

A NEUROBIOLOGIA DA APRENDIZAGEM, DOS TRANSTORNOS E A EDUCAÇÃO INCLUSIVA

The Neurobiology of Learning, Disorders, and Inclusive Education

Luciene Rodrigues kattah¹

1 Doutora em Ciências, professora de Neuroanatomofisiologia. Instituto Eliane Cêspedes de Neurociências. E-mail: lucienekattah@gmail.com

Resumo

Este artigo analisa os mecanismos neurobiológicos subjacentes ao processo de aprendizagem, estabelecendo um paralelo direto com os principais transtornos psiquiátricos, do neurodesenvolvimento e específicos da aprendizagem encontrados no contexto escolar. Compreender o cérebro sob a perspectiva das fases de aquisição, consolidação e evocação da memória permite correlacionar funções cognitivas superiores (como atenção, motivação e emoções) a circuitos neurais específicos. Condições como o Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade (TDAH), o Transtorno do Espectro Autista (TEA), a dislexia, a discalculia, além dos transtornos de ansiedade e depressivos, são discutidas a partir de suas conectopatias e disfunções corticais e subcorticais. O estudo conclui que a capacitação docente acerca dessas bases biológicas, associada a uma integração sinérgica em rede entre coordenação, família e profissionais da educação especial, é o pilar indispensável para a consolidação de um Desenho Universal para a Aprendizagem e de uma inclusão escolar verdadeiramente efetiva.

Palavras-Chave: Neurobiologia da Aprendizagem. Transtornos do Neurodesenvolvimento. Processos Cognitivos. Educação Inclusiva. Desenho Universal para a Aprendizagem.

Abstract

This article analyzes the neurobiological mechanisms underlying the learning process, establishing a direct parallel with the main psychiatric, neurodevelopmental, and specific learning disorders found within the school context. Understanding the brain through the phases of memory acquisition, consolidation, and retrieval allows for the correlation of higher cognitive functions (such as attention, motivation, and emotions) with specific neural circuits. Conditions such as Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD), Autism Spectrum Disorder (ASD), dyslexia, dyscalculia, as well as anxiety and depressive disorders, are discussed based on their connectopathies and cortical and subcortical dysfunctions. The study concludes that teacher training regarding these biological foundations—combined with a synergistic, networked integration among school administration, families, and special education professionals—is the indispensable pillar for consolidating a Universal Design for Learning and achieving truly effective school inclusion.

Keywords: Neurobiology Of Learning. Neurodevelopmental Disorders. Cognitive Processes. Inclusive Education; Universal Design For Learning.

1 INTRODUÇÃO

A compreensão dos processos neurobiológicos relacionados à aprendizagem e aos diferentes transtornos que podem repercutir sobre o desenvolvimento e o desempenho escolar constitui um aspecto relevante no contexto da educação inclusiva. Embora existam estudos e revisões dedicados às bases neurobiológicas dos transtornos do neurodesenvolvimento, dos transtornos específicos da aprendizagem e de outras condições que podem interferir nos processos cognitivos e emocionais, a articulação entre esses conhecimentos e sua aplicação no contexto educacional ainda pode ser ampliada. Essa aproximação pode contribuir para uma compreensão mais individualizada das necessidades dos estudantes e para o planejamento de estratégias pedagógicas mais adequadas às suas características.

No contexto escolar, os professores da sala de aula regular convivem diariamente com os estudantes e participam diretamente dos processos de ensino, aprendizagem e avaliação. Entretanto, sua formação nem sempre contempla conhecimentos aprofundados sobre os aspectos neurobiológicos e cognitivos relacionados aos diferentes transtornos. Essa lacuna pode dificultar a compreensão de determinadas manifestações comportamentais e das necessidades educacionais específicas, podendo repercutir no planejamento de estratégias pedagógicas e de adaptações que favoreçam a participação e a aprendizagem. Nesse sentido, o conhecimento sobre o funcionamento cerebral não deve ser utilizado para estabelecer diagnósticos, mas como elemento complementar à compreensão das características individuais dos estudantes e à organização de práticas pedagógicas mais inclusivas.

A aprendizagem constitui um processo complexo, envolvendo a integração entre diferentes sistemas neurais e funções cognitivas, como atenção, memória, motivação, emoções e funções executivas. Sob a perspectiva neurobiológica, a formação e a recuperação das memórias envolvem processos de aquisição, consolidação e evocação, que são influenciados por fatores individuais e ambientais. Alterações em determinados circuitos neurais podem repercutir sobre essas funções e, consequentemente, sobre a maneira como alguns estudantes respondem às demandas escolares. Compreender essas relações pode contribuir para que o educador reconheça não apenas as dificuldades, mas também as potencialidades de cada estudante.

Embora estudantes que apresentam o mesmo diagnóstico possam manifestar características, dificuldades e potencialidades distintas, o conhecimento das características gerais associadas a cada condição pode oferecer subsídios para a elaboração de estratégias pedagógicas individualizadas. Dessa forma, a compreensão das bases neurobiológicas deve estar articulada à observação do estudante, à avaliação educacional e ao trabalho colaborativo entre professor regente, profissional do Atendimento Educacional Especializado, equipe pedagógica e família. A construção do Plano Educacional Individualizado (PEI), nesse contexto, deve considerar as

necessidades e potencialidades específicas de cada estudante, evitando generalizações baseadas exclusivamente em diagnósticos.

Diante desse contexto, esta revisão de literatura busca apresentar, de forma acessível e fundamentada, princípios básicos da aprendizagem relacionados aos processos de memória, bem como aspectos das bases neurobiológicas de transtornos comumente observados no contexto escolar, discutindo suas possíveis implicações para a prática pedagógica e para a efetivação da inclusão escolar.

O objetivo desta revisão é analisar as bases neurobiológicas relacionadas aos principais transtornos que podem repercutir sobre os processos de aprendizagem, discutindo a importância desse conhecimento para a atuação dos educadores, para o planejamento de estratégias pedagógicas individualizadas e para a construção de práticas educacionais inclusivas.

2 METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão narrativa de literatura, de abordagem qualitativa e caráter descritivo. O objetivo foi analisar e sintetizar as evidências científicas sobre as bases neurobiológicas do aprendizado, as conectopatias dos principais transtornos no ambiente escolar e as diretrizes pedagógicas para a educação inclusiva.

Fontes de Informação e Estratégia de Busca

O levantamento bibliográfico foi realizado por meio de livros de referência na área de neurociência e buscas em bases de dados e repositórios acadêmicos como PubMed, SciELO, Google Acadêmico e Studocu. Utilizou-se o cruzamento de descritores nos idiomas português e inglês, incluindo termos como: *neurobiologia da aprendizagem, transtornos do neurodesenvolvimento (TDAH, TEA, dislexia, discalculia), ansiedade, depressão, educação inclusiva e Desenho Universal para a Aprendizagem*.

Critérios de Seleção e Integração de Dados

Foram incluídos artigos científicos, manuais e revisões de literatura publicados entre 1997 e 2026. Para alinhar o rigor clínico à realidade escolar, os dados científicos foram integrados e confrontados com os constructos teóricos e vivências de pesquisadores de relevância na área de Educação Especial, sob a perspectiva da inclusão escolar (como Mantoan e Sassaki).

Análise e Categorização Teórica

O material selecionado foi analisado de forma indutiva e estruturado em três eixos temáticos:

- O ciclo da memória: Mapeamento neurobiológico das fases de aquisição, consolidação e evocação.

- Conectopatias estruturais e funcionais: Investigação de disfunções corticais e subcorticais nos transtornos abordados.
- Diretrizes pedagógicas aplicadas: Sistematização de adaptações práticas baseadas no funcionamento cerebral para o Atendimento Educacional Especializado (AEE) e sala de aula comum.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Processo de Aprendizado Baseado na Memória

O processo de aprendizagem inicia-se logo ao nascermos, por meio de nossa convivência familiar. Aprendemos a sentar, engatinhar, andar, falar e a desenvolver outras habilidades que se estabelecem à medida que o cérebro amadurece, sendo constantemente influenciado pelos estímulos do meio. No contexto escolar, esse aprendizado continua, mas de forma intencional e planejada pela figura do professor. Embora existam várias teorias explicativas, os requisitos para que a aprendizagem ocorra são comuns à maioria delas. Sob a perspectiva da neurobiologia da memória, o processo de aprender divide-se em três fases essenciais: aquisição (ou codificação), consolidação e evocação.¹

Na etapa da aquisição, ocorre o contato primário com o conteúdo através dos órgãos dos sentidos (visão, audição, tato e olfato). Essas informações sensoriais são integradas no córtex pré-frontal, dando origem à memória de trabalho (operacional). Este sistema de curta duração mantém a informação ativa e depende diretamente de fatores como atenção e motivação, impulsionadas pelo interesse no assunto. O córtex pré-frontal também recruta conhecimentos e experiências prévias para contextualizar o novo dado. Pedagogicamente, essa etapa se torna altamente produtiva em ambientes favoráveis, com menos distratores, onde o professor atua de forma motivada, seleciona estratégias adequadas e estimula a participação ativa dos alunos.

A segunda etapa é a consolidação, que consiste na conversão e estabilização dessas memórias temporárias em memórias de longo prazo. Esse processo depende crucialmente do hipocampo, uma estrutura localizada no lobo temporal medial. No entanto, é importante ressaltar que essa repetição deve ser realizada levando-se em consideração as emoções.² Ou seja, deve-se despertar o prazer e o engajamento em revisitar esse conteúdo. Daí verifica-se a relevância de estratégias pedagógicas variadas, como a realização de exercícios, a confecção de resumos, a utilização de jogos pedagógicos e o respeito ao tempo necessário para o processamento individual de cada estudante. O feedback positivo do professor e a elaboração de atividades com nível de desafio adequado, nem tão fáceis que desmotivem, nem tão difíceis que frustrem, são fatores motivacionais cruciais.

Quando as atividades despertam o interesse do aluno e ele percebe que está, de fato, dominando o assunto, há uma sensação de realização. Nesse momento, a consolidação ocorre de forma eficaz, visto que é ativado o circuito de motivação e recompensa (via mesocorticolímbica). Esse sistema é formado pela Área Tegmentar Ventral (ATV) do mesencéfalo, que se projeta para o núcleo accumbens e para o córtex pré-frontal, liberando dopamina. A presença da dopamina não apenas modula o prazer e a relevância do estímulo, mas também ativa os circuitos de atenção sustentada e plasticidade cortical, consolidando o aprendizado. Trata-se de um ciclo virtuoso de interesse, motivação e prazer que favorece diretamente essa etapa.

No nível celular, as memórias de longo prazo se consolidam por meio do rearranjo sináptico, mediado pelos mecanismos moleculares de Potenciação de Longa Duração (LTP) e Depressão de Longa Duração (LTD).¹ Enquanto a LTP fortalece as conexões neuronais que carregam a nova informação, a LTD enfraquece os circuitos irrelevantes. Juntas, elas selecionam o que será permanentemente armazenado em várias regiões do córtex cerebral e o que será descartado, mostrando-se fundamentais para a formação e a estabilização das memórias.

A etapa seguinte é a evocação, que evidencia se o aprendizado foi verdadeiramente consolidado. Quando somos questionados ou desafiados sobre determinado assunto e conseguimos resgatar, processar e expressar a resposta adequada, seja por meio da linguagem oral, escrita ou outras formas de comunicação, percebemos que a aprendizagem de fato ocorreu. Nessa etapa, revisitamos nossas redes neurais para reconstruir o conhecimento e, ao fazê-lo, fortalecemos as sinapses envolvidas no processo, um mecanismo conhecido como reconsolidação da memória. Cabe ressaltar que o controle do nível de estresse e da ansiedade é fundamental para o sucesso dessa fase. Os mediadores do estresse, como a adrenalina, a noradrenalina e, principalmente, o cortisol, quando em excesso, prejudicam diretamente o córtex pré-frontal e o hipocampo, criando obstáculos para o resgate das informações e gerando o famoso 'branco' relatado por tantos estudantes. Portanto, a atenção, a concentração e o foco continuam sendo requisitos indispensáveis na elaboração das respostas.

Em síntese, o sucesso da aprendizagem depende do equilíbrio biológico e cognitivo em cada uma de suas fases: na aquisição, o interesse, a motivação e a atenção sustentada são os pilares; na consolidação, destacam-se as emoções positivas, o feedback e o prazer, que estimulam o engajamento com o conteúdo; e na evocação, o controle do estresse se mostra crucial. Crucial para todo esse ciclo é que o estudante mantenha hábitos saudáveis, como alimentação adequada, pausas estratégicas e, acima de tudo, um sono de qualidade. É durante o sono, especialmente nas fases de ondas lentas (sono profundo), que ocorrem as principais alterações moleculares e

a reorganização sináptica necessárias para transferir a informação para o neocórtex, fixando o aprendizado em definitivo.

Os Transtornos Psiquiátricos e do Neurodesenvolvimento

Para compreendermos como as condições psiquiátricas afetam a aprendizagem, é fundamental entender o conceito de transtorno. Na prática, um transtorno manifesta-se como um prejuízo clinicamente significativo na dinâmica das redes neurais, resultando em barreiras para a adaptação e para a sensação de pertencimento do estudante.

Dentre as alterações que prejudicam o aprendizado, destacam-se os Transtornos do Neurodesenvolvimento. Esse grupo engloba o Transtorno do Espectro Autista (TEA), o Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade (TDAH) e os Transtornos Específicos da Aprendizagem (como a dislexia e a discalculia). Essas condições se estabelecem durante o processo de formação e maturação das redes neurais, ainda no período pré-natal, sendo continuamente influenciadas pelas interações com o ambiente.

Outras condições prevalentes em sala de aula são os Transtornos de Ansiedade, que geram um estado de hiperalerta prejudicial ao foco, e os Transtornos Depressivos, caracterizados pela perda de interesse pelos estudos e pela ruminação de pensamentos negativos, o que sobrecarrega a memória de trabalho.

Embora cada indivíduo seja único e apresente características próprias dentro de um mesmo diagnóstico, o conhecimento dessas bases neurobiológicas gerais é um pré-requisito indispensável para os educadores. Compreender a noção básica de cada transtorno permite ao professor mapear não apenas as limitações e dificuldades do estudante, mas também identificar suas potencialidades, fundamentando o desenho de adaptações pedagógicas personalizadas e eficazes.

A base neurobiológica do TDAH está associada a alterações estruturais e funcionais no córtex pré-frontal e em suas conexões.³ Nas diferentes apresentações do transtorno, observamos dinâmicas distintas: na apresentação predominantemente desatenta, há um prejuízo nas subáreas pré-frontais ligadas às funções executivas e à manutenção do foco; na apresentação predominantemente impulsiva, nota-se uma falha na comunicação inibitória entre o córtex pré-frontal e o sistema límbico; já na apresentação hiperativa, destacam-se alterações nos núcleos da base, que participam ativamente do controle do movimento voluntário.³

É crucial ressaltar que o cérebro opera por meio de redes neurais complexas e interconectadas.³ Os mecanismos de atenção sustentada, por exemplo, não se limitam ao lobo frontal, mas dependem de uma comunicação íntegra com o córtex parietal.³ Da mesma forma, os circuitos de controle motor envolvem o córtex frontal, o cerebelo e os núcleos da base, enquanto a

regulação das emoções exige a sincronia entre o córtex pré-frontal e estruturas límbicas, como a amígdala, o hipocampo e o hipotálamo.³ Portanto, o TDAH não se trata de uma alteração isolada em uma única região cerebral, mas sim de uma disfunção nas conexões de rede que coordenam o foco, a atenção, a emoção e o movimento.³

Diante dessa complexidade e da enorme variabilidade na manifestação dos sintomas de cada indivíduo, o educador precisa compreender a importância de investigar as especificidades de cada estudante. É a partir do mapeamento individualizado de suas dificuldades e potencialidades que se torna possível traçar as adaptações mais eficazes. Para que isso ocorra na prática, o professor do Atendimento Educacional Especializado (AEE) deve atuar em estreita colaboração com o professor regente da sala comum na construção e aplicação do Plano de Desenvolvimento Individualizado (PEI).

O TEA é um transtorno do neurodesenvolvimento caracterizado principalmente por processamento sensorial alterado, movimentos estereotipados, desafios na comunicação social e rigidez cognitiva com dificuldade de adaptação às mudanças. A neurobiologia do TEA envolve uma reorganização na conectividade cerebral, afetando múltiplos lobos e circuitos. As alterações no toque e no contato físico relacionam-se a disfunções no lobo parietal (córtex somatossensorial); a hipersensibilidade auditiva associa-se ao lobo temporal, onde estão as áreas auditivas primárias e secundárias; e a restrição ou seletividade alimentar vincula-se ao processamento do paladar e da interocepção na ínsula.⁴ Adicionalmente, as dificuldades na linguagem envolvem o lobo frontal, na área de Broca (expressão), e o lobo temporal, na área de Wernicke (compreensão).

As funções executivas também se mostram marcadamente prejudicadas no TEA, especialmente no que diz respeito à rigidez cognitiva e à inflexibilidade. Esse cenário decorre do acometimento do córtex pré-frontal e de suas conexões, que também falham no controle inibitório e na regulação do sistema límbico, dificultando a modulação emocional.

Por se tratar de um espectro, o TEA engloba uma ampla variabilidade de comportamentos e manifestações, sendo clinicamente classificado em níveis de suporte de 1 a 3, que definem a intensidade de auxílio que o estudante necessita no dia a dia. Contudo, mesmo dentro de um mesmo nível, cada estudante possui limitações, potencialidades e características únicas que devem ser rigorosamente consideradas no planejamento de suas estratégias de aprendizagem.

Em relação aos Transtornos Específicos da Aprendizagem, como a dislexia e a discalculia, as investigações neurobiológicas apontam para disfunções em circuitos corticais altamente especializados.⁵ Na dislexia, existem alterações no reconhecimento de letras e no processamento fonológico, condições diretamente associadas à hipoativação do giro fusiforme

no lobo temporal esquerdo e de suas conexões com as áreas de processamento da linguagem.⁵ Por outro lado, na discalculia, a dificuldade com o senso numérico, a compreensão de magnitudes e a realização de operações matemáticas decorre de alterações estruturais e funcionais no sulco intraparietal, região do lobo parietal crucial para o processamento matemático de quantidades.⁵

As intervenções pedagógicas direcionadas a esses transtornos devem, portanto, considerar caminhos neurológicos alternativos para contornar tais limitações. Estratégias que utilizam abordagens multissensoriais, integrando pistas visuais (como figuras ilustrativas, gráficos e esquemas), estímulos auditivos e experiências tácticas ou cinestésicas, ajudam a recrutar redes neurais preservadas, promovendo uma compreensão significativamente melhor e mais acessível para esses estudantes.

Os transtornos de ansiedade, como o Transtorno de Ansiedade Generalizada (TAG), o Transtorno de Ansiedade Social e as fobias específicas, bem como condições correlatas como o Transtorno de Estresse Pós-Traumático (TEPT), são caracterizados por uma ativação crônica da divisão simpática do sistema nervoso autônomo e do eixo HPA. Nesse cenário, merece destaque a hiperativação da amígdala, estrutura localizada no lobo temporal medial. Por meio de sua intensa comunicação com o hipotálamo, a amígdala passa a interpretar situações rotineiras ou antecipatórias como ameaças iminentes, disparando uma resposta exacerbada no circuito do medo.

Como consequência, o organismo se mantém em um estado constante de 'luta ou fuga'. Marcadores bioquímicos de estresse, como as catecolaminas (adrenalina e noradrenalina) e o cortisol, permanecem em níveis criticamente elevados na corrente sanguínea. Esse desequilíbrio autonômico persistente entre os sistemas simpático e parassimpático gera um desgaste profundo no organismo, um fenômeno conhecido na neurobiologia como carga alostática, uma vez que o corpo humano foi programado para suportar esses picos bioquímicos apenas de forma aguda e temporária.

Sob esse estado de alerta constante, os recursos cognitivos e as vias atencionais ficam inteiramente voltados à sobrevivência, tornando-se indisponíveis para os processos corticais superiores. Os educadores precisam compreender que a ansiedade prejudica severamente as três etapas do aprendizado (aquisição, consolidação e evocação), pois todas elas requerem uma atenção focada a um propósito pedagógico, e não o processamento contínuo de uma ameaça percebida.

Os transtornos depressivos caracterizam-se por um estado de tristeza persistente e anedonia (a perda da capacidade de sentir prazer), condições que geram profunda desmotivação.

Biologicamente, observa-se uma hiperativação da Rede de Modo Padrão (DMN), o que aprisiona o foco atencional do estudante em um ciclo contínuo de ruminação de pensamentos negativos. Paralelamente, ocorre uma nítida redução na atividade dos circuitos de motivação e recompensa, acompanhada pela diminuição de neurotransmissores essenciais, como a serotonina, a dopamina e a noradrenalina, o que compromete diretamente a neuroplasticidade. O Transtorno Depressivo Maior e o Transtorno Depressivo Persistente (distímia) são exemplos marcantes dessas condições, cada qual com suas particularidades cronológicas e sintomáticas. Diante desse cenário, o estudante deprimido dificilmente conseguirá assimilar novos conteúdos, uma vez que o effort cognitivo exigido pela aprendizagem torna-se insignificante perante a magnitude de sua dor emocional. É fundamental compreender que o educador não possui a atribuição de diagnosticar. No entanto, por sua convivência diária em sala de aula, ele frequentemente é o primeiro a notar alterações drásticas de comportamento e sinais de alerta de ansiedade ou depressão. Seu papel, portanto, é o de acolher o estudante e comunicar imediatamente a equipe de coordenação pedagógica, para que esta possa acionar a família de forma sensível e encaminhar o caso ao suporte médico e psicológico especializado.

O Papel do Educador e as Redes de Apoio

Embora existam outros transtornos que afetam o aprendizado, as condições descritas e citadas são as mais prevalentes e as que demandam um cuidado especial por parte dos educadores. Os professores não são, em sua maioria, profissionais da área da saúde; contudo, por compartilharem uma convivência diária com os estudantes, tornam-se capazes de identificar precocemente suas dificuldades e potencialidades no contexto educacional. Não se trata de exigir do docente uma compreensão clínica profunda dos transtornos, mas sim o entendimento de suas bases neurobiológicas, permitindo-lhe adaptar o trabalho pedagógico à rica diversidade que ele acolhe, todos os dias, em sala de aula.

É fundamental ressaltar que a função de reconhecer as dificuldades e as potencialidades dos estudantes, estruturar um PEI e adaptar as atividades em sala de aula deve ser realizada por meio de um trabalho em rede. Nesse ecossistema, coordenação, família, professor regente e professor da educação especial somam esforços para mitigar os prejuízos na aprendizagem e promover a qualidade de vida do aluno. O estudante com deficiência deve receber suporte contínuo em seu percurso educacional, garantindo que o cotidiano escolar seja um espaço que promova felicidade, saúde mental e bem-estar.

Sob essa ótica, a capacitação docente surge como um caminho indispensável para que os professores possam guiar os estudantes na busca autônoma pelo conhecimento. Desconhecer as bases neurobiológicas do aprendizado e das diferentes condições do neurodesenvolvimento

torna a verdadeira inclusão escolar uma meta distante e de difícil alcance. Em última análise, a integração sinérgica entre os profissionais da educação especial e os professores da sala comum constitui o pilar central para a consolidação de uma inclusão efetiva.

Adaptações adequadas à neurobiologia, que devem ser adaptadas às características individuais dos estudantes

Para que a inclusão seja efetiva, o planejamento pedagógico deve conversar diretamente com o funcionamento cerebral de cada estudante. A seguir, destacam-se diretrizes gerais de adaptação para cada grupo de transtorno discutido 6,7:

1. Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade (TDAH)

- **Gestão de distratores na Aquisição:** Posicionar o estudante próximo ao professor e longe de janelas ou portas, minimizando a sobrecarga de estímulos concorrentes que competem pela atenção sustentada.
- **Fracionamento de tarefas:** Dividir atividades longas em etapas menores com entregas progressivas. Isso evita a saturação do córtex pré-frontal e ativa o circuito de recompensa a cada subtarefa concluída.
- **Pausas ativas regulatórias:** Permitir momentos curtos de movimento controlado (como ir buscar um material ou apagar o quadro) para liberar noradrenalina e dopamina, ajudando a estabilizar o foco no retorno.

2. Transtorno do Espectro Autista (TEA)

- **Antecipação e rotinas visuais:** Utilizar cronogramas visuais e avisar com antecedência sobre mudanças na rotina escolar. Isso mitiga a rigidez cognitiva e reduz a ansiedade gerada pela imprevisibilidade.
- **Acomodação sensorial:** Permitir o uso de abafadores de ruído em ambientes barulhentos (como o recreio) e respeitar a seletividade alimentar ou tátil, evitando o esgotamento do lobo parietal e da ínsula.
- **Comunicação direta e literal:** Evitar metáforas ambíguas ou ironias na explicação de comandos, facilitando o processamento de linguagem nas áreas corticais de compreensão.

3. Transtornos Específicos de Aprendizagem (Dislexia e Discalculia)

- **Abordagem Multissensorial na Dislexia:** Associar letras e fonemas a texturas (como letras de lixa), cores e rimas. Substituir textos longos por comandos em tópicos e áudios, contornando a hipoativação do giro fusiforme.

- **Suporte concreto na Discalculia:** Permitir e incentivar o uso de materiais manipuláveis (como material dourado, ábacos ou blocos), calculadoras e tabelas de fórmulas, aliviando a sobrecarga do sulco intraparietal.
- **Tempo estendido:** Oferecer tempo adicional em avaliações para respeitar o tempo de processamento fonológico ou numérico individual.

4. Transtornos de Ansiedade e Depressão

- **Redução da pressão de Evocação:** Evitar exposições orais obrigatórias ou avaliações sob forte pressão de tempo para estudantes com ansiedade severa, prevenindo o 'branco' causado pelo excesso de cortisol.
- **Feedbacks curtos e frequentes:** Oferecer validações positivas constantes sobre o progresso do estudante. Na depressão, isso ajuda a reativar os circuitos hipoativos de motivação e neutraliza a DMN (rede de modo padrão) voltada à ruminação.
- **Ponto de segurança:** Estabelecer um combinado prévio onde o estudante possa sinalizar discretamente ao professor quando precisar de uma pausa fora da sala para autorregulação emocional.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão de literatura apresenta aos educadores fundamentos básicos para a compreensão de como ocorre o processo de aprendizagem sob a perspectiva da neurobiologia, destacando os principais aspectos envolvidos nas diferentes etapas da aprendizagem baseada na memória. Nesse contexto, ressaltam-se a importância da atenção e do foco atencional, da motivação, das emoções, do feedback, da organização do ambiente e das condições favoráveis ao desenvolvimento dos processos de aquisição, consolidação e evocação das informações.

Um dos principais aspectos desta revisão consiste na apresentação das bases neurobiológicas relacionadas aos transtornos mais frequentemente encontrados no contexto escolar, buscando estabelecer uma relação entre as características gerais dessas condições e suas possíveis repercussões sobre os processos de aprendizagem. O conhecimento desses aspectos pode contribuir para que os educadores compreendam melhor determinadas dificuldades apresentadas pelos estudantes e, a partir da observação de suas características individuais, possam planejar estratégias pedagógicas mais adequadas.

É importante ressaltar, entretanto, que o conhecimento sobre a neurobiologia dos transtornos não deve resultar em generalizações ou em uma visão determinista sobre as capacidades dos

estudantes. Mesmo entre indivíduos que apresentam o mesmo diagnóstico, existem diferentes manifestações, necessidades, dificuldades e potencialidades. Dessa forma, as informações neurobiológicas devem ser utilizadas como subsídios para a compreensão do estudante, e não como justificativa para limitar suas possibilidades de aprendizagem.

REFERÊNCIAS

COSENZA, Ramon M.; GUERRA, Leonor B. Neurociência e educação: como o cérebro aprende. Porto Alegre: Artmed, 2011. *apud* ARANHA, W. M. **Neuroplasticidade, memória e aprendizagem**: Uma relação psicopedagógica. Revista Psicopedagogia, v. 40, n. 121, 2023. Disponível em: bvsaalud.org. Acesso em: 9 set. 2026.

FREIRE, Cristiano. **Discalculia: quando o cérebro encontra dificuldades com os números**. Portal Cristiano Freire, Neuropsicologia, 2025. Disponível em: cristianofreire.com.br. Acesso em: 9 set. 2026.

MANTOAN, Maria Teresa Eglér. **Inclusão escolar**: o que é? por quê? como fazer? São Paulo: Moderna, 2003.

PSYCH SCENE HUB. **Neurobiology of Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD)**. Psych Scene Insights, 2019. Disponível em: psychscenehub.com. Acesso em: 9 set. 2026.

SASSAKI, Romeu Kazumi. **Inclusão**: construindo uma sociedade para todos. Rio de Janeiro: WVA, 1997.

STUDOCU. **Resumo Teórico: Neurobiologia da Aprendizagem e Memória**. Ciências Morfofuncionais dos Sistemas Nervoso e Cardiorrespiratório, Anhanguera Educational, 2026. Disponível em: studocu.com. Acesso em: 9 set. 2026.

UCHINO, K. *et al.* A Anterior Insula-Based Systems-Level Model of Autism. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, v. 33, n. 6, p. 743-753, 2009. *Citado por*: NIH National Library of Medicine. **The anterior insula in autism**. PMC2743776. Disponível em: nih.gov. Acesso em: 9 set. 2026.