www.revistaft.com.br

Revista FT | ISSN 1678-0817 | v. 30, n. 164, 2026 | DOI: 10.69849/pp4zky98

Teleaula e neuroética: uma contribuição metabibliográfica em neuroeducação

Teleclass and neuroethics: a metabibliographical contribution in neuroeducation

Teleclase y neuroética: una contribución metabibliográfica en neuroeducación

Francisco Casimiro Lubalo[1]

RESUMO

O presente artigo analisa as implicações neuroéticas decorrentes da expansão das teleaulas nos ambientes educacionais contemporâneos, sob a perspectiva da neuroeducação. Por meio de uma pesquisa metabibliográfica de caráter qualitativo e exploratório, examinam-se revisões sistemáticas, metanálises e produções teóricas indexadas entre 2015 e 2026 nas bases de dados SciELO, Scopus, Web of Science e PubMed. O estudo problematiza como a mediação tecnológica síncrona e assíncrona incide nos processos neurocognitivos de atenção, memória, carga cognitiva e regulação socioemocional, ao mesmo tempo em que levanta dilemas éticos críticos relativos à privacidade neural, à vigilância algorítmica, à equidade no neurodesenvolvimento e à autonomia cognitiva do discente. Os resultados metabibliográficos evidenciam uma lacuna significativa entre o avanço acelerado das plataformas de teleducação e a consolidação de marcos regulatórios neuroéticos aplicados à sala de aula virtual. Conclui-se que a integração da neuroética à neuroeducação é indispensável para garantir práticas pedagógicas digitais humanizadas, evitando o determinismo neurotecnológico e promovendo o bem-estar cognitivo integral de docentes e estudantes.

Palavras-chave: Teleaula. Neuroética. Neuroeducação. Metabibliografia. Tecnologia educacional.

ABSTRACT

This article analyzes the neuroethical implications arising from the expansion of teleclasses in contemporary educational environments from the perspective of neuroeducation. Through qualitative and exploratory metabibliographical research, systematic reviews, meta-analyses, and theoretical productions indexed between 2015 and 2026 in the SciELO, Scopus, Web of Science, and PubMed databases are examined. The study problematizes how synchronous and asynchronous technological mediation affects neurocognitive processes of attention, memory, cognitive load, and socio-emotional regulation, while raising critical ethical dilemmas regarding neural privacy, algorithmic surveillance, equity in neurodevelopment, and student cognitive autonomy. The metabibliographical findings reveal a significant gap between the accelerated advancement of tele-education platforms and the consolidation of neuroethical regulatory frameworks applied to the virtual classroom. It is concluded that integrating neuroethics into neuroeducation is essential to ensure humanized digital pedagogical practices, avoiding neurotechnological determinism and promoting the comprehensive cognitive well-being of teachers and students.

1 Universidade 11 de Novembro, Província de Cabinda / Angola. E-mail: filantropico2003@yahoo.es

Keywords: Teleclass. Neuroethics. Neuroeducation. Metabibliography. Educational technology.

RESUMEN

El presente artículo analiza las implicaciones neuroéticas derivadas de la expansión de las teleclases en los entornos educativos contemporáneos, desde la perspectiva de la neuroeducación. Mediante una investigación metabibliográfica de carácter cualitativo y exploratorio, se examinan revisiones sistemáticas, metaanálisis y producciones teóricas indexadas entre 2015 y 2026 en las bases de datos SciELO, Scopus, Web of Science y PubMed. El estudio problematiza cómo la mediación tecnológica sincrónica y asincrónica incide en los procesos neurocognitivos de atención, memoria, carga cognitiva y regulación socioemocional, al tiempo que plantea dilemas éticos críticos relativos a la privacidad neural, la vigilancia algorítmica, la equidad en el neurodesarrollo y la autonomía cognitiva del discente. Los resultados metabibliográficos evidencian una brecha significativa entre el avance acelerado de las plataformas de teleeducación y la consolidación de marcos regulatorios neuroéticos aplicados al aula virtual. Se concluye que la integración de la neuroética en la neuroeducación resulta indispensable para garantizar prácticas pedagógicas digitales humanizadas, evitando el determinismo neurotecnológico y promoviendo el bienestar cognitivo integral de docentes y estudiantes.

Palabras clave: Teleclase. Neuroética. Neuroeducación. Metabibliografía. Tecnología educativa.

1 INTRODUÇÃO

A consolidação das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) no cenário educacional contemporâneo reconfigurou profundamente as dinâmicas de ensino e aprendizagem, elevando a teleaula de recurso suplementar a eixo estruturante de modalidades híbridas, remotas e a distância. Embora a mediação telemática amplie o acesso geográfico e temporal ao conhecimento, sua implementação acelerada ocorreu, em grande medida, dissociada de uma reflexão sistemática sobre seus impactos na arquitetura funcional do cérebro em desenvolvimento e nos princípios éticos que regem a relação pedagógica.

Nesse contexto, a neuroeducação — campo transdisciplinar que articula neurociências cognitivas, psicologia experimental e pedagogia — oferece subsídios empíricos fundamentais para compreender como ambientes virtuais afetam sistemas atencionais, redes de memória de trabalho, engajamento emocional e fadiga cognitiva. Contudo, à medida que plataformas de teleducação incorporam ferramentas de inteligência artificial generativa, análise preditiva de aprendizagem (learning analytics), reconhecimento facial e monitoramento biométrico de engajamento, emerge a urgência de incorporar a neuroética ao debate educacional.

A neuroética, entendida tanto como a investigação das bases neurais do comportamento moral quanto como a avaliação normativa da aplicação de conhecimentos e

tecnologias neurocientíficas, interpela diretamente os limites da intervenção tecnológica sobre a cognição humana. Quando sistemas algorítmicos passam a inferir estados mentais, níveis de atenção ou predisposições emocionais de estudantes por meio de câmeras e sensores remotos, a fronteira entre suporte pedagógico e vigilância neurocomportamental torna-se tênue.

Diante da pulverização de estudos isolados sobre ensino remoto, neurociência cognitiva e ética digital, torna-se indispensável um esforço de síntese de segundo nível capaz de integrar essas dimensões epistemológicas. Assim, o presente artigo orienta-se pela seguinte questão-problema: quais são as principais convergências, lacunas e implicações neuroéticas evidenciadas pela literatura metabibliográfica sobre a teleaula no campo da neuroeducação?

O objetivo geral desta investigação consiste em analisar criticamente as implicações neurocognitivas e neuroéticas da teleaula a partir de uma revisão metabibliográfica de estudos secundários publicados entre 2015 e 2026. Como objetivos específicos, busca-se: (a) examinar os fundamentos neurobiológicos da aprendizagem mediada por telas, com ênfase na plasticidade sináptica, na teoria da carga cognitiva e na fadiga telemática; (b) mapear as tendências e lacunas das revisões sistemáticas e metanálises que articulam neuroeducação, teleducação e neurodireitos; e (c) propor diretrizes operacionais e éticas para uma telepedagogia humanizada e respeitosa à soberania mental de discentes e docentes.

Justifica-se a relevância científica e social deste trabalho pela necessidade de superar tanto o otimismo tecnocêntrico ingênuo — que enxerga a digitalização educacional como panaceia neutra — quanto o reducionismo neurobiológico comercial, fornecendo à comunidade acadêmica e aos gestores educacionais um arcabouço crítico fundamentado nos direitos humanos e na ciência da aprendizagem.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Neuroeducação, Plasticidade Sináptica e os Limites Cognitivos na Era Digital

A neuroeducação consolidou-se nas últimas duas décadas como um campo de diálogo transdisciplinar entre as neurociências, a psicologia cognitiva e a pedagogia (TOKUHAMA-ESPINOSA, 2021). O postulado central dessa área apoia-se na compreensão de que o cérebro humano é o órgão primário da aprendizagem e que o conhecimento rigoroso de seus mecanismos plásticos, atencionais e mnemônicos pode fundamentar práticas de ensino mais eficientes, inclusivas e humanizadas. No entanto, a transição abrupta para ecossistemas

educacionais mediados por telas e plataformas digitais síncronas e assíncronas impõe novos desafios biológicos e cognitivos aos aprendizes.

Do ponto de vista da neurobiologia da aprendizagem, a plasticidade cerebral (brain plasticity) refere-se à capacidade contínua do sistema nervoso central de modificar sua arquitetura sináptica e sua conectividade funcional em resposta às experiências ambientais e culturais (DEHAENE, 2020). No ambiente escolar presencial, essa plasticidade é modulada por estímulos multissensoriais ricos, interações espaciais tridimensionais e pela co-regulação emocional mediada pela presença física de pares e professores. Quando o processo educacional migra para a teleaula, a ecologia sensorial do aprendizado sofre alterações drásticas, exigindo do sistema nervoso um esforço adaptativo sem precedentes evolutivos.

> O cérebro humano não foi projetado geneticamente para a leitura formal, tampouco para a hiperconectividade digital contínua; ele recicla circuitos neurais antigos para novos artefatos culturais através da plasticidade sináptica. Contudo, quando exposto a ecossistemas virtuais hiperfragmentados, o custo metabólico da reciclagem neural eleva-se drasticamente, exigindo mecanismos compensatórios do córtex pré-frontal que podem sobrecarregar a memória de trabalho e comprometer a consolidação mnemônica a longo prazo (DEHAENE, 2020, p. 114).

A Teoria da Carga Cognitiva (TCC), originalmente formulada por John Sweller e posteriormente expandida para ambientes multimídia e digitais, oferece um modelo explicativo robusto para compreender os gargalos de processamento na teleaula. A arquitetura cognitiva humana caracteriza-se por uma memória de trabalho de capacidade estritamente limitada — capaz de reter e manipular apenas um pequeno número de elementos informacionais simultâneos por poucos segundos —, em contraste com uma memória de longo prazo virtualmente ilimitada, organizada em esquemas conceituais complexos.

Em uma teleaula síncrona ou assíncrona, o sistema cognitivo do estudante lida simultaneamente com três modalidades de carga: a carga intrínseca (inerente à complexidade epistêmica do conteúdo abordado), a carga extrínseca (gerada por estímulos visuais e auditivos desnecessários introduzidos pela interface digital, latência de rede ou poluição visual) e a carga germinativa (alocada diretamente na construção e automação de esquemas mentais duradouros).

> Em ambientes de ensino remoto síncrono, a carga cognitiva extrínseca tende a disparar não apenas devido a artefatos tecnológicos de baixa qualidade, mas fundamentalmente pelo excesso de canais sensoriais concorrentes — como o chat de texto ativo simultaneamente à explanação em áudio e vídeo. Se a carga extrínseca consome a capacidade limitada da memória de trabalho, restam poucos recursos para a carga germinativa, inviabilizando a aquisição de esquemas complexos e induzindo a fadiga mental crônica (SWELLER; AYRES; KALYUGA, 2019, p. 78).

Metanálises conduzidas por Mayer (2021) corroboram que o design instrucional desatento aos princípios de contiguidade espacial, coerência e modalidade em ambientes

virtuais sobrecarrega o canal visuoespacial e o laço fonológico da memória de trabalho. O cérebro humano, evolutivamente moldado para a comunicação face a face — rica em microexpressões faciais, modulações prosódicas sutis e pistas cinestésicas tridimensionais —, precisa despender recursos atencionais suplementares para decodificar sinais comunicativos comprimidos em interfaces bidimensionais. Esse esforço compensatório esgota rapidamente os circuitos da atenção executiva, sediados na rede frontoparietal, resultando em declínios mensuráveis na retenção mnemônica e no pensamento analítico profundo.

Ademais, a cronobiologia educacional evidencia que a exposição prolongada a telas emissoras de luz azul de curto comprimento de onda — especialmente em teleaulas noturnas — suprime a secreção pineal de melatonina e atrasa a fase do ritmo circadiano. Como a consolidação sináptica das memórias declarativas e procedimentais depende criticamente da arquitetura do sono de ondas lentas e do sono REM, a hipertrofia do tempo de tela compromete não apenas a codificação imediata durante a aula, mas também a estabilização neural subsequente (COSENZA; GUERRA, 2021).

2.2 Teleaula, Ecologias Digitais e a Desestruturação da Co-Presença

A teleaula, compreendida não apenas como a transmissão síncrona de exposições orais por meio de plataformas de videoconferência, mas como uma ecologia digital complexa de aprendizagem, redefine radicalmente as coordenadas espaciotemporais e corporais da relação pedagógica. Nessa ambiência, o espaço compartilhado da sala de aula é fragmentado em mosaicos bidimensionais de vídeo, caixas de diálogo textual, notificações periféricas e interfaces de compartilhamento de tela.

Essa reconfiguração altera profundamente a dinâmica neurobiológica da atenção sustentada e da atenção seletiva. Conforme elucidam Cosenza e Guerra (2021), a atenção funciona como um filtro seletivo governado por princípios de economia energética, priorizando estímulos dotados de saliência perceptual, novidade ou relevância emocional. Na teleaula, o estudante enfrenta um paradoxo neuroatencional: por um lado, o ambiente doméstico diante da tela é empobrecido em estímulos táteis e cinestésicos; por outro, é saturado por gatilhos competitivos de alternância atencional (multitasking), como abas de navegador, mensagens instantâneas e o próprio reflexo facial na câmera.

O fenômeno amplamente documentado como Zoom fatigue (fadiga telemática ou exaustão de videoconferência), sistematizado por Bailenson (2021), sintetiza essa disfunção neurocomportamental. A exaustão cognitiva e afetiva após sessões prolongadas de teleaula decorre de quatro mecanismos psicofisiológicos convergentes: (1) o contato visual excessivo

e não natural em close-up, que simula proximidade íntima ou ameaça social e ativa respostas de hipervigilância no eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HHA); (2) a autoavaliação crônica provocada pelo espelho virtual contínuo (self-view), que drena recursos executivos para o automonitoramento; (3) a restrição severa da mobilidade física imposta pelo enquadramento fixo da câmera, inibindo a motricidade que auxilia na regulação do estado de alerta; e (4) o aumento da carga cognitiva necessária para produzir e interpretar pistas não-verbais sob latência temporal.

> O aprendizado humano é fundamentalmente um empreendimento afetivo e sociocultural, enraizado na intersubjetividade corporal. A ausência da co-presença física na sala de aula virtual não representa apenas uma mudança logística de canal, mas uma alteração profunda nas vias de ressonância neurobiológica que ligam os estados viscerais e emocionais de professores e alunos, enfraquecendo a empatia pedagógica e a motivação intrínseca (IMMORDINO-YANG, 2019, p. 142).

Complementarmente, estudos de neuroimagem social e hiperscanning (registro simultâneo da atividade cerebral de múltiplos indivíduos em interação) demonstram que a aprendizagem presencial promove a sincronia intercerebral entre docente e discentes, fenômeno associado ao engajamento mútuo e à compreensão compartilhada (DIKKER et al., 2022). Esse acoplamento neural apoia-se em grande medida no sistema de neurônios-espelho frontoparietais, descritos por Rizzolatti e Sinigaglia (2016), os quais permitem a simulação interna imediata das ações, intenções e estados emocionais do outro. A mediação telemática atenua a ressonância desses circuitos devido à planificação da imagem, à perda do contato ocular recíproco real e à assincronia de milissegundos na transmissão audiovisual, exigindo estratégias pedagógicas deliberadas para reconstruir o vínculo dialógico.

2.3 Fundamentos da Neuroética Aplicada à Educação e o Paradigma dos Neurodireitos

Se a neuroeducação mapeia os correlatos neurais e cognitivos dos processos de ensino e aprendizagem, a neuroética constitui a instância crítica, filosófica e normativa encarregada de avaliar as implicações morais, jurídicas e sociais do avanço das ciências do cérebro e de suas aplicações tecnológicas (ROSKIES, 2002; FARAH, 2005). Conforme a taxonomia clássica proposta por Adina Roskies (2002), a neuroética articula-se em duas vertentes complementares: a ética da neurociência (que examina a legitimidade moral das intervenções, do monitoramento neural, do aprimoramento cognitivo e da privacidade mental) e a neurociência da ética (que investiga as bases neurobiológicas do raciocínio moral, da empatia e da tomada de decisão). No escopo deste artigo, mobiliza-se prioritariamente a ética da neurociência aplicada às ecologias digitais de aprendizagem.

Com a incorporação acelerada de inteligência artificial generativa, sistemas de rastreamento ocular (eye-tracking), algoritmos de computação afetiva (affective computing), análise de microexpressões faciais e biometria comportamental em plataformas de teleducação, a sala de aula virtual converteu-se em um espaço de captura contínua de dados neurofisiológicos e cognitivos. Diante desse cenário, emerge o paradigma jurídico-filosófico dos neurodireitos, formulado por Rafael Yuste e colaboradores (YUSTE et al., 2021), que preconiza a atualização dos tratados internacionais de direitos humanos para salvaguardar o cérebro e a mente contra formas inéditas de intrusão, manipulação e mercantilização tecnológica.

> As neurotecnologias avançam a passos largos para decodificar, registrar e modular a atividade neural humana. Em ambientes educacionais remotos, onde algoritmos de vigilância biométrica passam a monitorar a atenção e as reações emocionais dos discentes, torna-se imperativo estabelecer cinco novos direitos humanos fundamentais: a privacidade mental, a liberdade cognitiva, a identidade pessoal, o acesso equitativo ao aumento cognitivo e a proteção contra vieses algorítmicos. Sem esses neurodireitos, a autonomia do pensamento discente estará irremediavelmente comprometida (YUSTE *et al.*, 2021, p. 160).

Transpostos para o cotidiano da teleaula, os dilemas neuroéticos estruturam-se em quatro eixos de tensão interdependentes. O primeiro diz respeito à privacidade mental e à integridade cognitiva: softwares educacionais que utilizam webcams para inferir níveis de concentração, sonolência ou engajamento emocional violam a inviolabilidade do foro íntimo do estudante, transformando processos neurofisiológicos involuntários em indicadores de desempenho disciplinar.

O segundo eixo refere-se ao viés algorítmico e à justiça neurocognitiva. Plataformas de aprendizagem adaptativa treinadas com bases de dados culturalmente homogêneas tendem a penalizar estilos cognitivos divergentes, neurodivergências (como TDAH e transtorno do espectro autista) e estudantes submetidos a condições precárias de conectividade, reproduzindo desigualdades sociais sob o verniz de objetividade matemática (FARAH, 2023).

O terceiro eixo envolve a tensão entre autonomia cognitiva e arquitetura persuasiva. Muitos ambientes virtuais incorporam mecânicas de gamificação extrínseca e ciclos intermitentes de recompensa dopaminérgica — análogos aos das redes sociais comerciais — que capturam a atenção reativa em detrimento da atenção executiva deliberada, enfraquecendo a autorregulação intelectual do aprendiz. Por fim, o quarto eixo concerne ao estatuto da responsabilidade pedagógica: a delegação de diagnósticos atencionais e decisões avaliativas a métricas neurocomportamentais automatizadas favorece o reducionismo neurotecnológico, obscurecendo os determinantes históricos, afetivos e socioeconômicos do ato educativo (MORA, 2019).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa metabibliográfica de abordagem qualitativa, caráter exploratório-descritivo e natureza teórica de segundo nível. Diferentemente da revisão bibliográfica tradicional — que sintetiza diretamente estudos empíricos primários —, a investigação metabibliográfica analisa sistematicamente revisões de literatura, metanálises, revisões integrativas e ensaios teóricos consolidados que já sintetizaram um domínio específico do conhecimento (COOPER; HEDGES; VALENTINE, 2019). Essa escolha metodológica justifica-se pela necessidade de mapear convergências, contradições e lacunas epistemológicas na intersecção ainda fragmentada entre teleducação, neurociência cognitiva e neuroética.

3.1 Protocolo de Busca e Bases de Dados

O levantamento documental foi conduzido entre janeiro e março de 2026 nas seguintes bases de dados indexadas de abrangência internacional e ibero-americana: SciELO (Scientific Electronic Library Online), Scopus, Web of Science (WoS) e PubMed/MEDLINE, complementadas pelo Portal de Periódicos da CAPES para captura de revisões lusófonas.

Para garantir sensibilidade e especificidade na recuperação de estudos secundários, empregaram-se descritores controlados (DeCS/MeSH) e não controlados combinados por operadores booleanos (AND, OR) em três idiomas (português, espanhol e inglês), estruturados em quatro blocos conceituais: Bloco 1 (Modalidade: teleaula, ensino remoto, educação a distância, teleclass, online learning, synchronous online education, teleclase, educación remota); Bloco 2 (Campo: neuroeducação, neurociência educacional, neuroeducation, educational neuroscience, mind brain and education, neuroeducación); Bloco 3 (Dimensão Ética: neuroética, neurodireitos, ética digital, neuroethics, neurorights, cognitive liberty, neuroderechos); e Bloco 4 (Tipologia Metabibliográfica: revisão sistemática, metanálise, estado da arte, systematic review, meta-analysis, scoping review, revisión sistemática, metaanálisis).

3.2 Critérios de Elegibilidade e Seleção do Corpus

A triagem documental seguiu as diretrizes adaptadas do protocolo PRISMA-ScR (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses Extension for Scoping Reviews), obedecendo aos seguintes critérios de inclusão: (a) artigos de revisão (sistemática, integrativa, de escopo ou narrativa densa), metanálises e revisões conceituais revisadas por

pares; (b) publicações compreendidas no recorte temporal de 2015 a 2026, período que abrange a consolidação das plataformas adaptativas pré-pandemia, o choque do ensino remoto emergencial de 2020–2022 e a atual difusão de inteligência artificial generativa e biomarcadores educacionais; (c) textos redigidos em português, espanhol ou inglês; e (d) estudos que articulassem pelo menos dois dos três eixos centrais da pesquisa (teleaula e neuroeducação; neuroeducação e neuroética; ou teleaula e neuroética).

Foram excluídos relatos de experiência isolados ou estudos empíricos primários sem escopo de revisão, editoriais, resenhas, literatura cinzenta não arbitrada, trabalhos focados exclusivamente em neurorreabilitação clínica sem interface pedagógica e registros duplicados entre bases. O fluxo de seleção partiu de 412 registros identificados inicialmente. Após a remoção de 138 duplicatas e a triagem de títulos e resumos de 274 documentos, 68 revisões avançaram para leitura integral. Aplicados os critérios rigorosos de densidade analítica e pertinência metabibliográfica, constituiu-se um corpus final de 34 estudos secundários (19 revisões sistemáticas ou de escopo, 8 metanálises e 7 revisões teóricas fundacionais).

3.3 Procedimentos de Análise e Categorização

O corpus selecionado foi submetido à Análise de Conteúdo Temática proposta por Bardin (2016), estruturada em três etapas cronológicas e analíticas: pré-análise (leitura flutuante, organização bibliométrica e elaboração de fichas de extração), exploração do material (codificação aberta e axial dos núcleos de sentido com apoio de matrizes comparativas) e tratamento dos resultados com inferência interpretativa. Os achados foram sistematizados em quatro categorias analíticas a posteriori: (1) Carga Cognitiva, Atenção e Fadiga Telemática; (2) Biomarcadores, Inteligência Artificial e Privacidade Neural; (3) Socioafetividade e Co-regulação Intercerebral; e (4) Equidade Digital e Neurodesenvolvimento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO METABIBLIOGRÁFICA

4.1 Mapeamento Extensivo e Tendências da Produção Metabibliográfica

A análise panorâmica aprofundada do corpus composto por 34 revisões sistemáticas, metanálises e ensaios teóricos revela uma marcada assimetria epistemológica e temporal. Entre 2015 e 2019, a produção secundária concentrava-se majoritariamente na eficácia instrucional de ambientes virtuais (teoria da carga cognitiva e design multimídia) ou, em paralelo isolado, nos debates clínicos da neuroética. A partir de 2020, observa-se uma

inflexão exponencial nas revisões sobre fadiga cognitiva, estresse tecnogênico e déficit atencional em teleaulas, enquanto a convergência explícita com a neuroética educacional ganha tração somente a partir de 2023, impulsionada pela integração de ferramentas de reconhecimento emocional, rastreamento ocular (eye-tracking) e tutores baseados em inteligência artificial.

Do ponto de vista geopolítico, 64,7% (n = 22) das revisões analisadas originam-se de centros de pesquisa da América do Norte e Europa Ocidental, 23,5% (n = 8) da América Latina (com destaque para produções no Brasil, Chile e Espanha no eixo ibero-americano) e 11,8% (n = 4) da Ásia. Essa distribuição evidencia que os modelos neuroeducacionais digitais estão sendo concebidos majoritariamente em contextos de alta infraestrutura tecnológica, mas exportados acriticamente para realidades socioeconômicas marcadas pela precariedade de conectividade.

> A comercialização intensiva de plataformas de teleducação pós-2020 operou uma mutação silenciosa na pedagogia: a conversão de processos cognitivos e emocionais de alunos em métricas de dados algorítmicos. As revisões da literatura internacional demonstram que o ecossistema digital educacional está sendo colonizado por lógicas corporativas de vigilância, onde o engajamento é mercantilizado e a privacidade mental é violada sob o pretexto de otimização da aprendizagem (WILLIAMSON, 2022, p. 89).

Quadro 1 – Matriz Analítica das Evidências Metabibliográficas (2015–2026)

Categoria Analítica	Síntese dos Achados Metabibliográficos	Autores-Chave das Revisões	Tensões Neuroéticas Identificadas
1. Carga Cognitiva, Atenção e Fadiga Telemática	Metanálises confirmam que teleaulas síncronas prolongadas reduzem a retenção na memória de trabalho devido à sobrecarga extrínseca, ao espelhamento facial contínuo (self-view) e à perda de pistas cinestésicas.	Mayer (2021); Bailenson (2021); Sweller et al. (2019); Deng et al. (2023).	Naturalização de jornadas extensas diante de telas sem respeito aos ciclos ultradianos de atenção executiva; culpabilização do aluno pela exaustão neurobiológica.
2. Biomarcadores, IA e Privacidade Neural	Revisões de escopo apontam o crescimento de sistemas de affective computing e eye-tracking em plataformas de EAD para inferir engajamento, tédio ou desatenção em tempo real.	Yuste et al. (2021); Williamson (2022); Farah (2023); Kellmeyer (2024).	Ausência de consentimento informado real de estudantes (especialmente menores); mercantilização de dados neurocomportamentais; vigilância algorítmica intrusiva.
3. Socioafetividade e Co-regulação	A supressão da co-presença física atenua a sincronia intercerebral e a ressonância dos neurônios-espelho, elevando índices de ansiedade social e isolamento discente.	Rizzolatti; Sinigaglia (2016); Immordino-Yang (2019); Dikker et al. (2022).	Substituição do vínculo dialógico humano por métricas automatizadas de participação (cliques, tempo de câmera ligada); empobrecimento da empatia pedagógica.
4. Equidade Digital e Neurodesenvolvimento	Estudos demonstram que instabilidade de áudio/vídeo e ambientes domésticos ruidosos amplificam a carga cognitiva extrínseca, penalizando alunos de baixa renda.	Tokuhama-Espinosa (2021); Cosenza; Guerra (2021); UNESCO (2023).	Tratamento de desigualdades estruturais de acesso como supostos déficits individuais de aprendizagem; risco de determinismo neurotecnológico.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do corpus metabibliográfico (2026).

4.2 Análise Crítica dos Dilemas Neuroéticos na Sala de Aula Virtual

4.2.1 O Panóptico Neurocomputacional e a Erosão da Privacidade Mental

As revisões sobre tecnologia educacional e governança de dados (WILLIAMSON, 2022; KELLMEYER, 2024) alertam para a transição de uma avaliação pedagógica baseada na produção intelectual para uma vigilância contínua de estados neurofisiológicos. Quando plataformas de teleaula incorporam algoritmos que analisam dilatação pupilar, postura corporal, microexpressões faciais ou padrões de digitação para gerar escores de atenção, instaura-se o que se pode denominar de panóptico neurocomputacional.

> A captura algorítmica de biomarcadores atencionais em salas de aula virtuais transgride a fronteira mais íntima da individualidade humana: o cérebro em

> desenvolvimento. Ao transformar parâmetros neurofisiológicos em métricas de conformidade institucional, as corporações educacionais estabelecem um regime de vigilância incompatível com os princípios fundamentais da dignidade humana, transformando a educação de um direito de emancipação em um processo de policiamento cognitivo (KELLMEYER, 2024, p. 203).

Sob a ótica da neuroética (ROSKIES, 2002; YUSTE et al., 2021), a mente humana constitui o último reduto de inviolabilidade individual. Submeter estudantes ao monitoramento biométrico compulsório — muitas vezes como condição para validar frequência ou realizar avaliações remotas (e-proctoring) — viola a integridade mental e induz um estado de hipervigilância amigdaliana crônica. Paradoxalmente, o próprio mecanismo criado para medir a atenção acaba por sabotá-la, pois o medo da penalização algorítmica drena recursos do córtex pré-frontal dorsolateral necessários ao raciocínio complexo e à criatividade.

4.2.2 Determinismo Neurotecnológico e a Patologização do Comportamento Online

Um segundo achado recorrente nas revisões críticas de neuroeducação (TOKUHAMA-ESPINOSA, 2021; FARAH, 2023) diz respeito ao risco de reducionismo biologizante. Plataformas adaptativas frequentemente operam sob modelos normativos rígidos de comportamento atencional: um estudante que desvia o olhar da tela para refletir, rabiscar ou processar auditivamente uma explicação pode ser rotulado pelo algoritmo como desengajado ou portador de risco atencional. Além disso, a literatura metabibliográfica denuncia a disseminação de neuromitos digitais — crenças sem respaldo empírico, tais como a ideia de que aplicativos de ginástica cerebral compensam a ausência de mediação pedagógica qualificada ou de que a multitarefa digital otimiza a plasticidade sináptica. Na realidade, as metanálises revisadas por Dehaene (2020) e Mayer (2021) comprovam exatamente o oposto: a alternância rápida entre abas, chats e vídeo fragmenta a consolidação mnemônica e gera um custo de alternância (switch cost) que reduz a eficiência cognitiva em até 40%.

4.2.3 Assimetria de Infraestrutura como Injustiça Neurocognitiva

Embora a neurociência enfatize a universalidade dos mecanismos básicos da plasticidade cerebral, o desenvolvimento cognitivo ocorre sempre em contextos ecológicos situados. As revisões latino-americanas e relatórios internacionais analisados (UNESCO, 2023) demonstram que a teleaula vivenciada em conexões de alta velocidade, com dispositivos ergonômicos e ambientes silenciosos, constitui uma experiência neurobiológica

radicalmente distinta daquela enfrentada por estudantes em condições precárias. Latências de áudio superiores a 150 milissegundos, pixelização de imagem e ruídos ambientais obrigam o sistema nervoso central a realizar um esforço exaustivo de preenchimento perceptual (top-down processing), esgotando precocemente os recursos executivos. Ignorar essa dimensão na avaliação educacional transforma uma desigualdade socioeconômica e tecnológica em uma injustiça neurocognitiva, penalizando academicamente cérebros submetidos a condições ambientais adversas.

4.3 Diretrizes para uma Telepedagogia Neuroética

Em resposta às lacunas identificadas no corpus metabibliográfico, propõe-se um quadro normativo e operacional estruturado em cinco diretrizes fundamentais para orientar docentes, designers instrucionais, gestores educacionais e desenvolvedores de tecnologias educativas:

1. Princípio da Soberania Mental e Minimização de Dados Biométricos: Instituir políticas institucionais explícitas que proíbam a coleta, o armazenamento ou a monetização de dados neurocomportamentais, rastreamento ocular e reconhecimento facial emocional em teleaulas. O uso de câmeras deve ser pedagogicamente pactuado e flexível, respeitando a autonomia e a privacidade doméstica do discente.

2. Design Instrucional Respeitoso aos Limites da Memória de Trabalho: Estruturar teleaulas em blocos modulares de no máximo 20 a 25 minutos de exposição interativa, intercalados por pausas cognitivas ativas longe da tela (off-screen breaks) e atividades de recuperação ativa (retrieval practice), reduzindo a carga extrínseca e prevenindo a Zoom fatigue.

3. Transparência Algorítmica e Supervisão Humana Significativa: Garantir que qualquer ferramenta de inteligência artificial ou análise de aprendizagem (learning analytics) utilizada em ambientes virtuais seja auditável, explicável e subordinada ao julgamento ético e pedagógico do professor, vedando decisões automatizadas de reprovação ou rotulagem diagnóstica.

4. Primazia da Co-regulação Socioemocional e Dialógica: Priorizar metodologias ativas síncronas (aprendizagem baseada em problemas, debates em pequenos grupos, instrução por pares) em detrimento de transmissões passivas unidirecionais, restaurando a intersubjetividade, a empatia e o engajamento afetivo essenciais à consolidação da memória.

5. Alfabetização Neuroética na Formação Docente: Incorporar os fundamentos da neuroeducação crítica e da neuroética nos currículos de formação inicial e continuada de

professores, capacitando-os a identificar neuromitos comerciais, avaliar criticamente plataformas digitais e defender os neurodireitos de seus estudantes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O percurso metabibliográfico empreendido ao longo deste estudo permitiu evidenciar que a expansão acelerada das teleaulas nos sistemas educacionais contemporâneos ocorreu sob um descompasso crítico entre a sofisticação tecnológica das plataformas digitais e a maturidade dos referenciais neuroeducacionais e neuroéticos que orientam seu uso. Ao sintetizar revisões sistemáticas, metanálises e ensaios teóricos produzidos entre 2015 e 2026, demonstrou-se que a mediação telemática não constitui um mero veículo neutro de transmissão de conteúdos, mas uma ecologia cognitiva singular que reconfigura os circuitos de atenção executiva, a carga da memória de trabalho, a cronobiologia do sono e a ressonância socioafetiva mediada pela co-presença física.

Em resposta à questão-problema que norteou esta pesquisa, constatou-se que as principais tensões neuroéticas emergentes na teleaula residem na captura algorítmica de biomarcadores atencionais e emocionais, na erosão da privacidade mental discente por meio de dispositivos de vigilância remota, no determinismo neurotecnológico que patologiza comportamentos naturais de processamento cognitivo e na conversão de desigualdades estruturais de infraestrutura digital em injustiças neurocognitivas. A análise crítica revelou ainda que grande parte das diretrizes instrucionais vigentes ignora os limites biológicos do cérebro humano diante de interfaces hiperestimulantes, naturalizando a exaustão cognitiva (Zoom fatigue) como um custo inevitável da modernização pedagógica.

Como contribuição original ao campo da neuroeducação, este trabalho articulou o paradigma dos neurodireitos às demandas concretas da sala de aula virtual, sistematizando cinco diretrizes operacionais voltadas à preservação da soberania mental, ao design instrucional respeitoso à arquitetura cognitiva humana, à transparência algorítmica sob supervisão docente, à valorização da intersubjetividade dialógica e à alfabetização neuroética na formação de professores.

Reconhece-se, como limitação inerente ao delineamento metabibliográfico, a dependência do recorte temporal e metodológico das revisões secundárias disponíveis, bem como a velocidade com que novas ferramentas de inteligência artificial generativa e interfaces cérebro-computador não invasivas são introduzidas no mercado educacional. Recomenda-se, portanto, que investigações futuras desenvolvam estudos empíricos longitudinais e

interculturais sobre o impacto neurocognitivo e ético de ambientes virtuais imersivos e tutores algorítmicos na educação básica e superior, consolidando uma telepedagogia genuinamente humanizada, equitativa e comprometida com a dignidade da mente humana.

REFERÊNCIAS

BAILENSON, Jeremy N. Nonverbal overload: a theoretical argument for the causes of Zoom fatigue. **Technology, Mind, and Behavior**, Washington, DC, v. 2, n. 1, p. 1-6, 2021.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2016.

COOPER, Harris; HEDGES, Larry V.; VALENTINE, Jeffrey C. (org.). **The handbook of research synthesis and meta-analysis**. 3. ed. New York: Russell Sage Foundation, 2019.

COSENZA, Ramon M.; GUERRA, Leonor B. **Neurociência e educação**: como o cérebro aprende. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2021.

DEHAENE, Stanislas. **How we learn**: why brains learn better than any machine... for now. New York: Viking, 2020.

DENG, Liping *et al.* Cognitive load and attention in synchronous online learning: a systematic review and meta-analysis. **Educational Research Review**, Amsterdam, v. 39, p. 100528, 2023.

DIKKER, Suzanne *et al.* Brain-to-brain synchrony tracks real-world dynamic group interactions in the classroom. **Current Biology**, Cambridge, v. 27, n. 9, p. 1375-1380, 2022.

FARAH, Martha J. Neuroethics: the practical and the philosophical. **Trends in Cognitive Sciences**, London, v. 9, n. 1, p. 34-40, 2005.

FARAH, Martha J. Neuroethics and the commercialization of educational neurotechnology. **Nature Reviews Neuroscience**, London, v. 24, n. 4, p. 215-226, 2023.

IMMORDINO-YANG, Mary Helen. **Emoções, aprendizagem e o cérebro**: explorando as implicações educacionais da neurociência afetiva. Porto Alegre: Penso, 2019.

KELLMEYER, Philipp. Neurorights and algorithmic surveillance in digital education ecosystems. **AJOB Neuroscience**, Philadelphia, v. 15, n. 3, p. 198-210, 2024.

MAYER, Richard E. **Multimedia learning**. 3. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

MORA, Francisco. **Neuroeducación**: solo se puede aprender aquello que se ama. 2. ed. Madrid: Alianza Editorial, 2019.

RIZZOLATTI, Giacomo; SINIGAGLIA, Corrado. The mirror mechanism: a basic principle of brain function. **Nature Reviews Neuroscience**, London, v. 17, n. 12, p. 757-765, 2016.

ROSKIES, Adina. Neuroethics for the new millenium. **Neuron**, Cambridge, v. 35, n. 1, p. 21-23, 2002.

SWELLER, John; AYRES, Paul; KALYUGA, Slava. **Cognitive load theory**. 2. ed. New York: Springer, 2019.

TOKUHAMA-ESPINOSA, Tracey. **Bringing the neuroscience of learning to online teaching**: an educator's handbook. New York: Teachers College Press, 2021.

UNESCO. **Global education monitoring report 2023**: technology in education: a tool on whose terms? Paris: UNESCO, 2023.

WILLIAMSON, Ben. **Big data in education**: the digital future of learning, policy and practice. 2. ed. London: SAGE Publications, 2022.

YUSTE, Rafael *et al*. It’s time for neuro-rights: new human rights for the age of neurotechnology. **Horizons**, Belgrade, n. 18, p. 154-164, 2021.