

Educación  
FLACSO ARGENTINA  
Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales  
propuesta@flacso.org.ar  
ISSN 1995- 7785  
ARGENTINA

Propuesta  
**Educativa**  
**46**

---

**2016**

**Dossier**

**“Rumo ao cultivo ecológico da mente”,**

**por Sidarta Ribeiro, Natalia Mota y Mauro Copelli**

**Propuesta Educativa Número 46 – Año 25 – Nov. 2016 – Vol2 – Págs. 42 a 49**

---

# Rumo ao cultivo ecológico da mente

SIDARTA RIBEIRO\*

NATALIA MOTA \*\*

MAURO COPELLI\*\*\*

## Introdução

Famílias de baixa renda na maioria das vezes não conseguem fornecer a seus integrantes a quantidade e qualidade de sono, nutrição e exercícios físicos necessários a uma vida saudável. De acordo com o Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos, mais de um bilhão de pessoas em todo o mundo habitam favelas (UN-HABITAT 2007), e em 2030 este número deverá duplicar (UN-HABITAT 2003). Escolas em comunidades com baixo nível socioeconômico sofrem déficits acadêmicos tanto durante o momento de ocorrência do aprendizado quanto durante sua avaliação subsequente.

Enfatizar a urgência do problema da educação é talvez desnecessário diante da persistente pobreza material da América Latina, ainda de mãos dadas com nossa profunda pobreza cultural. Não obstante, é preciso compreender que o problema da educação não decorre apenas da desigualdade econômica, pois mesmo nas escolas de elite do primeiro mundo observa-se o aprendizado fugaz do exame bem feito seguido do esquecimento perene. Via de regra o aprendizado de longa duração é frágil, exceto quando o aprendiz encontra-se intrinsecamente motivado para aprender.

A educação é um problema sério porque, a despeito de sua imensa importância para mitigar a desigualdade social, não recebe investimentos suficientes para motivar professores e outros

\*Prof. Titular de Neurociências e Diretor do Instituto do Cérebro da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). É Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade de Brasília (1993), Mg. em Biofísica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1994), Dr. em Comportamento Animal pela Universidade Rockefeller (2000) com Pós-Doutorado em Neurofisiologia pela Universidade Duke (2005). Tem experiência nas áreas de neuroetologia, neurobiologia molecular e neurofisiologia de sistemas, atuando principalmente nos seguintes temas: Sono, sonho e memória; plasticidade neuronal; comunicação vocal; competência simbólica em animais não-humanos; psiquiatria computacional e neuroeducação. Membro permanente das Pós-Graduações da UFRN em Psicobiologia (conceito Capes 6), Bioinformática (conceito Capes 5) e Neurociências (conceito Capes 4). Exerceu no triênio 2009-2011 a função de secretário da Sociedade Brasileira de Neurociências e Comportamento (SBNeC). De 2011-2015 foi coordenador do comitê brasileiro do Pew Latin American Fellows Program in the Biomedical Sciences. Desde 2011 é membro do comitê científico da Latin American School of Education, Cognitive and Neural Sciences (LA School), que em 2014 recebeu o prêmio inaugural Exemplifying the Mission of the International Mind, Brain and Education Society. Coordenador de núcleo do projeto de avaliação de crianças em risco para transtorno de aprendizagem (ACERTA - CAPES/Observatório da Educação). Investigador associado sênior do Centro FAPESP de Pesquisa, Inovação e Difusão em Neuromatemática (Neuromat). Membro do Conselho Consultivo da Plataforma Brasileira de Política de Drogas, criada em 2015. Editor associado dos periódicos *Frontiers in Integrative Neuroscience*, *Frontiers In Psychology - Language Sciences*, *Neurobiology and Basic and Clinic Neuroscience*. Membro do Núcleo de Estudos Interdisciplinares sobre Psicoativos (NEIP) e da OSCIP Plantando Consciência. Eleito em 2016 membro da Academia de Ciências da América Latina (ACAL). Membro desde 2016 do Conselho Consultivo da Rede Nacional de Ciência para a Educação (CpE). É a favor da manutenção e valorização do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação. Autor de referência de este artigo.

\*\*Instituto do Cérebro, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.

\*\*\*Departamento de Física, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.



profissionais do ensino. Por outro lado, ainda sabemos surpreendentemente pouco sobre os mecanismos biológicos e psicológicos subjacentes à educação (Sigman, Peña, Goldin e Ribeiro 2014). Por estas razões os debates pedagógicos costumam prolongar-se ao infinito, alimentados pelo choque de opiniões divergentes, referenciais teóricos mutuamente excludentes e escassas bases empíricas para balizar decisões. Em particular, não há consenso sobre como manter elevada a motivação intrínseca de alunos e professores. As escolas que logram fazê-lo são preciosos arranjos locais, comunidades específicas que inspiram e informam outras experiências, mas não são diretamente escaláveis ou reproduzíveis.

Na maior parte do mundo, as escolas não são muito diferentes das primeiras escolas da humanidade, as “edubas” sumérias onde os alunos repetiam monótonos exercícios caligráficos e eram admoestados por seus professores pela falta de atenção e motivação. Precisamos de uma nova educação com melhores salários, menos alunos por sala de aula e sobretudo mais imaginação e liberdade. Escolas boas permitem experiências marcantes e transformadoras que estruturam e empoderam os indivíduos, mas escolas ruins são muito mais frequentes e seus efeitos sobre o aprender - e sobre o prazer de aprender - podem ser devastadores.

A nova educação precisa resolver a contradição entre ensino personalizado e necessidade de aplicação em escala para atender a toda a população global de aprendizes, i.e. bilhões de crianças, adolescentes e adultos que necessitam educação formal. É evidente que o uso de computadores tem implicações importantes tanto para a personalização quanto para a disseminação da educação em grande escala, mas desconectado de uma comunidade vibrante de pessoas reais, dificilmente bastarão para produzir a efervescência criativa de que necessitamos para as próximas gerações.

## Sono, alimentação e exercício físico na escola

Na pobreza material e cultural, fica evidente que a biologia precede a psicologia. Além disso, escolas em comunidades de baixa renda normalmente não podem compensar esses problemas, devido ao sub-financiamento, superlotação de salas de aula e profissionais da educação mal remunerados. Pelas mesmas razões, as escolas geralmente não conseguem prestar atenção personalizada aos alunos. Neste artigo argumentamos que é urgente uma reorganização das atividades escolares para superar os gargalos fisiológicos que dificultam a cognição no ensino do terceiro mundo, bem como de bolsões subdesenvolvidos no interior de nações ricas. Argumentamos ainda que o rastreamento computacional das expressões verbais e escritas relacionadas à aprendizagem escolar pode fornecer soluções escaláveis, rápidas e de baixo custo para melhorar a avaliação individualizada dos resultados da educação em comunidades de baixo nível socioeconômico.

Um dos eixos principais dessa reorganização é o sono, quase sempre encarado como “inimigo do professor” e francamente reprimido após o ensino fundamental. Por diversas razões, crianças e jovens de todas as idades chegam à escola sonolentas. Está amplamente demonstrado que a privação do sono impede a aprendizagem, e sono desempenha um papel crucial tanto antes como depois da formação de novas memórias (Diekelmann e Born, 2010, Mander, Sathnam, Saletin e Walker, 2011). Pesquisas em sala de aula sugerem que a soneca pós-aula pode aumentar a duração das memórias adquiridas no ambiente escolar (Kurdziel, Duclos e Spencer, 2013, Lemos, Weissheimer e Ribeiro 2014). Permitir que o aluno durma antes das aulas sempre que assim desejar é tão natural quanto permitir que vá ao banheiro, pois o sono literalmente detoxifica o cérebro (Yang et al., 2014). Permitir que o aluno durma depois de uma aula intensa, por outro lado, atua na consolidação de longo prazo dos novos conteúdos (Ribeiro e Stickgold, 2014).

Outro eixo muito importante é a alimentação, pois a merenda escolar típica não é desenhada com objetivos cognitivos. O estado nutricional desempenha um papel preponderante na aprendizagem e o cérebro consome cerca de 60% da glicose utilizada pelo organismo. Em tes-

tes realizados com estudantes de graduação, a ingestão de glicose pode levar a aumentos de mais de 30% na capacidade de memorização de textos (Korol e Gold 1998). Por outro lado, experimentos com modelos animais mostram que alimentos ricos em gordura são prejudiciais à aprendizagem (Valladolid-Acebes et al., 2011). Há muito terreno a se conquistar na escola com a otimização cognitiva da merenda escolar no que diz respeito.

Um terceiro eixo de grande relevância é o exercício físico, via de regra desacoplado das demais disciplinas e atividades escolares. Uma das conseqüências mais daninhas de habitar domicílios superlotados é a falta de espaço para alongamento ou exercícios, agravado pela falta de infra-estrutura para esportes na maioria das comunidades de baixa renda. Há ampla evidência de que o exercício físico contribui para a prevenção de doenças cardiovasculares e metabólicas (Fiuzu-Luces, Garatachea, Berger e Lucia, 2013), mas seu impacto sobre a cognição foi subestimado até recentemente (Hillman, Erickson e Kramer, 2008, Chaddock, Pontifex, Hillman e Kramer, 2011, Diamond e Lee, 2011, Masley, Roetzheim e Gualtieri, 2009). As evidências hoje apontam para uma associação estreita entre habilidades motoras e desempenho acadêmico em geral (Grissmer, Grimm, Aiyer, Murrah e Steele, 2010; Fernandes et al., 2016). A relação entre aptidão cardiorrespiratória e desempenho cognitivo também está bem estabelecida (Berchicci et al., 2015, Pontifex et al., 2011, Voss et al., 2011). Entre as funções cognitivas que se beneficiam de exercícios físicos destacam-se as funções executivas, que compreendem o controle inibitório, planejamento, memória de trabalho, tomada de decisão e flexibilidade cognitiva (Diamond 2013). Em modelos animais, o exercício voluntário se correlaciona com um aumento do número de novos neurônios numa região cerebral diretamente relacionada com a aquisição de novas memórias (Van Praag, Kempermann e Gage, 1999).

Pesquisas em sala de aula precisam elucidar como usar melhor o sono pré-aula e pós-aula para fortalecer o aprendizado. Em particular, é fundamental parametrizar os efeitos cognitivos da duração do cochilo e da sua composição de estados fisiológicos. Também será necessário realizar mais pesquisas empíricas em sala de aula para quantificar o impacto cognitivo da ingestão calórica, da composição da refeição, o papel dos micronutrientes e da hidratação, bem como os efeitos do tamanho da porção, frequência alimentar e o papel reforçador dos alimentos. Finalmente, as interações entre sono, exercício e nutrição devem ser investigadas em busca de efeitos sinérgicos.

## Avaliação frequente e automatizada do desempenho escolar

Outro importante fator limitante para a educação é a superlotação das salas de aula, que dificulta a avaliação da aprendizagem individual. Essa necessidade vai além da mera mensuração do desempenho acadêmico, pois aponta para avaliações comportamentais e cognitivas que podem prever déficits de aprendizagem suficientemente cedo para que professores e famílias possam intervir com sucesso. Felizmente, novas tecnologias e métodos de análise abrem perspectivas alvissareiras para a quantificação acurada dos avanços e prejuízos na educação (Goldin et al., 2014, Lomas, Patel, Forlizzi e Koedinger, 2013, López Rosenfeld, Goldin, Lipina, Sigman e Slezak 2013, Méndez et al., 2015, Mota et al. 2016, Mota, Copelli e Ribeiro 2016, Odic et al., 2016). Um bom exemplo de como lidar com essa complexidade encontra-se no Adaptive Collaborative Learning Support (ACLS) (Magnisalis, Demetriadis e Karakostas, 2011, Walker, Rummel e Koedinger, 2014). Os desenvolvedores criaram softwares educacionais que modelam a aprendizagem colaborativa, criando ambientes de aprendizagem ricos que se adaptam às características de cada aluno, ajudando a melhorar o desempenho para além de sua mera avaliação. O sistema fornece *feedback* inteligente que orienta o aluno a encontrar o melhor caminho individual de aprendizagem.

Em relação a tais abordagens computacionais, desenvolvemos ferramentas para análise matemática da fala capazes de identificar déficits cognitivos durante a alfabetização de crianças saudáveis (Mota et al., 2016) ou associados a condições patológicas como demência (Bertola et al., 2014) e psicose (Mota et al., 2012, Mota et al., 2014, Bedi et al., 2015). É importante ressaltar que estas abordagens, fundadas em características estruturais ou semânticas da expressão

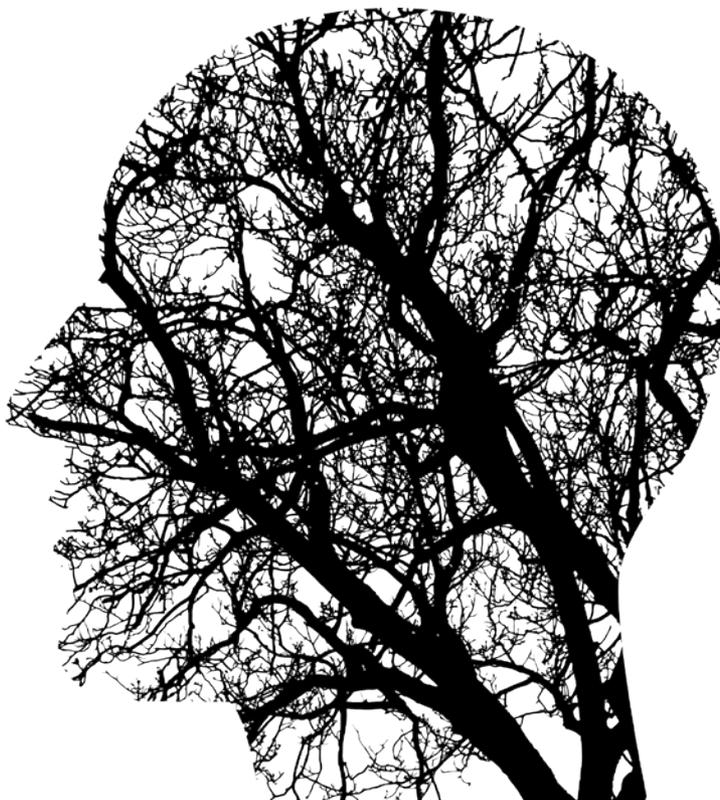
verbal natural, foram bem-sucedidas em ambientes de baixo nível socioeconômico (Mota et al., 2012; Mota et al., 2014; Mota et al., 2016). Recentemente, medimos a estrutura de relatos de memória de 76 crianças entre 6 e 8 anos, registradas no ambiente escolar em comunidades de baixo nível socioeconômico. Descobrimos que várias características estruturais da fala estão correlacionadas com o desempenho escolar em leitura (Mota et al., 2016). Em conjunto, essas estratégias permitem avaliar computacionalmente o aprendizado de forma nova, eficaz e com baixo custo, a fim de motivar intervenções específicas baseadas em déficits avaliados não pelas curvas médias de aprendizagem entre vários alunos, calculadas ocasionalmente, mas por curvas de aprendizagem individuais atualizadas diariamente. Idealmente, esta estratégia pode ser combinada com intervenções fisiológicas (sono, nutrição e exercício) para reforçar positivamente, minutos após sua detecção, as mudanças cognitivas observadas individualmente em alunos específicos.

## Ciclo de atividades e insumos para fortalecer o aprendizado

Os gradientes de saúde e educação estão relacionados ao fato de que os sujeitos com baixo nível socioeconômico estão expostos a um risco sistematicamente maior para resultados piores de saúde, morbidade e mortalidade (Mackenbach e Howden-Chapman, 2003, Mackenbach, Kunst, Cavelaars, Groenhof e Geurts, 1997). O sono, a nutrição e o exercício inadequados têm um impacto negativo composto sobre a cognição, a realização acadêmica e a qualidade de vida da juventude. Para a melhoria da educação é fundamental que as escolas compensem os déficits fisiológicos sofridos por jovens de baixo nível socioeconômico. Como as crianças e adolescentes com baixo nível socioeconômico apresentam os riscos mais elevados de resultados ruins, a melhoria das condições fisiológicas que preparam e consolidam o aprendizado tem grande potencial para maximizar ganhos cognitivos entre estes alunos.

A melhora cognitiva da mitigação dos déficits fisiológicos depende do tempo entre a intervenção fisiológica e a aquisição de novos conhecimentos, na escala de minutos a horas. Para conseguir isso, a avaliação automatizada do desempenho individual do aluno é essencial. O mapeamento sistemático e denso das trajetórias cognitivas dará aos educadores uma compreensão muito melhor das intervenções psicológicas e fisiológicas apropriadas, permitindo uma educação personalizada mas escalável. Em países em desenvolvimento com flagrante desigualdade educacional, a superação de gargalos fisiológicos e de avaliação provavelmente gerará grandes benefícios cognitivos nos estratos mais pobres da sociedade.

Assim como a agricultura ecológica alterna cultivos e animais de criação em diferentes parcelas de terra, preparando, adubando e limpando o terreno com a ação monitorada de animais, plantas e fungos, na educação nova os alunos poderão ciclar através de diferentes estágios de aquisição e consolidação da memória, reduzindo a superlotação de sala de aula sem custos adicionais e potencialmente contribuindo para o nivelamento de gradientes educacionais em



todo o mundo. As escolas se tornariam lugares em que o aprendizado é otimizado pela alternância cíclica de alimentação, sono, exercício físico, aulas e realização de testes computacionais. As aulas regulares - muitas vezes longas e monótonas - poderão ser substituídas por aulas mais curtas e eficazes, de modo a liberar tempo para atividades fisiológicas e avaliação, com foco na sinergia e na auto regulação dos alunos.

## Referências

- Bedi, G.; Carrillo, F.; Cecchi, G.A.; Slezak, D.F.; Sigman, M.; Mota, N.B., *et al.* (2015), "Automated analysis of free speech predicts psychosis onset in high-risk youths", in *Schizophrenia*, 1, 15030.
- Berchicci, M.; Pontifex, M.B.B.; Drollette, E.S.S.; Pesce, C.; Hillman, C.H.H. & Di Russo, F. (2015), "From cognitive motor preparation to visual processing: The benefits of childhood fitness to brain health", in *Neuroscience*, 298, pp. 211-9.
- Bertola, L.; Mota, N.B.; Copelli, M.; Rivero, T.; Diniz, B.R.; Romano-Silva, M.A., *et al.* (2014), "Graph analysis of verbal fluency test discriminate between patients with Alzheimer's disease, mild cognitive impairment and normal elderly controls", in *Frontiers in Aging Neuroscience*, 6, pp. 1-10.
- Chaddock, L.; Pontifex, M.B.; Hillman, C.H. & Kramer, A.F. (2011), "A review of the relation of aerobic fitness and physical activity to brain structure and function in children", in *Journal of the International Neuropsychology Society*, 17, pp. 975-985.
- Diamond, A. (2013), "Executive functions", in *Annual Review of Psychology*, 64, pp. 135-68.
- Diamond, A. & Lee, K. (2011), "Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old", in *Science*, 333, pp. 959-964.
- Diekelmann, S., & Born, J. (2010), "The memory function of sleep", in *Nature Review Neuroscience*, 11, pp. 114-126.
- Fernandes, V.R.; Ribeiro, M.L.; Melo, T.; Maciel-Pinheiro, P.D.; Guimarães, T.T.; Araújo N.B., *et al.* (2016), "Motor coordination correlates with academic achievement and cognitive function in children", in *Frontiers in Psychology*, 7, 318.
- Fiuza-Luces, C.; Garatachea, N.; Berger, N.A. & Lucia, A. (2013), "Exercise is the real polypill", in *Physiology*, 28, pp. 330-58.
- Goldin, A.P.; Hermida, M.J.; Shalom, D.E.; Costa, M.E.; Lopez-Rosenfeld, M.; Segretin, M.S., *et al.* (2014), "Far transfer to language and math of a short software-based gaming intervention", in *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 111, pp. 6443-6448.
- Grissmer, D.; Grimm, K.J.; Aiyer, S.M.; Murrell, W.M. & Steele, J.S. (2010), "Fine motor skills and early comprehension of the world: Two new school readiness indicators", in *Developmental Psychology*, 46, pp. 1008-1017.
- Hillman, C.H.; Erickson, K.I. & Kramer, A.F. (2008), "Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition", in *Nature Review Neuroscience*, 9, pp. 58-65
- Korol, D.L. & Gold, P.E. (1998), "Glucose, memory, and aging". *American Journal of Clinical Nutrition*, 67, pp. 764S-771S.
- Kurdziel, L.; Duclos, K. & Spencer, R.M. (2013), "Sleep spindles in midday naps enhance learning in preschool children", in *Proceedings of the National Academy of Science USA*, 110, pp. 17267-17272.
- Lemos, N.; Weissheimer, J. & Ribeiro, S. (2014), "Naps in school can enhance the duration of declarative memories learned by adolescents", in *Frontiers in Systems Neuroscience*, 8, 103.
- Lomas, D.; Patel, K.; Forlizzi, J.L. & Koedinger, K.R. (2013), "Optimizing challenge in an educational game using large-scale design experiments", in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*.
- Lopez-Rosenfeld, M.; Goldin, A.P.; Lipina, S.J.; Sigman, M. & Slezak, D. F. (2013), "Mate Marote: A flexible automated framework for large-scale educational interventions", in *Computers & Education*, 68, pp. 307-313.

- Mackenbach, J.P. & Howden-Chapman, P. (2003), "New perspectives on socioeconomic inequalities in health", in *Perspectives in Biological Medicine*, 46, pp. 428-444.
- Mackenbach, J.P.; Kunst, A.E.; Cavelaars, A.E.; Groenhouf, F.; Geurts, J.J. & The EU Working Group on Socioeconomic Inequalities in Health (1997), "Socioeconomic inequalities in morbidity and mortality in western Europe", in *Lancet*, 349, pp. 1655-1659.
- Magnisalis, I.; Demetriadis, S. & Karakostas, A. (2011), "Adaptive and intelligent systems for collaborative learning support: A review of the field", in *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 4, pp. 5-20.
- Mander, B.A.; Santhanam, S.; Saletin, J.M. & Walker, M.P. (2011), "Wake deterioration and sleep restoration of human learning", in *Current Biology*, 21, pp. 183-184.
- Masley, S.; Roetzheim, R. & Gualtieri, T. (2009), "Aerobic exercise enhances cognitive flexibility", in *Journal of Clinical Psychology in Medicine Settings*, 16, pp. 186-193.
- Mota, N.B.; Vasconcelos, N.A.P.; Lemos, N.; Pieretti, A.C.; Kinouchi, O.; Cecchi, G.A., et al. (2012), "Speech graphs provide a quantitative measure of thought disorder in psychosis", in *PLoS ONE*, 7, e34928.
- Mota, N.B.; Furtado, R.; Maia, P.P.C.; Copelli, M. & Ribeiro, S. (2014), "Graph analysis of dream reports is especially informative about psychosis", in *Scientific Reports*, 4, 3691.
- Mota, N.B.; Weissheimer, J.; Madruga, B.; Adamy, N.; Bunge, S.A.; Copelli, M. & Ribeiro, S.A (2016), "Naturalistic assessment of the organization of children's memories predicts cognitive functioning and reading ability", in *Mind, Brain and Education*, 10, pp. 184-195.
- Mota, N. B.; Copelli, M. & Ribeiro, S. (2016), "Computational tracking of mental health in youth: Latin American contributions to a low-cost and effective solution for early psychiatric diagnosis", in *New Directions for Child and Adolescent Development*, 152, pp. 59-69.
- Odic, D.; Lisboa, J. V.; Eisinger, R.; Olivera, M. G.; Maiche, A. & Halberda, J. (2016), "Approximate number and approximate time discrimination each correlate with school math abilities in young children", in *Acta Psychologica*, 163, pp. 17-26.
- Pontifex, M.B.; Raine, L.B.; Johnson, C.R.; Chaddock, L.; Voss, M.W.; Cohen, N.J., et al. (2011), "Cardiorespiratory fitness and the flexible modulation of cognitive control in preadolescent children", in *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23, pp. 1332-1345.
- Ribeiro, S. & Stickgold, R. (2014), "Sleep and school education", in *Trends in Neuroscience and Education*, 3, pp. 18-23.
- Sigman, M.; Peña, M.; Goldin, A.P. & Ribeiro, S. (2014), "Neuroscience and education: prime time to build the bridge", in *Nature Neuroscience*, 17, pp. 497-502.
- UN-HABITAT (2007), *State of the world's cities 2006/7*, London, Earthscan Publications Ltd.
- UN-HABITAT (2003), *The challenge of slums: global report on human settlements*, Earthscan Publications Ltd.
- Valladolid-Acebes, I.; Stucchi, P.; Cano, V.; Fernández-Alfonso, M.S.; Merino, B.; Gil-Ortega, M., et al. (2011), "High-fat diets impair spatial learning in the radial-arm maze in mice", in *Neurobiology of Learning and Memory*, 95, pp. 80-5.
- Van Praag, H.; Kempermann, G. & Gage, F.H. (1999), "Running increases cell proliferation and neurogenesis in the adult mouse dentate gyrus", in *Nature Neuroscience*, 2, pp. 266-270.
- Voss, M.W.; Chaddock, L.; Kim, J.S.; Vanpatter, M.; Pontifex, M.B.; Raine, L.B., et al. (2011), "Aerobic fitness is associated with greater efficiency of the network underlying cognitive control in preadolescent children", in *Neuroscience*, 199, pp. 166-76.
- Walker, E.; Rummel, N. & Koedinger, K.R. (2014), "Adaptive intelligent support to improve peer tutoring in algebra", in *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 24, pp. 33-61.
- Yang, G.; Lai, C.S.; Cichon, J.; Ma, L.; Li, W.; & Gan, W.B. (2014), "Sleep promotes branch-specific formation of dendritic spines after learning", in *Science*, 344, 1173-8.

**Resumo**

Em estudantes de baixo nível socioeconômico, o aprendizado escolar é diretamente prejudicado pelas importantes limitações fisiológicas que tipicamente acompanham a pobreza, bem como pela baixa qualidade de avaliação do aprendizado individual. A escassez de recursos e a superlotação de residências produzem déficits de nutrição, sono e exercício físico que prejudicam a aprendizagem por meio de mecanismos fisiológicos bem conhecidos mas pouco considerados no ambiente escolar. A superlotação das salas de aula, por outro lado, prejudica a avaliação fidedigna e suficientemente frequente da aprendizagem individual, capaz de informar intervenções focadas nas dificuldades específicas de cada aluno. Testes automatizados do aprendizado por meio da análise matemática do discurso e de jogos computacionais constituem alternativas de baixo custo, rápidas e escaláveis para personalizar e qualificar a avaliação acadêmica. As metas essenciais de uma nova educação, capaz de efetivamente minorar a distância entre ricos e pobres, devem incluir a otimização dos horários escolares através da redução do tempo de aulas em favor de regimes otimizados de sonecas, exercícios físicos e refeições, bem como avaliações automáticas frequentes do desempenho individual, que motivem intervenções específicas baseadas em déficits avaliados não pelas curvas médias de aprendizagem entre vários alunos, calculadas ocasionalmente, mas por curvas de aprendizagem individuais atualizadas diariamente. Estas estratégias podem ser combinadas para reforçar positivamente, minutos após sua detecção, as mudanças cognitivas observadas em alunos específicos. Assim como a agricultura ecológica promove a rotação inteligente de culturas e insumos, é preciso construir um novo modelo de “educação ecológica” em que os alunos possam ciclar por diferentes estágios de aquisição e consolidação da memória, reduzindo a superlotação das salas de aula sem custos adicionais e contribuindo potencialmente para nivelar gradientes educacionais em todo o planeta.

**Palavras chave:**

Aprendizagem escolar - Pobreza - Limitações fisiológicas para a aprendizagem - Avaliação escolar - Educação ecológica

**Resumen**

*En estudiantes de bajo nivel socioeconómico, el aprendizaje escolar se ve directamente perjudicado por las importantes limitaciones fisiológicas que típicamente acompañan la pobreza, así como por la baja calidad de la evaluación del proceso de aprendizaje individual. La escasez de recursos y la hacinación en los hogares producen déficits de nutrición, sueño y actividad física, que perjudican el aprendizaje por medio de mecanismos fisiológicos bien conocidos pero poco considerados en el ambiente escolar. La superpoblación en las aulas, por otro lado, perjudica la evaluación fidedigna y suficientemente frecuente del aprendizaje individual, que pueda orientar intervenciones enfocadas hacia las dificultades específicas de cada alumno. Los exámenes/tests automatizados del aprendizaje por medio de un análisis matemático del discurso y de juegos computacionales constituyen alternativas de bajo costo, rápidas y escalables, para personalizar y calificar la evaluación académica. Las metas esenciales de una nueva educación, capaz de efectivamente acortar la distancia entre ricos y pobres, deben incluir una optimización de los horarios escolares a través de la reducción del tiempo de clase en favor de esquemas optimizados de siestas, ejercicios físicos y comidas, así como evaluaciones automáticas frecuentes del desempeño individual, que motiven intervenciones específicas basadas en déficits medidos no por las curvas medias de aprendizaje entre varios alumnos, calculadas ocasionalmente, sino por curvas de aprendizajes individuales actualizadas diariamente. Estas estrategias pueden ser combinadas para reforzar positivamente, minutos después de su detección, los cambios cognitivos observados en alumnos determinados. Así como la agricultura ecológica promueve la rotación inteligente de culturas e insumos, es preciso construir un nuevo modelo de ‘educación ecológica’ en la que los alumnos puedan circular por diferentes etapas de adquisición y consolidación de la memoria, reduciendo la superpoblación de las aulas sin costos adicionales y contribuyendo potencialmente a nivelar gradientes educacionales en todo el planeta.*

**Palabras clave:**

*Aprendizaje escolar - Pobreza - Limitaciones fisiológicas para el aprendizaje - Evaluación escolar - Educación ecológica*

**Abstract**

*In students of low socio-economic level, school learning is directly impaired by the important physiological limitations that typically go with poverty, as well as by the poor quality of evaluation of individual learning process. Lack of resources and overcrowded dwellings are the cause of deficit in nutrition, sleep, and physical exercise, that impair learning by means of physiological mechanisms, well-known but very little considered in school environments. Overcrowded classrooms, on the other hand, impair reliable and frequent enough evaluation of individual learning, that can lead to specific interventions focused on the difficulties of each student. Automatized tests for learning, by means of a mathematical analysis of discourse and computational games constitute low cost alternatives, fast and scalable, to personalize and qualify academic assessment. The essential goals of a new education, capable of effectively reduce the gap between rich and poor, must include an optimization of school schedules through a reduction of classroom time in favor of optimized schemes of naps, physical exercises and food, as well as frequent automatized evaluations of individual performance, that motivate specific interventions based on deficits measured not by the average learning curves among various students, sporadically calculated, but by individual learning curves updated daily. These strategies can be combined in order to reinforce positively, minutes after their detection, the cognitive changes detected in specific students. As well as ecological agriculture promotes the intelligent rotation of cultures and inputs, it is necessary to build a new model of 'ecological education' in which students move through different stages of acquisition and consolidation of memory, by reducing overcrowded classrooms without additional costs and potentially contributing to the leveling of educational gradients all over the planet.*

**Key words:**

*Learning at school - Poverty - Physiological limitations for learning - School evaluation - Ecological education*