzem diretamente em indicadores escolares, como notas, frequência ou participação em sala de aula (Cryan; O’riordan; Cowan, 2019; Mitrea et al., 2022). Há carência de investigações longitudinais que acompanhem, ao mesmo tempo, mudanças na dieta, na microbiota e em desfechos educacionais, bem como de ensaios de intervenção que avaliem, em contextos reais de escola, o impacto de programas de alimentação saudável e promoção de saúde intestinal sobre a aprendizagem. Além disso, variáveis socioeconômicas, culturais e territoriais, que condicionam o acesso a alimentos saudáveis e a serviços de saúde, ainda são pouco integradas aos modelos explicativos predominantes, o que pode levar a interpretações reducionistas ou descontextualizadas.

À luz desses limites, a conclusão que se impõe não é a de uma relação linear e determinista entre nutrição, microbiota e aprendizagem, mas a de uma interdependência complexa, mediada por múltiplos fatores individuais, familiares, escolares e sociais. A nutrição adequada e o equilíbrio da microbiota intestinal aparecem como condições necessárias, embora não suficientes, para o pleno desenvolvimento de potencialidades cognitivas e socioemocionais; do mesmo modo, práticas pedagógicas qualificadas e ambientes escolares acolhedores podem mitigar, mas não eliminar completamente, os efeitos de trajetórias marcadas por insegurança alimentar e dietas de baixa qualidade. Reconhecer essa complexidade é fundamental para evitar tanto explicações simplistas quanto propostas de intervenção descoladas da realidade concreta das crianças e de suas famílias.

Diante do conjunto de evidências analisadas, este trabalho conclui que integrar conhecimentos sobre neurociência, nutrição e eixo intestino-cérebro constitui uma agenda estratégica para qualificar as práticas em saúde e educação voltadas à infância. Para os sistemas educacionais, isso implica fortalecer políticas de alimentação escolar baseadas em alimentos in natura e minimamente processados, incorporar de forma permanente ações de educação alimentar e nutricional ao currículo e investir em formação docente que dialogue com contribuições da neurociência sem perder de vista os determinantes sociais da aprendizagem (World Health Organization, 2018; Martins et al., 2019). Para os serviços de saúde e consultórios de nutrição, demanda considerar a aprendizagem e o desempenho escolar como desfechos relevantes na avaliação e no acompanhamento de crianças, articulando orientações alimentares, investigação de queixas gástricas e intestinais e observação de sintomas cognitivos e comportamentais.

Por fim, a revisão aponta a necessidade de ampliar e aprofundar a produção de pesquisas interdisciplinares que articulem, desde a concepção, a participação de profissionais da educação, da saúde e da nutrição, contemplando tanto métodos quantitativos quanto qualitativos. Estudos que explorem percepções de professores, famílias e crianças sobre alimentação, saúde intestinal e aprendizagem podem



complementar achados biomédicos e contribuir para a construção de intervenções mais sensíveis às condições de vida concretas e às culturas alimentares locais (Immordino-Yang, 2016; Goswami, 2015). Nessa direção, o trabalho desenvolvido pelo grupo de pesquisa coordenado por Paulina Nunes da Silva e Elberto Teles Ribeiro configura um passo inicial na construção de uma agenda de investigação e de ação que reconhece o estudante em sua integralidade biológica, psicológica, social e cultural, abrindo caminho para modelos de cuidado e de educação mais integrados, equitativos e capazes de responder, com maior efetividade, aos desafios contemporâneos da aprendizagem escolar.



REFERÊNCIAS

- BENTON, D. **The influence of dietary status on the cognitive performance of children.** Molecular Nutrition & Food Research, Weinheim, v. 54, n. 4, p. 457-470, 2010.
- BLACK, M. M. et al. **Early childhood development coming of age: science through the life course.** The Lancet, London, v. 389, n. 10064, p. 77-90, 2017.
- CRYAN, J. F.; DINAN, T. G. **Mind-altering microorganisms: the impact of the gut microbiota on brain and behaviour.** Nature Reviews Neuroscience, London, v. 13, n. 10, p. 701-712, 2012.
- CRYAN, J. F.; O'RIORDAN, K. J.; COWAN, C. S. M. et al. **The microbiota-gut-brain axis.** Physiological Reviews, Bethesda, v. 99, n. 4, p. 1877-2013, 2019.
- GEORGIEFF, M. K. **The first 1,000 days of life: the brain's window of opportunity.** Nature Reviews Neuroscience, London, v. 17, n. 2, p. 69-70, 2016.
- GOSWAMI, U. Mind, brain, and education: Neuroscience implications for the classroom. Cambridge: Cambridge University Press, 2015.
- IMMORDINO-YANG, M. H. Emotions, learning, and the brain: Exploring the educational implications of affective neuroscience. New York: W. W. Norton, 2016.
- JIANG, N. M. et al. **The role of nutrition and gut microbiome in childhood brain development and behavior.** Frontiers in Nutrition, Lausanne, v. 12, e1590172, 2025.
- KONISHI, K. et al. **Cross-sectional and longitudinal associations between gut microbiota and cognitive development in childhood.** American Journal of Medical Genetics Part B: Neuropsychiatric Genetics, Hoboken, v. 189, n. 5, p. 168-180, 2022.
- MARTINS, A. P. B. et al. **Alimentação escolar, promoção da saúde e equidade: desafios e perspectivas no contexto brasileiro.** Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 35, supl. 1, e00168418, 2019.
- MAYER, E. A.; TILLISCH, K.; GUPTA, A. **Gut/brain axis and the microbiota.** Journal of Clinical Investigation, New York, v. 125, n. 3, p. 926-938, 2015.
- MITREA, L. et al. **Microbiome-gut-brain axis in brain development, cognition and neuropsychiatric disorders.** Journal of Neuroimmunology, Amsterdam, v. 367, 577874, 2022.
- NOUNOU, M. I. et al. **Effects of nutritional interventions on the cognitive development of children: a systematic review.** Nutrients, Basel, v. 14, n. 5, e532, 2022.
- PRADO, E. L.; DEWEY, K. G. **Nutrition and brain development in early life.** Nutrition Reviews, Oxford, v. 72, n. 4, p. 267-284, 2014.
- SHARON, G. et al. **The central nervous system and the gut microbiome.** Cell, Cambridge, v. 167, n. 4, p. 915-932, 2016.
- TILG, H.; ZMORA, N.; ELINAV, E. **The intestinal microbiota fuelling metabolic inflammation.** Nature Reviews Immunology, London, v. 20, n. 1, p. 40-54, 2020.



WALKER, S. P. et al. **Inequality in early childhood: risk and protective factors for early child development.** The Lancet, London, v. 378, n. 9799, p. 1325-1338, 2011.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global school health initiatives: achieving health and education outcomes.** Geneva: WHO, 2018.

ZHENG, P. et al. **The microbiota-gut-brain axis in depression: mechanisms and clinical application.** Journal of Affective Disorders, Amsterdam, v. 206, p. 305-314, 2016.