
Ensaio Acadêmico

Emergência da *Neuroeducação*: a hora e a vez da neurociência para agregar valor à pesquisa educacional

Neuroeducation emergence: the time and place for neuroscience to add value to educational research

Milton Antonio Zaro^a, Renata Menezes Rosat^{b, ✉}, Luis Otoni Ribeiro Meireles^c, Marilda Spindola^d, Ana Maria Ponzio de Azevedo^e, Ana Clara Bonini-Rocha^f e Maria Isabel Timm^{g, ✉}

^aPrograma de Pós-Graduação em Neurociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil; ^bDepartamento de Fisiologia, UFRGS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil; ^c Instituto Federal Sul-Rio-Grandense (IF-SUL), Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil; ^dCurso de Engenharia Elétrica, Universidade de Caxias do Sul (UCS), Campus Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, Brasil; ^eDepartamento de Ciências Básicas da Saúde, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA), Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil; ^fCurso de Fisioterapia, Centro Universitário Franciscano (UNIFRA), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil, ^gCentro Nacional de Supercomputação (CESUP), UFRGS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil

Resumo

O artigo apresenta informações bibliográficas a respeito de um novo paradigma para a pesquisa educacional, o qual prevê a integração dos achados de pesquisas das Neurociências às necessidades de identificação das melhores formas de ensinar, para potencializar os resultados do aprendizado. O fundamento desta nova área interdisciplinar de estudo é prover caráter científico à pesquisa educacional, estabelecendo um *framework* teórico e metodológico para que possam ser testadas as melhores práticas pedagógicas. Além disso, contextualiza ideias e produções, com este enfoque, realizadas nos últimos anos, por um grupo de pesquisadores ligados à Universidade Federal do Rio Grande do Sul e outras instituições da região e sugere que esta nova área possa também balizar o desenvolvimento e a pesquisa sobre o uso de produtos educacionais, em especial aqueles que se utilizam das tecnologias computadorizadas, como a multimídia, os vídeos e os projetos integrados de múltiplos recursos e funções. © Cien. Cogn. 2010; Vol. 15 (1): 199-210.

Palavras-chave: neuroeducação; tecnologia educacional; neurociência; pesquisa educacional; ensino-aprendizado; epistemologia.

Abstract

This article presents bibliographic informations related to a new educational research paradigm, which foresees the integration of findings in neurosciences and the need of

✉ - **M.I. Timm.** Av. Osvaldo Aranha, 99, Porto Alegre, RS 90.035-190, Brasil. Telefone para contato: +55-51-33083350. E-mail para correspondência: beta@cesup.ufrgs.br. **R.M. Rosat.** Rua João Obino 383/802, Porto Alegre, RS 90.470-150, Brasil. Telefone para contato: +55-51-30236891. E-mail para correspondência: renatarosat@gmail.com.

identifying the best ways of teaching, to improve learning. The basis of this interdisciplinary field provides a scientific character to the educational research, establishing a theoretical and methodological framework to evaluate the best pedagogic practices. In addition, it contextualizes ideas and products focused on this area, carried out in the last few years by a group of researchers from Universidade Federal do Rio Grande do Sul and other universities, which suggest this new field can also delimit the development and research on the utilization of educational products, especially computerized technology, as multimedia, videos and integrated projects of multiple resources and functions. © Cien. Cogn. 2010; Vol. 15 (1): 199-210.

Keywords: *neuroeducation; educational technology; neuroscience; educational research; teaching-learning; epistemology.*

1. Introdução: a necessidade de um paradigma científico para a pesquisa educacional

Em artigo recente, publicado no prestigiado espaço virtual da Fundação Dana¹, Hardiman e Denckla (2009) referem-se à relevância do que chamaram a *ciência da educação*, trazendo à tona uma abordagem que vem se consolidando nos últimos anos, principalmente nos Estados Unidos, através de um novo campo multidisciplinar de conhecimento e de atuação profissional, nas áreas da docência e da pesquisa educacional, a *Neuroeducação*. Segundo estas autoras, a próxima geração de educadores, obrigatoriamente, precisará levar em conta o conhecimento gerado por pesquisas das Neurociências, ao planejar e desenvolver seus projetos de ensino e de aprendizagem.

O objetivo deste artigo é resumir pontos já consolidados a respeito da Neuroeducação, bem como refletir sobre a urgência de disseminar suas potencialidades, para fundamentar pesquisa educacional baseada em metodologia científica, envolvendo não apenas práticas e métodos de ensino-aprendizagem, de áreas do conhecimento, idades e perfis profissionais diferenciados, mas também refletir sobre possíveis impactos das tecnologias educacionais contemporâneas sobre estas práticas e métodos.

1.1. Contexto: a evolução do pensamento sobre o conhecimento humano e o aprendizado e as novas necessidades da pesquisa

Do ponto de vista filosófico, o que se convencionou chamar de pensamento da *modernidade*, na área da teoria do conhecimento, ou epistemologia, inicia com Kant (1724-1804), que recupera a ideia de Descartes (1596-1650) de sujeito epistêmico (o sujeito *que conhece*), mas liberta-o da metafísica, ao tratar a mente humana como um instrumento para sintetizar e organizar os dados obtidos através dos sentidos, a partir de esquemas, formas e categorias lógicas que fazem parte desta própria mente. Uma concepção tão inovadora, em seu tempo, que até hoje é considerada a “revolução copernicana da filosofia” (Martini, 2006). A evolução lógica deste pensamento inovador de Kant, que relaciona diretamente a compreensão do funcionamento da mente com a produção de conhecimento, não poderia deixar de ser pela sua intersecção com a metodologia científica: a observação da biologia da gênese de conhecimento no cérebro-mente dos humanos, no caso, crianças, como fez o pesquisador suíço Jean Piaget (1896-1980).

Possivelmente, Piaget (1973, 1987) tenha sido o grande pioneiro dessa transformação qualitativa na abordagem do aprendizado humano (da especulação à pesquisa empírica), ao descrever, através do que chamou de *epistemologia genética*, a formação do pensamento e do conhecimento humanos, através de estruturas mentais, de natureza e complexidade crescentes, ao longo de todo o aprendizado e, portanto, de toda a vida humana. Observando seus próprios filhos inicialmente e depois ampliando para um número maior de crianças, Piaget foi corajoso e visionário, ao identificar etapas de evolução de um processo de aprendizagem que começa

com a operação do mundo através de estratégias concretas de abordagem e caminha, ao longo do amadurecimento da criança e do jovem, em direção a construções mentais lógico-formais abstratas e mais aptas a processar a exigência do conhecimento complexo.

Piaget foi certamente um gênio da síntese, ao descrever um módulo básico através do qual esse processo permanente de aprendizado ocorre na mente humana: *assimilação* (de novas informações), *acomodação* (das novas informações em relação à base cognitiva já estruturada previamente no indivíduo) e *equilíbrio* (um re-arranjo das estruturas cognitivas, absorvendo as transformações provocadas pela nova informação em contato com as anteriores). Sua observação com certeza pode ser considerada um modelo correto - porém bastante simplificado e certamente incompleto - do que seria um processo básico de aquisição, consolidação e evocação de memórias, em geral, visto através do olhar de um neurofisiologista, o que não poderia ser diferente, sendo Piaget um biólogo, com olhar e raciocínio treinados pela metodologia científica.

A observação de Piaget correu mundo e deu suporte a interpretações pedagógicas² complexas, que acabaram estruturando um importante paradigma do pensamento disseminado hoje, a respeito dos processos de ensino-aprendizagem, o construtivismo (Martini, 2006, Bonini-Rocha *et al.*, 2008b). Inspirado por Piaget e por muitos de seus continuadores, o construtivismo prega, com inegável razão, a relevância da ação do aprendiz no processo de construção de sua própria aprendizagem. Como consequência, talvez, da interpretação literal e da generalização dos achados de Piaget para todos os tipos de públicos e áreas do conhecimento; e provavelmente, como consequência também da ausência de diálogo destas generalizações com o pensamento científico (neste caso, com a Neurociência Cognitiva, que evoluiu de maneira significativa, nas últimas décadas), sugere-se que o construtivismo não cobre, sozinho, todas as necessidades da pesquisa educacional contemporânea, em especial aquelas das áreas da educação superior de áreas científicas e tecnológicas, às voltas hoje com as exigências das inúmeras variáveis e da complexidade já vislumbrada a respeito do sistema de processamento de informações dos humanos. Estas limitações talvez também se relacionem ao fato de os alunos da educação superior, em sua maioria, já terem saído da adolescência, faixa etária limite até onde as pesquisas de Piaget concentraram-se com maior ênfase.

Com base na compreensão destas novas exigências, intensificadas pelo uso massivo de novas tecnologias educacionais, bem como pelas evidências de diferentes necessidades cognitivas, afetivas, motoras e culturais de cada sociedade e de cada área do conhecimento, os autores pretendem ao longo deste texto, simultaneamente:

- *apontar para a oportunidade de semear bases acadêmicas, no Brasil, para a Neuroeducação, como território de pesquisa multidisciplinar e dinâmica, sobre os desafios que fazem parte dos processos formais e informais do ensino-aprendizagem;*
- *ampliar as possibilidades abertas pela multidisciplinaridade desta nova área de pesquisa, em direção ao conjunto das Ciências Cognitivas e das áreas de Comunicação e Ciências da Informação, para estruturar um framework teórico capaz de dar suporte à pesquisa e à produção de tecnologias educacionais eficientes e eficazes, que possam viabilizar as intenções pedagógicas do professor, de forma orgânica e ergonômica aos processos cognitivos de cada aluno.*

Isto será feito a seguir, a partir de uma rápida revisão bibliográfica acerca da Neuroeducação, comentada no âmbito dos objetivos do artigo e seguida de uma reflexão sobre possíveis contribuições deste olhar científico e multidisciplinar para atender uma nova e

igualmente intensa necessidade: formar bons planejadores, produtores e usuários de tecnologias educacionais.

2. Sobre Neuroeducação: surgimento e relevância

Defendida em 2008, na Universidade Capella/USA, a tese de doutorado de Tracey Noel Tokuhama-Espinosa (2008), sob orientação de Elena Kays, será considerada neste artigo como uma espécie de documento fundador, uma vez que reúne não apenas os fundamentos da Neuroeducação, desde seu surgimento, mas descreve exaustivamente o conjunto da bibliografia já existente sobre o tema, além dos principais problemas, fundamentos e princípios da nova área do conhecimento. Procurando-se evitar uma repetição igualmente exaustiva do trabalho da pesquisadora, resume-se algumas das suas informações ressaltando-se, como Tokuhama-Espinosa e autores por ela citados, a importância de abordar o assunto de maneira cautelosa e realista, sem pretender estabelecer relações e conclusões definitivas sobre resultados de pesquisa e soluções didático-pedagógicas.

Tokuhama-Espinosa localiza o início das preocupações da Neuroeducação nos anos 70, com duas referências principais: Show e Stewart (1972) e Gardner (1974, *apud* Tokuhama-Espinosa, 2008), sendo este último autor bastante conhecido no Brasil, através de sua teoria das inteligências múltiplas (Gardner, 2001, 2005; Timm *et al.*, 2007, 2009). Ambos os autores, diz, já naquele momento “estabeleceram diversos princípios-chave em neuroeducação, incluindo a compreensão de que não existem dois cérebros idênticos, devido tanto à natureza (questões congênitas) quanto à criação (experiência)”³ (Tokuhama-Espinosa, 2008, p. 4). Em 2007, diz ela, Howard Gardner apontou diretamente para a falta de um elo, visivelmente necessário, entre a neurologia, a psicologia e a educação, para formar o que seriam “neuro-educadores” (Sheridan *et al.*, 2005: 11, *apud* Tokuhama-Espinosa, 2008)⁴.

Sheridan e colaboradores (2005, *apud* Tokuhama-Espinosa, 2008) não apenas assumem este papel pioneiro, com relação à Neuroeducação, mas apresentam problemas práticos de escolas contemporâneas, que obrigatoriamente tangenciam as áreas de atuação de neurologistas, psicólogos e educadores, sem que estes tenham formação para isto, nas suas respectivas áreas de origem, o que acarretaria problemas de funcionalidade e, inclusive, de ética. Por exemplo: professores às voltas com tomografias computadorizadas trazidas por pais de alunos para discutir desempenho e intervenção; ou uso do que está sendo chamado pelos norte-americanos de *dopping intelectual* (drogas que aumentam a atenção e a concentração); ou ainda o recrutamento de neurocientistas por empresas de desenvolvimento de softwares educacionais. Não por acaso estes autores propunham, em função destas novas exigências, e de outras, igualmente relevantes, que fosse criada a profissão de *neuro-educador*.

A consequência lógica da observação inicial das novas necessidades - prossegue a contextualização histórica de Tokuhama-Espinosa (2008) - foi o movimento destes e outros pesquisadores, para estabelecer o que seriam os objetivos e padrões da nova área interdisciplinar do conhecimento. A Neuroeducação começa a ganhar corpo, com a finalidade de abordar o conhecimento e a inteligência, integrando três áreas: a Psicologia, a Educação e as Neurociências.

Do ponto de vista psicológico, o objetivo principal da Neuroeducação seria *explicar os comportamentos da aprendizagem*, diz a pesquisadora, ressaltando que os neurologistas se ocupam disto através do cérebro, enquanto os psicólogos se debruçam sobre a mente, o que, certamente, para qualquer um que se mantenha em uma razoável distância crítica do tema, aponta para questões complementares e não antagônicas. Uma destas questões seria, por exemplo, buscar explicações sobre o papel das emoções no aprendizado, nos processos de tomada de decisão e nas várias possibilidades de motivação dos alunos para o aprendizado. Já

para os educadores, estas informações seriam usadas para melhorar suas práticas em sala de aula. Poderiam, por exemplo, aproveitar o conhecimento já consolidado sobre as mudanças neuronais que ocorrem no cérebro, durante o aprendizado (área de pesquisa das Neurociências), e as técnicas e métodos de observação e documentação dos comportamentos observáveis (área de pesquisa da Psicologia), para fundamentar de forma consistente e verificável a eficiência de tais práticas.

Possivelmente, cabe às três categorias de profissionais – e a outras categorias hoje integradas às equipes educacionais como, por exemplo, os produtores de mídias, os designers, os cientistas da informação e os produtores de tecnologias educacionais – identificar as possibilidades de pesquisa e, principalmente, os padrões e metodologias de pesquisa que poderiam dar conta desta integração. Hardiman e Denckla (2009), citadas no início deste artigo, definem a Neuroeducação como um novo campo do conhecimento que integra “neurocientistas que estudam a aprendizagem e educadores que pretendem fazer uso de pesquisas desta natureza”. Comentam que, embora esta integração pareça óbvia, nem sempre foi ou será fácil e direta, uma vez que os campos profissionais estruturam linguagens e abordagens diferenciadas, definindo seus respectivos métodos de produção e validação do conhecimento. Talvez por isso recomendam que ambos os grupos se dediquem à *busca de um método comum para traduzir resultados da pesquisa científica, através de um caminho cujo sentido inicia nos laboratórios dos neurocientistas cognitivos e segue para o planejamento de estratégias pedagógicas aplicáveis*. Sugere-se que o mesmo caminho continue em direção à produção e ao uso de tecnologias educacionais, como vídeos, multimídia, games e outros produtos educacionais, refletindo sobre a possibilidade de desenvolver e aplicar estes recursos de forma a que possam, comprovadamente, dar suporte a alguma das variáveis dinâmicas que compõem a cognição humana, identificando essas variáveis observáveis e seus processos de inter-relação.

Tokuhama-Espinosa (2008) também concorda que os pesquisadores que quiserem integrar-se à área multidisciplinar da Neuroeducação precisam realizar um exercício de flexibilidade das suas próprias formas de pensar, agir e definir prioridades, uma vez que, como todas as áreas de interface de vários tipos de conhecimento, é preciso perceber as abordagens e integrá-las de forma equilibrada, sem que uma se imponha sobre as demais. Daí a importância de seu trabalho, que tratou de delimitar o que seriam alguns dos temas comuns às áreas, como conhecimento já estruturado ou como instrumento ou metodologia de pesquisa. A seguir, resumem-se alguns desses temas, tratados pela pesquisadora como tópicos básicos ou princípios (optou-se por usar as próprias palavras da autora, em função da excelência de sua síntese).

2.1. Tópicos, fundamentos e princípios da Neuroeducação

Entre os tópicos citados por Tokuhama-Espinosa (2008), a partir de sua pesquisa na bibliografia já existente, que delimitam possíveis abordagens para pesquisa em Neuroeducação, estão as várias técnicas de *captação de informações neuronais, por sinais elétricos ou imageamento cerebral* como instrumento de observação de aprendizagem⁵, a *neurogênese e plasticidade*; as *teorias da consciência e da inteligência*⁶, a *neuroética*; as *diferenças de aprendizado*; e as *relações corpo-mente* (sono e exercícios físicos, entre outros itens a esse respeito).

Enumera ainda o que seriam 14 princípios básicos, a serem usados como fio condutor da Neuroeducação, em torno dos quais se articulariam premissas das três áreas estruturadoras (neurociências, psicologia e educação, segundo a autora), não necessariamente em ordem hierárquica de relevância:

- “a) estudantes aprendem melhor quando são altamente motivados do que quando não têm motivação;
- b) stress impacta aprendizado;
- c) ansiedade bloqueia oportunidades de aprendizado;
- d) estados depressivos podem impedir aprendizado;
- e) o tom de voz de outras pessoas é rapidamente julgado no cérebro como ameaçador ou não-ameaçador;
- f) as faces das pessoas são julgadas quase que instantaneamente (*i.e.*, intenções boas ou más);
- g) feedback é importante para o aprendizado;
- h) emoções têm papel-chave no aprendizado;
- i) movimento pode potencializar o aprendizado;
- j) humor pode potencializar as oportunidades de aprendizado;
- k) nutrição impacta o aprendizado;
- l) sono impacta consolidação de memória;
- m) estilos de aprendizado (preferências cognitivas) são devidas à estrutura única do cérebro de cada indivíduo;
- n) diferenciação nas práticas de sala de aula são justificadas pelas diferentes inteligências dos alunos.” (Tokuhama-Espinosa, 2008: 78).

Além desses princípios, que seriam relativos a cada aprendiz, individualmente, diz a pesquisadora, outros dizem respeito a qualquer um deles, podendo ser seguido em qualquer prática instrucional. São eles:

- “a) cada cérebro é único e unicamente organizado;
- b) cérebros são especializados e não são igualmente bons em tudo;
- c) o cérebro é um sistema complexo, dinâmico e em modificação diária, pelas experiências;
- d) cérebros são considerados ‘plásticos’ e continuam a se desenvolver ao longo de suas vidas;
- e) aprendizado é baseado em parte na habilidade do cérebro de se auto-corrigir e aprender pela experiência, através da análise de dados e auto-reflexão;
- f) a busca por sentido é inata na natureza humana;
- g) a busca por sentido ocorre através de ‘padronizações’;
- h) aprendizado é baseado em parte na habilidade do cérebro de detectar padrões e fazer aproximações para aprender;
- i) emoções são críticas para detectar padrões;
- j) aprendizado é baseado em parte na capacidade do cérebro para criar;
- k) aprendizado é potencializado pelo desafio e inibido pela ameaça;
- l) o cérebro processa partes e todo simultaneamente (é um processador paralelo);
- m) cérebros são projetados para flutuações mais do que atenção constante;
- n) aprendizado envolve tanto atenção focada quanto percepção periférica;
- o) o cérebro é social e cresce na interação (tanto quanto na reflexão pessoal);
- p) aprendizado sempre envolve processos conscientes e inconscientes;
- q) aprendizado é desenvolvimental;
- r) aprendizado recruta a fisiologia completa (o corpo impacta o cérebro e o cérebro controla o corpo);
- s) diferentes sistemas de memória (curto prazo, de trabalho, longo prazo, emocional, espacial, de hábito) aprendem de formas diferentes;

- t) informação nova é arquivada em várias áreas do cérebro e pode ser evocada através de diferentes rotas de acesso;
- u) o cérebro recorda melhor quando os fatos e habilidades são integrados em contextos naturais; e
- v) Memória + Atenção = Aprendizado.⁷” (Tokuhama-Espinosa, 2008: 79,80).

Entre os achados finais da pesquisa de Tokuhama-Espinosa, estão alguns que justificam a relevância e urgência da consolidação da nova área de pesquisa, apontando para a necessidade do diálogo entre a ciência e sua aplicação, de maneira justificada e fundamentada em evidências observáveis:

“... enquanto milhares de estudos foram devotados para explicar vários aspectos da neurociência (como animais, incluindo humanos, aprendem), apenas uns poucos estudos neurocientíficos tentaram explicar como os humanos deveriam ser ensinados, para maximizar o aprendizado. (...) das centenas de dissertações devotadas ao ‘ensino baseado no cérebro’, ou ‘métodos neurocientíficos de aprendizado’, nos últimos cinco anos, a maioria documentou a aplicação destas técnicas, ao invés de justificá-las.” (Tokuhama-Espinosa, 2008: 117)⁸

3. Produzir tecnologia educacional com fundamentos neuroeducativos

Passando do contexto geral da Neuroeducação para a necessidade prática, do dia-a-dia dos pesquisadores contemporâneos, principalmente daqueles que se ocupam do ensino-aprendizagem de áreas científicas e tecnológicas, como as Engenharias, as ciências da saúde e outras áreas da educação superior, um universo de perguntas se impõe, ao longo dos processos de decisão sobre as melhores práticas pedagógicas, tanto quanto dos fundamentos de produção dos melhores recursos da tecnologia educacional.

A pesquisa de base neuro-educacional comportaria um vasto campo de investigação – de naturezas quantitativas, qualitativas, empíricas e inclusive etnográficas – incluindo temas como, por exemplo, as diferenças de aprendizado entre crianças, jovens, adultos, idosos, tanto quanto entre alunos de diferentes áreas do conhecimento⁹, e o impacto das diferentes tecnologias audiovisuais sobre cada uma delas (Ribeiro *et al.*, 2005). Ou, ainda, as diferenças de ensino-aprendizagem envolvidas na constatação de que existem diferentes tipos de conhecimento teórico, prático, técnico, aplicável, *memorizável*¹⁰, etc., cada um deles adequando-se, talvez, a um tipo ou outro de solução tecnológica (quando e por que se deve escolher um vídeo, um game, um acervo dinâmico de pesquisa ou uma simulação, por exemplo?).

Pode-se pensar também em fundamentos científicos para tomadas de decisão pragmáticas, na produção de um simples conjunto de lâminas ou de um vídeo educacional, relativas ao uso de uma ou duas cores, um tipo de letra, ou seu tamanho, um fundo de tela, uma textura, um movimento, ou outros itens que podem alterar a percepção ou a atenção dos alunos¹¹. Será que tais microdecisões, tomadas ao longo do processo de produção de tecnologias educacionais, impactam positiva ou negativamente sobre a atenção, a apreensão do conteúdo, a memória de curta/longa duração, a consolidação, a evocação, a motivação, o raciocínio ou qualquer um dos outros itens que compõem aquela interação do estudante com o conteúdo? Estes temas têm sido tratados de forma estruturada na formação geral dos designers (em especial no design de interfaces e no design virtual) e, mais recentemente, através da criação de uma nova área profissional, do design instrucional (Filatro, 2008). Entretanto, talvez possam ser dimensionados na formação de professores e todos os demais profissionais

integrados às equipes multidisciplinares de produção de materiais educacionais, exatamente porque implicam no domínio de conhecimentos de múltiplas áreas da cognição, integradas aos conteúdos em pauta.

Compreendendo um quadro de múltiplas necessidades, que estruturam a realidade da ecologia educacional contemporânea, sugere-se, então, que a área de pesquisa da Neuroeducação, se implantada no Brasil, não se limite a integrar o conhecimento de pedagogos, neurocientistas e psicólogos, mas de todas as demais áreas que constituem as chamadas Ciências Cognitivas¹², bem como com as áreas de conhecimento da Comunicação e das Ciências da Informação, todas elas imbricadas na ecologia tecnológico-cognitivo-informacional-comunicacional de Internet, sala de aula, entretenimento e interação, aprendizado e aplicação, produção e recepção, entre tantas outras características tanto opostas como complementares que caracterizam a educação no Século XXI. Assim como não há retorno possível do ser humano ao mundo do telégrafo sem fio, também não é plausível supor que os processos de ensino-aprendizagem voltem a depender apenas de uma boa teoria, ou de um bom quadro-negro, mesmo que estejam integrados a um bom fundamento neurocientífico.

Desde 2001, procurando fundamentar a pesquisa sobre tecnologias educacionais aplicadas ao ensino científico e tecnológico, um grupo multidisciplinar de pesquisadores ligados à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)¹³ já levantava questões que excediam a formulação da pesquisa educacional de descrição de casos baseada apenas na determinação de um modelo pedagógico desejável, o construtivismo, e na crítica dos demais modelos (Schnaid *et al.*, 2003, 2006; Bonini-Rocha *et al.*, 2008b). Ao longo desse processo, percebeu-se a relevância de identificar necessidades cognitivas e de motivação de cada público, cada área para a qual os materiais e os projetos pedagógicos se destinam (Timm, 2005, Timm *et al.*, 2009). Percebeu-se ainda que tais produtos educacionais precisam dar conta da integridade dos conteúdos; das intenções pedagógicas para as quais se destinam; do suporte cognitivo para dar conta de cumprir as referidas intenções; e da linguagem específica da mídia ou solução tecnológica escolhida para a função¹⁴.

Parte destas questões foi parcialmente sintetizada pelo grupo na forma de perguntas (Timm *et al.*, 2007), algumas das quais são listadas a seguir, no intuito de ratificar a relevância do estabelecimento de uma área como a Neuroeducação, como um território multidisciplinar promissor para qualificar a pesquisa educacional contemporânea:

- *A tecnologia educacional baseada em hipermídia, que contém representações (verbais/não-verbais), (...) impacta igualmente os estudantes da área de humanas, de ciências biológicas e de ciências exatas? Sim/não/como e por quê? (...)*¹⁵

- *Como – e quanto, e em que condições específicas - a presença de ingredientes menos ou mais inteligentes, no ecossistema educacional computacional, pode contribuir para vencer resistências ao aprendizado, relacionadas a: a) dislexias ou afasias; b) dificuldades de escrita; c) dificuldades de operações com cálculos?*¹⁶

- (...) - *Como – e quanto - o aprendizado de novas linguagens de representação afeta a capacidade de comunicação do professor com grupos de alunos heterogêneos?*

- *Como – e quanto – a capacidade ampliada (ou não) do professor pode interferir para vencer as resistências dos alunos para que aprendam a pensar de acordo com os raciocínios característicos de cada disciplina/profissão/área do conhecimento?*

- *Entre as variáveis envolvidas na cognição humana, quais (e como e quanto) são mais afetadas pelo ambiente computacional (e suas diferentes possibilidades), em cada disciplina/profissão/área do conhecimento?*

- *Quais os limites éticos em que a tecnologia cognitiva pode ser considerada um apoio cognitivo (softwares educacionais, próteses baseadas em chips para necessidades especiais, etc.) ou apenas um potencializador (dopping intelectual) com vistas ao aumento de competitividade em indivíduos normais?* (Timm *et al.*, 2007)

Além destas perguntas, há outras que começam a fazer parte do dia-a-dia docente, das discussões de eventos e até das angústias dos que precisam saber se um vídeo, por exemplo, tem o mesmo potencial educacional de uma aula presencial¹⁷. Responder a estas perguntas – e tantas outras que começam a fazer parte do cotidiano docente – talvez seja parte da delimitação do território da Neuroeducação, mas, certamente, está longe de cobri-lo por inteiro. Ainda resta em aberto o desafio colocado por Hardiman e Denckla (2009), da construção de pontes de diálogo, que possam sintonizar metodologias de pesquisa e epistemologias diversas e às vezes tão antagônicas que inviabilizam publicações de autores de uma área na outra¹⁸. Sugere-se, entretanto, que a emergência das novas tecnologias educacionais, sua inexorabilidade e seu enorme potencial para impor a atualização sobre as novas necessidades e formas de ensinar e aprender seja o momento oportuno para que os educadores de todas as formações compreendam a metáfora do próprio cérebro humano, para fundamentar a produção de conhecimento sobre aprendizagem, ao processar informações diversas, em áreas diversas, integrando-as através de terceiras e quartas áreas, nas quais será capaz de produzir sentido e complexidade compatível com o conhecimento necessário ao educando e educador do Século XXI.

4. Referências bibliográficas

Bonini-Rocha, A.C.; Zaro, M.A.; Timm, M.I. e Wolff, D. (2009). Observação das evidências cognitivas de aprendizagem motora no desempenho de jovens violonistas monitoradas por eletroencefalograma: um estudo piloto. *Ciências & Cognição*, 14 (1), 103-120. Disponível em: <http://www.cienciasecognicao.org/revista/>.

Bonini-Rocha, A.C.; Timm, M.I.; Chiaramonte, M.; Zaro, M.A.; Rasia, A.; Ayres, E.P. e Petersen, R.D.S. (2008a) Metodologia para observação e quantificação de sinais de EEG relativos a evidências cognitivas de aprendizagem motora. *Ciências & Cognição*, 13 (2), 27-50. Disponível em: <http://www.cienciasecognicao.org/revista/>.

Bonini-Rocha, A.C.; Timm, M.I.; Chiaramonte, M. e Zaro, M.A. (2008b). Pesquisa educacional no Brasil: agregar valor a uma cultura pobre em análises quantitativas e métodos experimentais. Em: International Council for Engineering and Technology Education, INTERTECH (Org.), *Anais, Proceedings International Conference on Engineering and Computer Education 2008* (pp. 161a). Santos: UNISANTOS.

Cabral Jr, P.A.F.; Timm, M.I.; Thaddeu, R.C.; Leal, M. e Zaro, M.A. (2005). Produção e validação de aula em vídeo como objeto de ensino para o curso de medicina. *Revista Novas Tecnologias na Educação CINTED-UFRGS*, 3(2), 2-7.

Chiaramonte, M.; Carra, M.; Timm, M.I.; Zaro, M.A. e Schnaid, F. (2007). Em busca de um padrão cognitivo na engenharia. Em: International Council for Engineering and Technology Education, INTERTECH (Org.), *Anais, Proceedings International Conference on Engineering and Computer Education 2007* (pp. 942-946). Santos: UNISANTOS.

Filatro, A. (2008). *Design instrucional na prática*. São Paulo: Pearson.

- Gardner, H. (1974). *The shattered mind*. New York: Knopf Vintage Paperback.
- Gardner, H. (2001). *Inteligência: um conceito reformulado*. (Silva, A.C., Trad.). Rio de Janeiro: Objetiva. (Original publicado em 1999).
- Gardner, H. (2005) *Mentes que mudam* (Veronesi M.A.V., Trad.). Porto Alegre: Bookman, Artmed. (Original publicado em 2004).
- Hardiman, M. e Denckla, M.B. (2009). *The Science of Education: Informing Teaching and Learning through the Brain Sciences*. Retirado em 30/12/2009 de <http://www.dana.org/news/cerebrum/detail.aspx?id=23738>.
- Levine, M.A. (2002). *A mind at a time*. New York: Simon & Schuster.
- Martini, R.M.F. (2006). Os Neopositivistas: breve resumo dos paradigmas filosófico-científicos. Em: Schnaid, F., Zaro, M.A. e Timm, M.I. (Eds.). *O ensino de engenharia: do positivismo à construção das mudanças para o Século XXI* (pp. 91-122). Porto Alegre: Editora da UFRGS.
- Piaget, J. (1987). *O nascimento da inteligência na criança* (Cabral, A., Trad.). Rio de Janeiro: LTC (Original publicado em 1966).
- Piaget, J. (1973). *Biologia e conhecimento* (Guimarães, F.M., Trad.). São Paulo: Vozes. (Original publicado em 1967).
- Ribeiro, L.O.M.; Timm, M.I.; Becker, F. e Zaro, M.A. (2005). Monitoramento da atividade cognitiva através de EEG e seu uso potencial na avaliação de ambientes virtuais de aprendizagem e simuladores. Em: COPEC - Conselho de Pesquisas em Educação e Ciências (Org.), *Anais, GCTE 2005 - Global Congress on Engineering and Technology Education 2005* (pp. 1386-1390). Santos: UNISANTOS.
- Schnaid, F.; Timm, M.I. e Zaro, M.A. (2003). Considerações sobre uso de modelo construtivista no ensino de Engenharia - disciplina de projeto, com graduandos e mestrandos. *Revista Novas Tecnologias na Educação CINTED-UFRGS*, 1(1) fev., 1-21.
- Schnaid, F.; Zaro, M.A. e Timm, M.I. (Eds.) (2006). *O Ensino de Engenharia: do positivismo à construção das mudanças para o Século XXI*. Porto Alegre: Editora da UFRGS.
- Sheridan, K., Zinchenko, E. e Gardner, H (2005). Neuroethics in education. Em: Illes, J. (Eds.) *Neuroethics* (pp 281-308). Oxford: Oxford University Press. Apud Tokuhama-Espinosa. T. N. (2008) The scientifically substantiated art of teaching: a study in the development of standards in the new academic field of neuroeducation (mind, brain, and education science). Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Educação, Capella University, Mineápolis, Minesota.
- Timm, M.I. (2005). *Elaboração de projetos como estratégia pedagógica para o ensino de engenharia* (curso à distância de projeto no modelo e-learning-by-doing). Tese de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, UFRGS, Porto Alegre, RS. Retirado em 29/12/2008 de <http://servicos.capes.gov.br/capesdw/resumo.html?Idtese=20054442001013075P9>.
- Timm, M.I.; Bonini-Rocha, A.C.; Schnaid, F.; Zaro, M.A. e Chiaramonte, M. (2007). A virada computacional da filosofia e sua influência na pesquisa educacional. *Ciências & Cognição*, 11, 2-20. Disponível em: <http://www.cienciasecognicao.org/revista/>.
- Timm, M. I. ; Ferreira Filho, R. C. M. ; Ribeiro, L. O. M. ; Zaro, M. A. e Schnaid, F. (2009). As tecnologias educacionais e a discussão sobre ensino de engenharia [Resumo]. Em: COPEC – Council of Researches in Education and Sciences (Conselho de Pesquisas em Educação e Ciências), *Proceedings. 1v., ICECE 2009 - International Conference on Engineering and Computer Education* (p.602-606) , Buenos Aires: Instituto de Tecnologia de Buenos Aires.
- Timm, M.I.; Schnaid, F.; Zaro, M.A.; Ferreira Filho, R.C.M.; Cabral Jr, P.A.F.; Rosa, A.M.O. e Jesus, M.A.S. (2003). Tecnologia educacional: mídias e suas linguagens. *Revista Novas Tecnologias na Educação CINTED-UFRGS*, 1(1) jan, 1-19.

Timm, M.I.; Thaddeu, R.C.; Bos-Mikich, A.; Cabral Jr, P.A.F.e Azevedo, A.M.P. (2008). Vídeos agregam valor ao trabalho do professor de ciências da saúde. *Revista Novas Tecnologias na Educação*. CINTED-UFRGS, CINTED-UFRGS, 6(2) dez, 1-8.

Treisman, A. (1998). A atenção, os traços e a percepção dos objetos. Em: Andler, D. (Ed.). *Introdução às Ciências Cognitivas* (pp. 139-169). São Leopoldo: Unisinos.

Tokuhama-Espinosa, T. N. (2008). *The scientifically substantiated art of teaching: a study in the development of standards in the new academic field of neuroeducation (mind, brain, and education science)*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Educação, Capella University, Mineápolis, Minnesota.

Notas

- (1) The Dana Foundation (<http://www.dana.org>) é uma entidade filantrópica privada, norte-americana, com sedes em Nova Iorque e Washington, cujo foco de interesse são as ciências relacionadas ao cérebro, imunologia e educação artística. Charles A. Dana, industrial, filantropo e legislador, foi presidente da instituição, de 1950 a 1966, definindo seus principais programas, que incluem publicações, eventos, apoio à pesquisa e à disseminação de informações sobre estas áreas.
- (2) Importante lembrar, nesse item, que Jean Piaget não produziu teorias pedagógicas, de interpretação de seus achados científicos para as práticas de sala de aula. Estas interpretações foram feitas a partir de seus trabalhos. Esta ressalva é relevante, uma vez que nem sempre as interpretações pedagógicas foram produzidas com a mesma preocupação metodológica das pesquisas iniciais de Piaget.
- (3) No original, a autora refere-se à expressão “nature or nurture”, a qual, no inglês, concentra os argumentos relacionados às causas biológicas ou culturais para o aprendizado, a qual, no Brasil, têm sido expressos em torno de questões que opõem inatismo X aprendizado. Os autores do presente artigo consideram que ambos os fatores são relevantes para a compreensão do aprendizado, sendo que o equilíbrio entre eles é absolutamente singular, para cada indivíduo, em qualquer cultura.
- (4) Por razões óbvias de espaço e objetivos, não são citados no artigo todos os autores relevantes da área, segundo a exaustiva pesquisa de T-E. Ressalte-se, entretanto, as instituições citadas por ela como tendo importância fundamental para a estruturação da neuroeducação, seja por abrigarem pesquisadores ou fomentar a pesquisa nesta área: Organisation for Economic Co-operation and Development, Dana Foundation, Association for Supervision and Curriculum Development, American Educators Research Association, Special Interest Group on the Brain and Learning e Society of Neuroscience. Cita ainda as universidades de Harvard (Mind, Brain and Education Program, dirigido por Kurt Fischer), Dartmouth College’s (Psychological and Brain Science Program); Cornell (Sackler Institute for Developmental Psychobiology; e Cambridge (programa de Psicologia e Neurociência da Educação) e Universidade de Washington (programa Neurociência para crianças)
- (5) Sobre este tópico, ver Chiaramonte e colaboradores (2007) e Bonini-Rocha e colaboradores (2008a e 2009). As referências relatam pesquisa realizada pelo grupo de autores do presente artigo.
- (6) Cabe ressaltar, no item relativo às teorias sobre inteligência, importante referência da tese sobre os temas das inteligências múltiplas (nove tipos de inteligência, número flexível segundo o próprio autor: interpessoal, intrapessoal, matemática, corporal, linguística, espacial, musical, naturalista, humanista (Gardner, 2005) e aos construtos do neurodesenvolvimento de Levine (2002, *apud* Tokuhama-Espinosa, 2008), descrevendo oito desses construtos no cérebro humano (memória, atenção, ordem sequencial temporal, ordem espacial, linguagem, função neuromotora, cognição social e cognição de ordem superior).
- (7) A pesquisadora cita mais de 30 autores para corroborar os conceitos citados.
- (8) O conjunto da pesquisa de Tokuhama-Espinosa incluiu a consolidação de parâmetros para a Neuroeducação, o que foi feito através de revisão bibliográfica, para estruturação de categorias e instrumentos de pesquisa; entrevistas com profissionais e alunos das áreas definidas; e posterior tratamento estatístico de dados.
- (9) A necessidade de identificação de necessidades cognitivas diferenciadas, para perfis profissionais diferentes, tem como base fundamental a teoria das inteligências múltiplas, de Howard Gardner (Gardner, 2005).
- (10) Embora não seja desejável, como regra geral do aprendizado, é inegável que há partes de conteúdo que exigem memorização, e isto é variável em cada área do conhecimento. Por exemplo: biólogos trabalham com um tipo de conhecimento extremamente designativo, por força inclusive da evolução da profissão, que Howard Gardner (2005) descreveu ao chamar a atenção para a inteligência naturalista. Precisaram, ao longo da evolução da espécie, categorizar as plantas comestíveis, por exemplo, através da identificação visual e designação correspondente. Outra área que implica necessariamente em memorização é o aprendizado de línguas, ou o treinamento de atores. Nesse sentido, é preciso recuperar o treinamento da memória, nos

projetos instrucionais onde isto se faça necessário, sem que represente uma heresia paradigmática em relação à construção do conhecimento.

- (11) A respeito das interferências de tamanho, cor, textura ou movimento na percepção visual, ver Treisman, (1998).
- (12) Ciências Cognitivas: “(...) nova área que re-posiciona a biologia da percepção e do processamento de informações (*Neurociência cognitiva*) no diálogo com os modelos de conhecimento que permitem a autômatos e softwares inferirem decisões e acionarem comportamentos virtuais ou mecânicos (*IA e Lógica*); com as variáveis culturais que influenciam nas crenças e valores fundamentais da aprendizagem (*Antropologia*); com as variáveis cognitivo-emocionais que influenciam na estruturação do conhecimento endógeno de cada indivíduo (*Psicologia*); com as características representacionais gerais da espécie e específicas de cada ambiente profissional ou educacional (*Linguística*); e com a capacidade reflexiva e interpretativa da mente humana, para buscar um sentido integrador do processo de produção e categorização do conhecimento (*Filosofia*)”, (Timm e colaboradores, 2007).
- (13) Neste grupo, há também professores pesquisadores do Instituto Federal Sul Rio Grandense (Pelotas/RS), do Centro Universitário Franciscano (UNIFRA, Santa Maria/RS), da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA) e da Universidade de Caxias do Sul (UCS, campus Bento Gonçalves/RS).
- (14) Atualmente, este grupo integra professores de engenharia, matemática, comunicação, neurofisiologia, bioquímica, fisioterapia, computação, entre outros.
- (15) Sobre linguagens específicas de cada mídia, como vídeos, animações, etc., e sobre os cuidados de roteirização, captação e edição destes produtos, ver (Timm *et al.*, 2003; Timm *et al.*, 2008; Schnaid *et al.*, 2006)
- (16) Foram retiradas do conjunto questões relacionadas a outras áreas do conhecimento que não as Neurociências, no escopo das Ciências Cognitivas.
- (17) A esse respeito, ver Cabral (2005).
- (18) A situação referida no texto ocorreu, na prática, quando artigos com abordagem neurocientífica de vídeos educacionais não foram aceitos em publicações brasileiras, da área de educação, possivelmente porque os revisores não encontraram ali as características de abordagem que constituem o conhecimento desta área.