



EDUCAÇÃO TEM CIÊNCIA¹

Como a Ciência pode contribuir com a Educação?

ÍNDICE

Resumo p. 1
Comissão de redação, p. 2
Apresentação p. 2
Tema Translacional 1: Ciência Econômica p. 5
Tema Translacional 2: Psicolinguística p. 10
Tema Translacional 3: Neurociência p. 15
Tema Translacional 4: Ciência da Computação p. 21

RESUMO

Este documento sumaria as proposições e discussões do Simpósio “Educação tem Ciência”, promovido pela Rede Nacional de Ciência para Educação e pela Cátedra Unesco de Ciência para Educação, com a finalidade de sugerir como tema relevante para a Estratégia Nacional de CNT&I 2024-2034, a pesquisa translacional para a Educação. Além da base conceitual para o que se chama “Ciência para Educação”, o documento apresenta exemplos virtuosos da pesquisa em algumas áreas da Ciência: a Economia, a Psicolinguística, a Neurociência e a Ciência da Computação. Ao longo do texto várias sugestões de aplicação de resultados das Ciências às políticas educacionais e a alternativas

¹ Documento derivado do Simpósio organizado pela Rede Nacional de Ciência para Educação e a Cátedra Unesco de Ciência para Educação, em 8 de março de 2024, como contribuição à 5ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação.

pedagógicas são apresentadas. Sugestões são oferecidas ao MCT&I e suas agências, com vistas a implementar ações que fomentem a pesquisa translacional em Educação no Brasil.

COMISSÃO DE REDAÇÃO

Naercio Menezes Filho, economista, Professor Titular da Cátedra Ruth Cardoso no INSPER, Professor Associado da Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo, membro da Academia Brasileira de Ciências e da Rede CpE, e Diretor do Centro Brasileiro de Pesquisa Aplicada à Primeira Infância do INSPER (email: naercioamf@insper.edu.br).

Janaina Weissheimer, psicolinguista, Professora Associada do Departamento de Línguas Estrangeiras e Colaboradora do Instituto do Cérebro da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Coordenadora-adjunta da Rede Nacional de Ciência para Educação (email: janaina.weissheimer@cienciaparaeducacao.org).

Sidarta Ribeiro, neurocientista, Professor Titular e ex-Diretor do Instituto do Cérebro da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (email: sidartaribeiro@neuro.ufrn.br).

Edmundo de Souza e Silva, cientista da computação, Professor Titular do Programa de Engenharia de Sistemas e Computação da COPPE-UFRJ, membro da Academia Brasileira de Ciências e da Academia Nacional de Engenharia (email: edmundo@land.ufrj.br).

Roberto Lent (coordenação), neurocientista, Professor Emérito da Universidade Federal do Rio de Janeiro e pesquisador do Instituto D'Or de Pesquisa e Ensino, Coordenador-geral da Rede Nacional de Ciência para Educação (email: rlent@cienciaparaeducacao.org).

APRESENTAÇÃO

Educação Tem Ciência

Há muito se aceita, com variadas nomenclaturas sinônimas, o conceito “vertical” de **pesquisa translacional** como uma forma de “fazer ciência” que leva em conta desde as perguntas criativas e espontâneas da pesquisa básica, até os produtos e processos criados ou propostos pela pesquisa aplicada às políticas públicas e ao mercado em geral. Seguindo essa metáfora “vertical”, pesquisadores podem estudar os mecanismos de ação de um fármaco em células mantidas em cultura de laboratório, outros podem investigar a ação desses mesmos fármacos em modelos animais, e os dados obtidos evoluírem para estudos

clínicos que viabilizem a sua utilização terapêutica. É a clássica sequência da pesquisa translacional em saúde.

Esse conceito de pesquisa translacional se estende também “horizontalmente”, alcançando várias áreas de interesse social, como a Saúde, a Engenharia, a Indústria, o Meio Ambiente e outras. Essa dimensão significa que a Ciência perpassa grande parte das atividades humanas e sociais, devendo ser, portanto, objeto de políticas públicas em todas as áreas. A existência de um Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCT&I), como acontece no Brasil, deve se articular com outros ministérios para permitir essa extensão “horizontal” da pesquisa, e garantir que os seus benefícios cubram todas as áreas de interesse social.

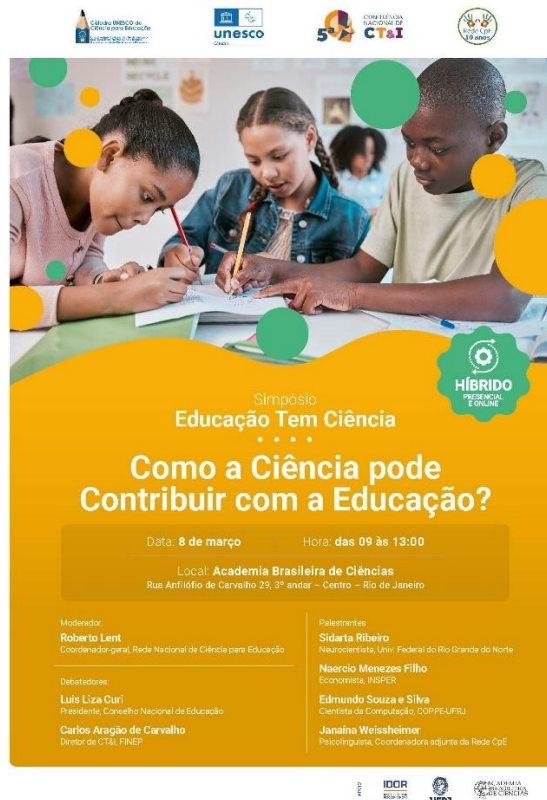
Deve resultar dessa dupla organização (vertical e horizontal) uma matriz da atividade científica que oriente as atividades tanto no que tange às suas agências de fomento, como em suas relações e parcerias com outras instituições de governo. O mesmo raciocínio é válido para os estados. As políticas públicas, assim, seriam mais capazes de mobilizar a capacidade instalada de CT&I, fomentando o financiamento das instituições científicas e seus recursos humanos em todas as áreas. Ao mesmo tempo, conseguiriam agregar parcerias com outros setores de governo que se beneficiam da Ciência, e assim maximizar a obtenção de resultados em favor do país. Exemplo de grande impacto dessa implementação matricial (vertical e horizontal) foi o combate à pandemia de Covid-19 em todo o mundo, inclusive no Brasil, apesar das dificuldades políticas daquele momento histórico.

No entanto, em nosso país raramente se coloca a Educação nesse contexto matricial. Por razões históricas, o Ministério da Educação e as Secretarias Estaduais de Educação pouco interagem com o MCT&I e as secretarias homônimas, dispensando essa concepção matricial tão eficaz. Por outro lado, nos países desenvolvidos esse conceito vai adquirindo crescente prestígio. A *National Science Foundation* dos EUA, por exemplo, lançou um edital robusto para financiar pesquisas em “Science of Learning and Augmented Intelligence”. A Unesco também começa a se manifestar nesse sentido. Criou, em novembro de 2023, a *Global Alliance of Science of Learning for Education*, concebida como uma “rede das redes”, e desenhada para discutir e fomentar as ciências da aprendizagem e do ensino em todo o mundo.

No Brasil, apesar do caminho estar apontado internacionalmente, a transversalidade da Ciência não tem alcançado a Educação, e é preciso abordar essa carência. Causa e resultado ao mesmo tempo, a falta de reconhecimento de que a Educação também deve se basear em evidências científicas perpassa desde as instâncias universitárias que formam os

professores brasileiros até os mais altos escalões da política educacional. No entanto, já existem incontáveis exemplos de que práticas educacionais que se baseiam na Ciência conferem maior eficácia e menor taxa de risco para as intervenções propostas tanto como política pública educacional quanto como alternativas pedagógicas de sala de aula. É importante, acima de tudo, que esse movimento translacional de ciência para educação seja uma via de mão dupla, envolvendo tanto os educadores quanto os cientistas.

O presente documento pretende contribuir para sanar essa lacuna, e resultou de um simpósio organizado pela Rede Nacional de Ciência para Educação e sua Cátedra Unesco (Figura), no âmbito da programação prévia da 5ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (5ª CNCT&I 2024). O simpósio ocorreu em 8 de março de 2024, no Rio de Janeiro, em formato híbrido e com a participação dos redatores do documento e debatedores convidados, além de incluir também as manifestações do público que participou presencial e remotamente. O evento foi inteiramente gravado e pode ser encontrado no Youtube: ([Simpósio Educação Tem Ciência - Como a Ciência pode Contribuir com a Educação \(youtube.com\)](https://www.youtube.com/watch?v=...)). O documento produzido, além disso, pretende contribuir com essa nova abordagem, pouco considerada ainda no nosso país, para a elaboração da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI 2024-2030), que resultará da 5ª CNCTI. A Rede Nacional de Ciência para Educação (Rede CpE, cienciaparaeducacao.org) é uma associação sem fins lucrativos que reúne cerca de 200 pesquisadores e 350 profissionais da educação, e realiza variadas atividades com o propósito de fortalecer o conceito de pesquisa translacional para a Educação. Também subscreve a proposta a Cátedra Unesco de Ciência para Educação, hospedada pela UFRJ e pelo Instituto D'Or (IDOR), e operada pela Rede CpE (catedraunescoepe.org). Contamos também com a parceria da Academia Brasileira de Ciências nesse evento.



Nas páginas seguintes apresentamos exemplos de temas translacionais com conquistas da ciência que podem beneficiar a Educação, e que poderiam ser consideradas como alternativas para a adoção de políticas públicas e intervenções pedagógicas. A concepção exposta pelos palestrantes e debatedores resultou em algumas sugestões estratégicas que dependem de uma interação mais transversal do Ministério de CT&I com os demais ministérios, em particular com o Ministério da Educação, para o caso presente.

(1) criação de instâncias transversais consultivas que reúnam os vários ministérios e secretarias estaduais interessados em estabelecer políticas públicas que utilizem CT&I (talvez um conselho consultivo interministerial), especialmente envolvendo o MCT&I e o MEC;

(2) lançamento de editais de pesquisa nos vários formatos já existentes (principalmente os INCTs), abordando temáticas de alto interesse para a educação brasileira;

(3) oferta de bolsas não apenas para pesquisadores jovens que trabalhem na interface da Ciência com a Educação, mas também para professores da educação básica que se disponham a participar de projetos de pesquisa.

Tema Translacional 1:
CIÊNCIA ECONÔMICA
A PRIMEIRA INFÂNCIA E A EDUCAÇÃO

Introdução

Os resultados de testes padronizados nacionais e internacionais mostram que o aprendizado dos alunos brasileiros está distante do ideal. O desempenho dos nossos alunos na última avaliação internacional de leitura no 4º ano do ensino fundamental (PIRLS - *Progress in International Reading Literacy Study*), por exemplo, foram bastante decepcionantes, já que a compreensão leitora média das crianças brasileiras ficou entre as mais baixas de todos os países que participaram da avaliação.

O mesmo ocorre com os resultados do PISA (Program for International Student Assessment), que avalia um conjunto de habilidades e competências esperadas para estudantes aos 15 anos de idade. Os resultados médios dos alunos brasileiros também estão sempre entre os mais baixos de todos os países avaliados. O desempenho dos alunos brasileiros mais pobres no PISA é tão baixo que ele não se alterou entre 2018 e 2022, mesmo após as escolas brasileiras terem permanecido fechadas por mais de um ano devido à pandemia. Ou seja, o fechamento das escolas não parece ter tido efeito nas habilidades dos jovens brasileiros medidas pelo PISA. Na maioria dos países da OCDE, por outro lado, o desempenho dos alunos mais pobres declinou bastante devido à pandemia.

Isto significa que a maioria dos jovens não conclui a sua vida escolar com as competências e habilidades necessárias para um bom desempenho no mercado de trabalho. Muitos destes jovens são reprovados várias vezes na escola, chegam mais velhos ao ensino médio e acabam evadindo antes de concluí-lo. E muitos dos que concluem o ensino médio ficam permanentemente transitando entre o emprego informal e o desemprego. Além disto, muitas adolescentes acabam engravidando, saem da escola e engrossam as estatísticas dos jovens “nem-nem”, que nem trabalham nem estudam.

Esta baixa produtividade dos jovens brasileiros diminui a produtividade do país como um todo, o que prejudica o crescimento da renda entre as gerações. Além disto, como as crianças nas famílias mais pobres são as que mais sofrem com o baixo aprendizado, são elas que têm maior probabilidade de terem problemas no longo prazo, quando se tornam adultas, o que sustenta um círculo vicioso da pobreza, diminuindo a mobilidade social entre as gerações e perpetuando a desigualdade. Assim, para que o país possa crescer mais rapidamente com justiça social, a prioridade deve ser melhorar a qualidade da nossa educação.

Ao mesmo tempo, está se formando um consenso interdisciplinar, a partir de estudos na economia, neurociência, psicologia, educação, psiquiatria e enfermagem, de que a primeira-infância é um período fundamental para a vida das pessoas, inclusive para seu desempenho na escola. A primeira infância compreende o período entre o nascimento e os 6 anos de idade e é nesse período que são construídas as estruturas cerebrais necessárias para a realização de tarefas, que incluem a alfabetização e o aprendizado, a partir das interações da criança com o ambiente que a cerca.

Várias habilidades são necessárias ao longo da vida, tanto para o aprendizado como para o desempenho no mercado de trabalho, incluindo as habilidades cognitivas e socioemocionais. Estas habilidades interagem umas com as outras e são complementares ao longo da vida. Isto significa que as crianças que atingem um nível superior de habilidades cognitivas numa determinada idade, por exemplo, também tendem a se destacar em termos das habilidades socioemocionais. Além disto, a complementariedade temporal significa que se a criança tiver deficiências de habilidades num período inicial da vida, os investimentos feitos pelos pais na leitura de livros, por exemplo, terão um efeito menor sobre o desempenho escolar da criança no período subsequente, o que tende a agravar a desigualdade. Assim, para que a criança se desenvolva plenamente, ela necessita receber investimentos e cuidados ao longo de todo o período da primeira-infância.

As evidências também mostram que o comportamento dos pais tem forte impacto no desenvolvimento das habilidades da criança. As crianças aprendem com os seus relacionamentos afetivos desde o nascimento. O ambiente em que ela vive tem que ser estimulante, seguro e saudável. Da mesma forma, dificuldades na convivência familiar, oriundas de problemas de saúde mental dos pais, conflitos familiares ou violência doméstica, podem causar “estresse tóxico” nas crianças e prejudicar sobremaneira o seu desenvolvimento.

Investimentos em políticas públicas para as crianças em situação de vulnerabilidade têm que ter prioridade na alocação de recursos públicos, pois os gastos na primeira-infância são os que têm maior retorno no longo prazo. Isso ocorre porque o aumento da produtividade trazido por uma primeira-infância saudável reduz a necessidade de uma série de programas que têm que ser implementados para remediar problemas com jovens e adultos, tais como construção de presídios, gastos com hospitais públicos, programas de transferências de renda e programas de qualificação profissional, que poderiam ter sido minimizados ou mesmo evitados se políticas públicas efetivas na primeira infância tivessem sido implementados antes. Estes investimentos têm que começar muito antes delas entrarem na escola.

Em particular, alguns programas voltados para a primeira-infância nos Estados Unidos foram muito bem avaliados por economistas e educadores, tais como o “Perry

Preschool Program” e o “ABC/Care Program”. O principal aspecto destes programas é que eles atuam de forma multisetorial, são implementados em creches ou pré-escolas de forma aleatorizada (Randomized Control Trials) e começam quando as crianças são muito pequenas. O currículo do “ABC/CARE”, por exemplo, inclui cuidados com a nutrição, saúde física e mental e aprendizado, implementados por uma equipe de educadores, especialistas em desenvolvimento infantil e enfermeiras. Ao compararem os custos e benefícios destes programas, economistas chegaram a taxas de retorno social de até 13% ao ano, que acumulam ao longo do tempo, produzindo um benefício final 6 vezes maior do que o seu custo. As avaliações indicam também que o programa Perry diminuiu a criminalidade dos jovens participantes, tendo impactado inclusive os filhos das crianças que participaram do estudo original.

Uma outra categoria de políticas para a primeira-infância são os programas de visita domiciliar, que têm como objetivo estimular os investimentos dos pais nas crianças, ou seja, a parentalidade, para propiciar um ambiente estimulante e saudável para as crianças, aumentando suas habilidades cognitivas, de linguagem e motora, através de quebra-cabeças, leitura de livros, etc. Esses programas geralmente custam menos do que os programas implementados nas escolas, além de poderem ser implementados por não-especialistas. Um dos principais programas nesta linha é o “Jamaican Home Visiting Intervention - JHV”, que foi implementado através de um estudo randomizado controlado em uma amostra de crianças jamaicanas subnutridas e teve resultados surpreendentes, chegando a aumentar o salário do grupo de tratamento em 34% com relação ao grupo de controle, quando as crianças tinham 22 anos de idade.

Com base no JHV foi criado o programa “Reach Up Early Childhood Parenting Program - REACH”, promovido pela Organização Mundial da Saúde e pela Unicef, que tem sido implementado em vários países, tais como Bangladesh, Colômbia, Índia e China. As avaliações destes programas também mostraram efeitos significativos em vários indicadores de desenvolvimento infantil. Todavia, no caso brasileiro, um programa recente de visita domiciliar chamado “Criança Feliz” já pôde ser avaliado e mostrou resultados não-significativos, por problemas de implementação durante a pandemia.

Investir na criança apenas não é suficiente para que os alunos tenham um bom aprendizado na escola. É necessário também que as escolas sejam efetivas para promover este aprendizado. Para que isso ocorra, várias políticas e reformas educacionais foram tentadas em vários países com efeitos diversos sobre o aprendizado. As revisões mais recentes mostram que as intervenções que trazem o maior benefício com o menor custo são políticas multifacetadas, que reformam vários aspectos de uma vez só, tais como: oferta de informação para os jovens sobre os retornos da educação, desenvolvimento de currículos específicos para o estágio de aprendizado de cada aluno, universalização de pré-escola e

aulas de reforço para os alunos com mais dificuldade. Por outro lado, programas que somente melhoram a infraestrutura da escola ou que fornecem computadores ou tablets para os alunos sem apoio pedagógico, parecem ter pouco impacto.

Também temos experiências brasileiras de melhora consistente da educação que merecem destaque. Um dos principais casos de sucesso ocorre na cidade de Sobral no Ceará. Em 2005 Sobral tinha um IDEB em torno de 4 no primeiro ciclo do ensino fundamental, bem parecido com escolas públicas de São Paulo, por exemplo. Desde então, o IDEB de Sobral vem aumentando ano a ano, ultrapassando o desempenho das escolas da rede privada de São Paulo em 2011 e permanecendo em torno de 8 desde então. No segundo ciclo do ensino fundamental, o IDEB também aumentou no período, sendo a rede com melhor desempenho dentre todos os municípios com mais de 50 mil habitantes. O desempenho das outras redes municipais no Ceará também tem aumentado desde então.

Este aumento de desempenho foi atingido mediante várias políticas específicas implementadas simultaneamente: foco na alfabetização dos alunos, diminuição do número de escolas para racionalizar os custos, monitoramento do desempenho de cada aluno através de avaliações constantes, cobrança dos professores e diretores por um melhor desempenho dos seus alunos, bônus para os profissionais que alcançam as metas, escolas em tempo integral e continuidade das políticas ao longo do tempo. Além disso, no Ceará as transferências do Estado para os municípios também dependem das notas dos alunos em cada município.

Sugestões para a Educação

As evidências científicas mostram, em primeiro lugar, que melhorar a qualidade da educação no Brasil não é uma tarefa fácil. Em primeiro lugar, é necessário criar novas políticas públicas multissetoriais com o foco na primeira-infância. Estas políticas têm que ter como objetivo melhorar a saúde física e mental, as habilidades cognitivas e socioemocionais das crianças. Para isso, elas têm que atuar simultaneamente nas creches e pré-escolas, envolver programas de visita domiciliar reformulados, atuar na atenção básica da saúde e focar as transferências de renda nas famílias pobres com crianças para eliminar a pobreza infantil.

É importante notar que várias destas políticas já existem no Brasil, mas são implementadas por ministérios diferentes e não conversam entre si. O Brasil já gasta muito com cada um dos nossos programas sociais separadamente. Agora, temos que combinar estes programas de maneira mais efetiva, para que cada criança pobre brasileira receba todos eles simultaneamente. Para isto, é possível usar a nova carteira de identidade nacional (ou CPF) para identificar as crianças que participam de mais de um programa e combinar a

intensidade ótima de cada política de acordo com o perfil de cada criança. Experiências-piloto para uma iniciativa deste tipo em um grupo de municípios seriam muito bem-vindas neste estágio.

Depois disso é necessário aprender como podemos replicar a experiência de Sobral e do Ceará para as demais cidades do Brasil. Ainda não está claro para os cientistas sociais porque as demais cidades brasileiras ainda não conseguiram utilizar a experiência do Ceará como exemplo para melhorar a qualidade da educação nas suas próprias redes. Em que medida as experiências de Sobral são replicáveis em outras cidades maiores, mais ricas e com sindicatos de professores mais fortes? Para isso é necessário desenvolver no Brasil estudos de implementação de políticas públicas. Isso nos ajudaria a entender também porque o Programa Criança Feliz, que foi inspirado em programas tão bem-sucedidos em vários países, não teve o impacto desejado no Brasil.

Leitura sugerida

“O Impacto do Desenvolvimento na Primeira-Infância sobre o Aprendizado”, Núcleo Ciência pela Infância – Estudo 1. <https://ncpi.org.br/publicacoes/impactodesenvolvimento/>

“Educação de Qualidade” – Núcleo Ciência pela Infância – Estudo 2: <https://ncpi.org.br/publicacoes/wp8-educacao/>

“Early Child Development, Human Capital and Poverty”, Attanasio, Cattan and Meghir, Annual Review of Economics, 14: 853-92

“How to Improve Education Outcomes Most Efficiently”, Angrist, Evans, Filmer, Glennester, Rogers and Sabarwal, World Bank Policy Working Paper 9450.

Tema Translacional 2

PSICOLINGUÍSTICA

LEITURA, CIÊNCIA E CIDADANIA

Introdução

Quantos livros você leu nos últimos três meses? Se a sua resposta foi pelo menos um livro, inteiro ou em partes, você pode ser considerado, segundo o Instituto Pró-livro, um “leitor”. Dados publicados por esse mesmo instituto, no documento Retratos da Leitura no Brasil, mostram que de 2015 a 2019, o país perdeu 4,6 milhões de leitores. Esses dados são preocupantes se pensarmos que a literacia plena se relaciona diretamente à qualidade de

vida de cidadãos inseridos em sociedades letradas, em que grande parte das normas sociais são regidas pelo texto escrito. Ou seja, leitores plenos tendem a ter maiores salários, melhores opções de emprego e menos chances de se expor a situações de violência no seu dia a dia.

No entanto, apesar de sua inegável importância para o exercício da cidadania, a leitura está longe de ser amplamente valorizada na nossa sociedade. A desvalorização da leitura fica ainda mais evidente se considerarmos os índices que o Brasil tem alcançado em avaliações de larga escala aplicadas no país.

De acordo com o relatório de 2016 do Sistema de Avaliação da Educação Básica – Avaliação Nacional de Alfabetização (SAEB/ANA), produzido pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), apenas 13% os participantes (resultado nacional) ficaram no nível 4 de leitura, o último nível, que classifica os leitores proficientes e com grau avançado de desempenho. Os leitores desse nível, segundo o referido relatório, são aqueles que fazem conexões com seus conhecimentos prévios e outras leituras realizadas, pensam criticamente, levantam possíveis hipóteses e buscam diferentes fontes, verificando sua veracidade, e interpretam as leituras utilizando estratégias mais complexas para formar opinião acerca do que leem.

Ainda sobre os índices de leitura no nosso país, em um recente relatório para a Rede Nacional de Ciência para Educação (Rede CpE), Leonor Scliar-Cabral aponta que o número de crianças entre seis e sete anos que não sabiam ler ou escrever aumentou consideravelmente entre os anos de 2019 e 2021, passando de 25,1% para 40,8%, segundo a publicação de dados levantados pela organização Todos pela Educação. A autora apresenta, ainda, dados que vão ao encontro dos mencionados acima, como o boletim do INAF (Indicador Nacional de Alfabetismo Funcional) de 2018, no qual 29% dos brasileiros estão classificados como analfabetos funcionais, 34% em nível elementar e apenas 12% como proficientes.

O PISA (*Program for International Student Assessment*) da OCDE (Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico), que acontece a cada três anos e mede a aprendizagem de alunos do início do ensino médio, mostrou que, em 2022, o Brasil obteve um resultado não menos preocupante que nos anos anteriores, ficando na 53ª posição em leitura, entre os 81 países que participaram do levantamento. Os dados dessa edição são especialmente importantes porque representam a primeira avaliação internacional que mede o desempenho dos alunos depois da pandemia de Covid-19 e do fechamento das escolas, ou seja, os resultados permitem analisar quais os países que acumularam maiores perdas durante o período.

Sabemos que a competência de leitura não deve ser avaliada apenas pelo êxito escolar dos estudantes ou por bons índices de proficiência em exames nacionais e internacionais que avaliam a educação, mas não podemos negar que esses medidores sinalizam aspectos importantes sobre a qualidade e os desafios da alfabetização e da literacia plena em nosso país. Considerados em conjunto, os dados dos diferentes índices apresentados convergem de forma a evidenciar o baixo número de pessoas no Brasil que se mostraram aptas ao exercício da cidadania nas esferas acadêmicas e profissionais, no que diz respeito à leitura e à compreensão de textos.

As questões que envolvem a educação brasileira são complexas e não podem, portanto, ser avaliadas de forma simplista. A desigualdade social que assola o país também tem efeitos diretos no sistema educacional; por exemplo, grande parte das crianças vai para a escola para se alimentar, além obviamente de educar-se. O país ainda carece de políticas públicas mais amplas e profundas, que não sejam meros programas de governo, e que garantam a valorização da educação por meio do piso salarial dos professores, melhores condições de trabalho e formação de qualidade, por exemplo.

Não obstante os fatores apontados serem fundamentais para explicar a atual situação educacional do país, há um elemento que desempenha um papel importante para garantir o êxito no processo educativo e a cidadania plena de forma ampla a ser desenvolvida nas escolas. Trata-se dos documentos oficiais e, mais especificamente, de como esses documentos concebem e definem a leitura. Em um artigo publicado recentemente na Revista Scripta, defendemos que a abordagem da leitura em documentos oficiais, incluindo as concepções de leitura apresentadas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o ensino de língua materna nas etapas do Ensino Fundamental, é encarada a partir de aspectos exteriores ao fenômeno, com ênfase às relações entre leitura, práticas textuais e representações sociais, excluindo as dimensões biológicas, psicolinguísticas e cognitivas inerentes ao processo de ler.

Sabemos que a BNCC não é um currículo, mas ela possui caráter normativo e orienta a elaboração dos currículos escolares, a partir do que considera aprendizagens essenciais a serem desenvolvidas pelos estudantes nas respectivas etapas da educação básica. Nesse sentido, a perspectiva adotada pelo documento orientador gera efeitos na abordagem da leitura adotada nos espaços escolares. Assim, entendemos que uma descrição explícita do processamento da leitura na mente, ancorada em evidências advindas da ciência da leitura, seja fundamental em documentos oficiais como a BNCC para orientar o ensino e a aprendizagem da leitura e, assim, em um nível mais amplo, promover a cidadania e contribuir com a superação da desigualdade social.

Contribuições da Ciência da Leitura

Entre as principais contribuições da ciência da leitura (ignoradas pelos documentos oficiais) está o fato de que aprender a ler não acontece sem instrução direta e explícita, nem pela simples exposição da criança a textos e ao mundo letrado. Isto se dá porque não há área no cérebro projetada de forma inata para a leitura. Os nossos cérebros ainda não evoluíram para desenvolver circuitos especializados de leitura, principalmente porque não houve tempo suficiente na evolução para que isso acontecesse, entre a invenção da escrita (há cerca de cinco mil anos) e os dias atuais. Devido à falta de recursos neurobiológicos específicos para a leitura, o cérebro humano, então, precisa reciclar circuitos herdados da evolução - principalmente dedicados à linguagem oral e à visão - para atingir esse objetivo.

O sistema visual do cérebro é crucial para a leitura. Com esse sistema, as crianças reconhecem e nomeiam objetos e seres do ambiente, antes mesmo de aprenderem a ler. Quando as crianças aprendem a ler e seus cérebros recebem os estímulos visuais da escrita (letras, sílabas, palavras), um subconjunto de regiões visuais torna-se especializado em reconhecer sequências de letras e as envia para áreas de linguagem falada. Mais tarde, quando a alfabetização começa, parte do sistema visual é reciclada e surge a Área da Forma Visual da Palavra, que permite que identifiquemos palavras de várias maneiras diferentes, independentemente de tamanho ou posição, por exemplo.

Outro passo fundamental para que a criança transite da fala para a leitura é a compreensão da estrutura sonora da língua, ou seja, o desenvolvimento da consciência fonológica, habilidade que surge nas fases iniciais da vida e refere-se à capacidade de reconhecer, discriminar e manipular os sons da língua. Um aspecto do conhecimento fonológico desenvolvido posteriormente pelas crianças é a consciência fonêmica, vital para aprender a ler, pois ela permite entender a relação entre letras (grafemas) e sons (fonemas). Para aprender a ler, a criança precisa decompor a linguagem oral em pedacinhos; por exemplo, ela pode começar identificando duas partes na palavra "bo+la". Em seguida, ela pode comparar o som inicial de "bola" com o de "boca", e perceber que há um segmento idêntico. Agora, já pode associar esse som inicial à sua representação gráfica, conectando os fonemas aos grafemas que os representam na escrita.

Embora, assim descrito, o processo da aprendizagem da leitura pareça simples, na realidade, ele é muito mais complexo e árduo do ponto de vista cognitivo. Portanto, à medida que as crianças desenvolvem a consciência fonológica e fonêmica, deve haver algum tipo de instrução supervisionada que as ajude a entender como funciona o código escrito e a desenvolver estratégias e circuitos cerebrais capazes de possibilitar a leitura. Nesse processo, é necessário haver sinergia entre a escola, os métodos de alfabetização e os

documentos orientadores para garantir que as crianças construam mecanismos e aprendam a empregar com sucesso e autonomia estratégias de reconhecimento e compreensão de palavras. Com o processo de alfabetização e decodificação fluente e automatizado, elas podem, então, alocar progressivamente cada vez mais recursos cognitivos ao processo de compreensão de textos.

Sugestões para a Educação

Todos os processos cognitivos e habilidades linguísticas envolvidas no desenvolvimento da competência da leitura e da escrita ao longo da vida, desde a alfabetização, compreendem o que chamamos de Literacia. Já a aplicação dessas competências de leitura e escrita em contextos sociais é denominado de Literacia Social. É fundamental que os documentos oficiais explicitem com clareza que estes dois processos são complementares, jamais mutuamente excludentes. No entanto, a BNCC opta por definir a leitura de forma "ampla" como uma "interação ativa entre leitor e texto". Não há menção à natureza complexa e não natural dessa aprendizagem, deixando margem a interpretações incorretas ou uma falsa "naturalização do processo", como se fosse possível essa "interação" ocorrer de forma espontânea, sem necessidade de instrução formal, desde o processo inicial de decodificação até os níveis mais complexos de leitura relacionados ao pensamento crítico. Trata-se, portanto, de uma definição vaga, que desconsidera os aspectos biológicos mencionados anteriormente, dando ênfase apenas aos aspectos históricos e sociais envolvidos na leitura, justamente em uma fase em que as habilidades de leitura estão sendo desenvolvidas e quando seria crucial que gestores públicos, docentes, responsáveis, pais e comunidade escolar compreendessem a complexidade e a importância do processo da leitura.

À medida que a BNCC desconsidera os aspectos biológicos relacionados à leitura no cérebro e na mente humana, o documento tampouco reconhece a necessidade do uso de métodos, técnicas e estratégias específicas para o desenvolvimento pleno da leitura enquanto habilidade não natural e que altera a estrutura cerebral. Em suma, a abordagem adotada pela BNCC não fornece arcabouço teórico para orientar a ação pedagógica dos professores no contexto de sala de aula. Os professores, em geral, sabem que há um longo caminho para o alcance pleno da literacia. No entanto, baseados nos documentos oficiais, eles não têm um direcionamento claro sobre quais métodos são cientificamente mais eficazes e quais estratégias de leitura devem ser trabalhadas durante o processo de escolarização para que os estudantes possam desenvolver sua literacia plena e consigam ter os recursos necessários para utilizá-la nos diferentes contextos e, muitas vezes, nas complexas interações e usos da leitura em nossa sociedade.

Insistimos que a escola possui papel fundamental no desenvolvimento da habilidade de leitura. É durante a formação escolar na educação básica que os estudantes, com a mediação do professor, constroem os fundamentos necessários para tornarem-se leitores proficientes. Como bem afirmam Rosângela Gabriel, Régine Kolinsky e José Morais, “a pedagogia da leitura pode ser traída pela ponta visível do iceberg”. Ou seja, se o ensino da leitura subestima a magnitude dos processos cognitivos envolvidos na aprendizagem e processamento dessa habilidade, ele está fadado a não produzir bons leitores.

Como nos ensinou Paulo Freire, “a leitura do mundo precede a leitura da palavra”, ou seja, nossos conhecimentos prévios sobre o mundo influenciam nossa percepção da realidade. Nesse sentido, é preocupante que os documentos oficiais brasileiros, que embasam a leitura do mundo e o conhecimento prévio de professores, alunos e responsáveis pela implementação de políticas públicas, estejam fundamentados em conceitos parciais e incompletos sobre a leitura. Reconhecer a dimensão social da leitura é importantíssimo, pois é através dela que o indivíduo desenvolve a capacidade de interagir com o mundo letrado. Entretanto, as lacunas deixadas pelos documentos oficiais, no que tange o ensino de habilidades linguísticas e o desenvolvimento das capacidades cognitivas para a leitura, compromete a emergência da literacia plena, limitando o exercício de cidadania de milhões de brasileiros.

Leitura sugerida

Dehaene, S. Os neurônios da leitura: como a ciência explica a nossa capacidade de ler. Porto Alegre, Penso, 2012.

Gabriel, R.; Kolinsky, R; Morais, J. O milagre da leitura: de sinais escritos a imagens imortais. DELTA: Documentação de Estudos em Linguística Teórica e Aplicada, v. 32, p. 919-951, 2016.

INSTITUTO PRÓ-LIVRO. Retratos da leitura no Brasil. 5. ed. São Paulo: IPL, 2020.

Pilati, E; Weisheimer, J; Prado, APO. Os conceitos de língua e de leitura presentes na BNCC auxiliam os professores da educação básica brasileira? *Scripta*, 27(59), 67-91. <https://doi.org/10.5752/P.2358-3428.2023v27n59p67-91>, 2023.

Scliar-Cabral, L. Por que as políticas públicas em alfabetização têm falhado no Brasil? Disponível em: <https://cienciaparaeducacao.org/blog/2022/04/01/conecta-por-que-as-politicas-publicas-em-alfabetizacao-tem-falhado-no-brasil/2022>. Acesso em 10 de março de 2023.

Links para documentos oficiais

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018. http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf

BRASIL. Resolução CNE/CP nº 2, de 22 de dezembro de 2017. Brasília, 2017. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/RESOLUCAOCNE_CP222DEDE_ZEMBRODE2017.pdf. Acesso em 06 de abril de 2022.

Tema Translacional 3

NEUROCIÊNCIA

FATORES FISIOLÓGICOS QUE IMPACTAM A EDUCAÇÃO

Introdução

As escolas em comunidades com baixo nível socioeconômico (NSE) sofrem prejuízos acadêmicos tanto quando o ensino ocorre, durante as aulas, como quando a aprendizagem é avaliada por meio de exercícios, testes e provas. Na maioria das vezes, as famílias de baixo NSE não conseguem proporcionar sono, nutrição ou exercício adequados aos seus membros, prejudicando o aprendizado escolar de forma sistêmica. De acordo com o Programa das Nações Unidas para Assentamentos Humanos, mais de um bilhão de pessoas em todo o mundo habitam favelas, e até 2030 este número deverá duplicar (UN-HABITAT 2003, 2007). A pobreza material e cultural torna evidente que a biologia precede a pedagogia na aprendizagem escolar infantil. Sem atender adequadamente aos requerimentos fisiológicos, o aprendizado é inviabilizado. Via de regra, as escolas em comunidades de baixo NSE não conseguem compensar estes problemas, devido ao reduzido orçamento, à superlotação das salas de aula e à baixa remuneração dos profissionais da educação. Por todas estas razões, as escolas muitas vezes não conseguem prestar atenção personalizada aos alunos.

A compreensão dos mecanismos biológicos de formação e consolidação das memórias avançou muito nas últimas décadas, permitindo uma nova visão sobre como melhorar o aprendizado escolar. Depois de adquiridas, as memórias são estabilizadas por meio de uma série de processos específicos denominados em conjunto “consolidação da memória”. A primeira fase da consolidação da memória, que compreende alterações locais ao nível sináptico, coincide com alterações fisiológicas que duram de várias horas a alguns dias. A segunda fase da consolidação da memória, que compreende alterações sistêmicas ao nível

de múltiplas regiões cerebrais (por exemplo, hipocampo e neocórtex), coincide com alterações neurofisiológicas que duram de semanas a meses ou anos.

Embora as mudanças sinápticas comecem a ocorrer durante a experiência de vigília que leva à aprendizagem, a maioria das mudanças necessárias para a consolidação da memória ocorre durante o sono pós-aprendizagem. O chamado “sono de ondas lentas” promove a maior parte da sinaptogênese (produção de sinapses) dependente do sono, e o “sono de movimento rápido dos olhos” (sono REM) desencadeia a maior parte da poda sináptica, bem como o fortalecimento de novas sinapses selecionadas. Durante o sono de ondas lentas, os circuitos hipocampo-neocorticais ativados durante o aprendizado são reativados; durante o sono REM, ocorre a consolidação do novo aprendizado na memória de longo prazo.

Quando as memórias consolidadas são recuperadas, elas devem ser reativadas no nível eletrofisiológico. Os diferentes elementos de “uma memória” são armazenados em diferentes áreas do cérebro e estes diferentes elementos têm de ser integrados ao recuperar esta memória. Este mecanismo é parte da razão pela qual a memória pode ser bastante imprecisa. As memórias reativadas passam de uma forma latente de difícil alteração para uma forma lábil e fácil de alterar, o que reabre a oportunidade de fortalecer, enfraquecer ou modificar o conteúdo da memória, levando ao fenômeno conhecido como “reconsolidação da memória”.

Evidências acumuladas ao longo das últimas décadas indicam que o sono é um mediador chave da aprendizagem, apresentando-se como um estado fisiológico privilegiado para a reconsolidação da memória. Por isso, é bastante preocupante para a educação que o sono seja cada vez mais limitado em prol das atividades de vigília. O surgimento de dispositivos eletroeletrônicos tem sido muito deletério ao sono, levando a uma diminuição na qualidade e quantidade de sono que impacta negativamente o aprendizado escolar. O sono insatisfatório é um fator de risco para distúrbios de saúde, como desnutrição, obesidade, diabetes e hipertensão, e se correlaciona com problemas acadêmicos. O sono é um importante mediador das diferenças socioeconômicas e de saúde. Por exemplo, a falta de hábitos consistentes na hora de dormir em crianças de idade pré-escolar está associada à pobreza e à baixa escolaridade materna.

Os mecanismos subjacentes à cognição dependente do sono envolvem oscilações cerebrais e cascatas moleculares dependentes de cálcio associadas à plasticidade sináptica. A vigília sustentada leva à privação de sono, o que impacta diretamente essas cascatas prejudicando a aprendizagem. O sono insuficiente impede novas aprendizagens,

ou seja, o sono pré-aprendizado é uma condição necessária para a aquisição de novas memórias.

A invasão generalizada de dispositivos eletrônicos nas últimas décadas também contribuiu para uma pressão sem precedentes contra a atividade física. A atividade física insuficiente ou ineficaz atinge toda a gama de classes socioeconômicas, levando ao aumento da massa corporal e a elevados custos de saúde. Apesar das recomendações e campanhas da Organização Mundial da Saúde, a maioria das crianças não realiza uma quantidade adequada de atividade física, capaz de promover benefícios para a saúde e a cognição. Estima-se nos Estados Unidos que menos de 24% das crianças com idades entre os 6 e os 17 anos praticam os mais de 60 minutos recomendados de atividade física diária, entre moderada e vigorosa. Entre seus muitos benefícios, a atividade física promove melhora em diversas variáveis que impactam o cérebro e a cognição, como mudanças positivas na estrutura e função cerebral e aumento do fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF), uma proteína chave envolvida nas alterações plásticas no cérebro relacionadas à aprendizagem e memória.

Impactos da pesquisa na Educação

Pesquisas em modelos humanos e animais mostram interações sinérgicas que ligam a cognição à nutrição, ao sono e ao exercício físico. Existe ampla evidência, por exemplo, de que sono pós-aprendizagem melhora a retenção de conteúdos declarativos e procedimentais no contexto de laboratório. Nos últimos anos estas experiências foram estendidas com sucesso ao contexto escolar, podendo mesmo dobrar a fluência de leitura em alunos da primeira série quando um protocolo multissensorial de alfabetização é combinado à sesta no ambiente escolar. Em 2024 a Secretaria de Educação do Rio Grande do Norte está apoiando uma pesquisa translacional da UFRN para aumentar a escala dessa intervenção para todas as escolas em regime integral do estado.

Outra questão essencial é determinar de que forma a atividade física pode melhor beneficiar o desempenho cognitivo e acadêmico. Estudos em animais indicam que os exercícios aeróbicos e coordenativos levam a uma cascata de alterações moleculares e celulares, incluindo o aumento dos níveis de fator de crescimento, neurogênese, angiogênese (crescimento de vasos sanguíneos) e sinaptogênese, que estimula a produção de novos neurônios e seus prolongamentos, e novos vasos sanguíneos. Nos seres humanos, são observados benefícios na estrutura cerebral, incluindo o volume da substância cinzenta e a integridade da substância branca; função cerebral incluindo marcadores eletrofisiológicos, volume sanguíneo cerebral e fluxo sanguíneo; e mudanças na ativação da rede neural durante o desempenho de tarefas cognitivas e em repouso.

Várias pesquisas da neurociência, psicologia e pedagogia indicam que a atividade física e a aptidão aeróbica são benéficas para a saúde e o bem-estar do cérebro. Evidências convergentes indicam que, em todas as idades, as pessoas que são mais ativas fisicamente e têm melhor capacidade aeróbica apresentam melhor função executiva; além disso, as crianças que exercem cada vez mais atividade física tendem a ter melhor desempenho na escola. Em particular, a prática da Capoeira na escola está correlacionada com a melhoria da coordenação motora e da função executiva, de modo dose-dependente, isto é, os benefícios são proporcionais ao número de aulas realizadas. A prática regular de atividade física, sobretudo de esportes coletivos, promove a construção de habilidades socioemocionais que são essenciais para um bom desempenho escolar e para a própria cidadania. Neste aspecto a Capoeira também se mostra excelente aliada do aprendizado escolar, criando oportunidade ímpar de pertencimento comunitário, comprometimento com o processo educacional, amadurecimento emocional, autonomia e individuação.

Também é importante reconhecer que muitos estudantes utilizam formas de estudar tediosas, demoradas e ineficientes. Existe atualmente ampla evidência de que os alunos se beneficiam mais do envolvimento ativo com o conteúdo do que da recepção passiva de informações. Além disso, a recuperação ativa de material previamente aprendido pode levar a uma melhor retenção a longo prazo do que o reestudo passivo do material. A prática de recuperação compreende a resolução de problemas, respondendo ou formulando perguntas sobre os conteúdos apresentados, escrevendo resumos sobre o que foi aprendido com suas próprias palavras e realizando debates entre pares. Os benefícios tendem a ser proporcionais ao nível de dificuldade e podem ser obtidos mesmo quando os alunos escolhem respostas incorretas, desde que haja um 'feedback' claro e sem ambiguidades. Embora a repetição esteja positivamente correlacionada com ganhos de curto prazo, são necessárias variações na forma e no contexto para otimizar os resultados de longo prazo, evitar a habituação e promover a integração de conhecimentos novos e antigos.

Sugestões para a Educação

Uma grande melhoria da escolaridade no mundo em desenvolvimento, bem como nas áreas subdesenvolvidas das nações mais ricas, pode resultar de uma reorganização das atividades escolares, de modo a superar os gargalos fisiológicos que prejudicam a saúde das crianças. Os recursos limitados e a sobrelotação familiar típica da pobreza produzem déficits na nutrição, no sono e no exercício que prejudicam fortemente a fisiologia e, portanto, a aprendizagem. De fato, sobretudo entre os alunos com baixo NSE, a fisiologia e também a avaliação constituem grandes obstáculos à aprendizagem escolar.

Está se tornando cada vez mais claro que as escolas devem sempre oferecer às crianças e aos adolescentes a oportunidade de dormir na escola quando necessário, seja para ajudar na consolidação dos conteúdos recém-adquiridos, seja para compensar o déficit de sono na noite anterior às aulas, de modo a restaurar a capacidade de aprender novamente. É urgente adotar as sestas no ambiente escolar para fortalecer todo o potencial de aprendizagem dos alunos – e também dos professores.

Além disso, é crucial que as escolas proporcionem amplas oportunidades para atividade física e exercícios estruturados, em associação inteligente com os contextos de sono, nutrição e treino. Horários adequados para a realização de exercícios físicos diários no ambiente escolar são necessários para a saúde cognitiva de crianças e adolescentes. O exercício tem um efeito agudo na cognição, incluindo funções executivas e atenção, que são cruciais para melhorar a aprendizagem e o desempenho acadêmico na escola. Além do horário específico para a atividade física, exercícios aeróbicos e coordenativos podem e devem ser integrados às outras atividades escolares, criando oportunidades para pausas regulares na recepção de conteúdos declarativos, que são muito facilitadoras dessa recepção em momento subsequente, regenerando a atenção e a motivação para aprender mais. Destaca-se a necessidade de incorporar plenamente a oferta de Capoeira nas escolas brasileiras, como ocorre no Japão, por exemplo, em torno do Judô, do Aikidô e do Karatê.

Além das questões fisiológicas como sono e exercício, é importante reconhecer a necessidade de otimizar as formas de estudar e de avaliar o aprendizado. A sensação de saber é bem diferente de ser capaz de lembrar informações específicas. Em vez de recuperar ativamente os conteúdos, os alunos tendem a preferir a exposição passiva aos conteúdos através da releitura, o que leva a uma sensação de familiaridade que muitas vezes é apenas uma ilusão de competência. Embora tenhamos a tendência de preferir coisas que sejam mais familiares, “lembrar por reconhecimento” é na maioria das vezes uma estratégia fracassada na sala de aula. Os alunos precisam ter a oportunidade de praticar a recuperação de conteúdo pelo menos uma vez para cada conteúdo aprendido, uma vez que os maiores benefícios de aprendizagem vêm da primeira tentativa de prática de recuperação. Quando múltiplas práticas de recuperação são possíveis, elas devem ser espaçadas e não realizadas em bloco. A prática de recuperação é viável em qualquer escola, não envolve muito tempo extra e tem um custo insignificante. Três guias bastante úteis sobre prática de recuperação são fornecidos por Henry L. Roediger III (<http://psychnet.wustl.edu/memory/publications/>), Jeffrey Karpicke (https://www.purdue.edu/hhs/psy/directory/faculty/Karpicke_Jeffrey.html) e Pooja K. Agarwal (www.retrievalpractice.org).

Por fim, é importante reconhecer que salas de aula superlotadas dificultam a avaliação da aprendizagem individual com resolução temporal suficiente para tornar eficazes as intervenções de disciplina única. Medições computacionais da aprendizagem oferecem esperança para uma avaliação acadêmica de baixo custo, rápida, escalável e ainda assim personalizada. A otimização dos horários escolares, com menos tempo de aula em favor de sextas, exercícios físicos, refeições adequadas ao aprendizado e avaliações frequentes do desempenho individual, são frutos ao alcance da mão para a Educação. Tal como a agricultura ecológica faz a rotação das culturas para otimizar o aporte de insumos, os alunos podem e devem passar por ciclos mais curtos compreendendo as diferentes fases de aquisição, consolidação e reconsolidação da memória, reduzindo a sobrelotação das salas de aula sem custos adicionais significativos e contribuindo para o nivelamento dos gradientes educativos em todo o mundo.

Leitura sugerida

Lubans, D., Richards, J., Hillman, C. H., Faulkner, G., Beauchamp, M. R., Nilsson, M., Kelly, P., Smith, J. J., Raine, L., Biddle, S. J. (2016). Physical Activity for Cognitive and Mental Health in Youth: A Systematic Review of Mechanisms. *Pediatrics*, 138, e20161642. <https://doi.org/10.1542/peds.2016-1642>

Roediger, H. L., & Karpicke, J. D. (2006). Test-enhanced learning: Taking memory tests improves long-term retention. *Psychological Science*, 17(3). <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2006.01693.x>

Sigman M., Peña M., Goldin A. P., Ribeiro S. (2014) Neuroscience and education: prime time to build the bridge. *Nature Neuroscience* 17: 497-502. <https://doi.org/10.1038/nn.3672>

Torres A. R., Mota N. B., Adamy N., Naschold A., Lima T. Z., Copelli M., Weissheimer J., Pegado F., Ribeiro S. (2020) Selective Inhibition of Mirror Invariance for Letters Consolidated by Sleep Doubles Reading Fluency. *Current Biology* 0960-9822(20)31742-5. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.11.031>

Tema Translacional 4:

Ciência da Computação

SOBRE O USO DE IA NA EDUCAÇÃO

Introdução

Estamos vivenciando o início de uma nova era tecnológica, a era da Inteligência Artificial (IA), na qual o conhecimento apoiado pela IA será o motor do desenvolvimento em praticamente todas as áreas. Países com capacidade de gerar recursos humanos através da educação, capazes de entender e usar as novas ferramentas de IA, terão uma enorme vantagem competitiva. Por outro lado, a IA tem grande potencial para transformar a educação. No entanto, os países em desenvolvimento e com recursos educacionais limitados terão que enfrentar desafios únicos para promover a integração dos novos recursos da IA em sala de aula. Mas há também novas oportunidades que poderão acelerar a educação em todos os níveis.

Com o lançamento do ChatGPT para o público em geral no final de 2022, tem havido inúmeros debates ao redor do mundo sobre os benefícios e perigos provenientes dos Modelos de Linguagem em Larga Escala (*Large Language Models* – LLMs). É evidente que estamos à beira de uma nova revolução tecnológica, e do enorme benefício que pode ser gerado para a sociedade pelo emprego das LLMs. Isso inclui o potencial impacto positivo na educação em todos os níveis, já que as ferramentas são capazes de facilitar a escrita, resolver problemas, explicar conceitos em diferentes áreas, produzir códigos de computador, para citar algumas dentre as inúmeras aplicações. No entanto, como em qualquer avanço tecnológico disruptivo, a tecnologia também tem um potencial para causar danos significativos, especialmente em países que carecem de um sistema educacional sólido e têm uma enorme lacuna educacional entre os seus cidadãos. As aplicações de IA podem ser excelentes ferramentas, se aprendermos a usá-las adequadamente para ajudar os alunos, e se agirmos coletivamente como sociedade para aprender com os nossos cientistas quais os caminhos disponíveis para nós. Caso contrário, poderemos testemunhar um dano considerável na nossa educação pública.

À medida que as tecnologias de IA avançam, é essencial promover a educação em todos os níveis para que os alunos sejam expostos a essas tecnologias desde cedo e possam desenvolver o pensamento crítico. A IA tem um potencial transformador enorme para fazer com que os alunos aprendam a interagir com o mundo de maneira crítica e a criar soluções para problemas sociais reais. Como indicado no “Consenso de Beijing de 2019 sobre IA e Educação” (UNESCO) o uso da IA na educação deve proporcionar um aumento das capacidades humanas e, como tal, não devemos evitar a tecnologia, mas sim criar mecanismos para seu uso adequado.

O papel da IA na educação constitui uma oportunidade para alavancar a educação em todos os níveis, mas é necessário cautela e planejamento cuidadoso. Por um lado,

ferramentas e plataformas impulsionadas pela IA podem oferecer experiências de aprendizagem personalizadas, automatizar tarefas administrativas de forma a reduzir a carga de trabalho dos professores e oferecer *insights* baseados em dados para guiar políticas e práticas educacionais. Por outro lado, a implementação da IA deve levar em conta os contextos locais, garantindo que essas tecnologias sejam inclusivas, acessíveis e respeitando as diversidades culturais.

Nos últimos anos, a IA tem transformado o modo de fazer ciência. Portanto, a educação, desde o ensino fundamental até a Universidade, deve refletir essas mudanças. É imperativo que discutamos a IA de forma abrangente e realizemos ações imediatas. Por exemplo, currículos que incluam o aprendizado de IA deveriam abranger o impacto da IA em nossas vidas, incluindo questões éticas, bem como o entendimento de algoritmos e dados, e as habilidades para o uso apropriado e criativo de ferramentas de IA. Devemos treinar tanto professores quanto pesquisadores para que possam usar apropriadamente a IA. Portanto, instituições de ensino superior e de pesquisa devem ser devidamente apoiadas para que possam aprimorar programas que desenvolvam talentos locais em IA.

É urgente que o Brasil debata com cientistas de todas as áreas sobre o tema para não perder uma curta janela de oportunidade, conforme mencionado nas recomendações da Academia Brasileira de Ciências (ABC) sobre IA no Brasil. A *National Science Foundation/USA* – USA criou iniciativas como *EducationAI* para promover a educação e pesquisa em IA, democratizar o acesso à educação de qualidade e melhorar a educação em IA nas escolas. É crucial que o Brasil dialogue com especialistas de diversas áreas para aproveitar as oportunidades em IA destacadas pelas recomendações da ABC.

A seguir, descrevemos o papel fundamental da ciência e dos cientistas na formação de um futuro educacional aprimorado pela IA. Concluimos com um breve conjunto de recomendações para comitês científicos governamentais, alinhadas com o documento recente da Academia Brasileira de Ciências sobre o tema.

IA e o Ensino

Preocupações. Modelos de linguagem em grande escala, como o ChatGPT, são capazes de gerar conteúdo em resposta a comandos escritos em linguagem natural. De forma geral, os LLMs e as ferramentas similares que surgiram em grande número recentemente, são capazes de prever a sequência mais provável de um texto, de acordo com os trechos anteriores e o contexto da conversa. Isso é obtido treinando-se um enorme modelo a partir de todo o conteúdo disponível *online*. Os modelos de base são também refinados pelo *feedback* de uma rede de indivíduos que indica a melhor opção dentre as

produzidas pelos modelos de base. Desde o lançamento do ChatGPT em 2020, era claro que essa era uma tecnologia revolucionária.

Para serem efetivos, os LLMs dependem de quantidades enormes de dados e de um massivo poder computacional. Por exemplo, o Chat GPT-4, lançado em março de 2023, foi treinado com aproximadamente 1.000.000 GB de dados. O modelo possui cerca de 170.000.000 parâmetros, sendo capaz de processar instruções complexas. No entanto, apenas alguns países (como EUA, China e Europa) têm os recursos necessários para processar e criar modelos deste porte. Como consequência, é provável que os países em desenvolvimento sejam excluídos dos avanços tecnológicos e corram o risco de serem colonizados pelos modelos de LLM oriundos dos países avançados tecnologicamente. Além disso, as grandes empresas atuais protegem sua propriedade intelectual, e seus sistemas não estão disponíveis para que seja feito um exame científico minucioso e independente.

É importante notar que a vasta quantidade de dados usados para treinar os modelos inclui material de todos os tipos, desde a grande literatura até conteúdos questionáveis postados por grupos de ódio e negacionistas. Mas esse não é o único perigo. Os LLMs demonstraram capacidade para resolver problemas escolares em várias áreas, já que foram treinados com o conteúdo disponível na Web. Será difícil encontrar uma questão passada como tarefa de casa que não possa ser resolvida. Por isso, as escolas não precisam se concentrar apenas em incentivar os alunos a alcançar notas altas em matemática, ciências e redação. É preciso também que ensinem como pensar, como interagir, como aprender coletivamente para alcançar um objetivo comum, como estimular a curiosidade, compreender as nossas diferenças e, em última análise, aprender a ser crítico para entender e mudar nosso mundo para melhor.

O uso eficaz da IA na educação pressupõe um certo nível de alfabetização digital tanto de educadores quanto de alunos. O Brasil ainda enfrenta muitos problemas relacionados ao treinamento em habilidades digitais, e assim o risco da aplicação de ferramentas de IA sem planejamento adequado é um caminho para que essas ferramentas sejam mal utilizadas. A disparidade na alfabetização digital pode aumentar ainda mais as desigualdades educacionais, uma vez que alunos e professores em regiões mais ricas, mais facilmente serão capazes de aproveitar os recursos proporcionados pela IA para melhorar a aprendizagem.

Conteúdos educacionais baseados em IA precisam ser personalizados para refletir os diversos contextos culturais e linguísticos dos usuários. Portanto, sem uma personalização cuidadosa, soluções prontas de IA e desenvolvidas por outros países podem criar mais

problemas do que benefícios. Esse é o caso de países em desenvolvimento e que possuem ampla diversidade cultural e diferentes necessidades educacionais como o Brasil.

O uso de IA em sala de aula requer mudanças na forma como as aulas são normalmente ministradas, por exemplo, favorecendo métodos interativos de ensino. É bem provável que professores em escolas com poucos recursos e sobrecarregados por limitações e diversos problemas sociais, achem difícil adaptar suas metodologias para incorporar adequadamente as novas tecnologias. Portanto, o treinamento e suporte adequados são essenciais, ou a disparidade na qualidade da educação entre escolas menos favorecidas e as bem equipadas certamente aumentará. Além disso, aqueles indivíduos nos estratos socioeconômicos mais elevados serão capazes de prover para os seus filhos ferramentas e recursos educacionais baseados em IA, aumentando ainda mais a vantagem sobre os menos favorecidos.

O Brasil deve agir rapidamente e investir em planejamento adequado para melhorar sua infraestrutura digital em todas as áreas, investir de forma abrangente em programas de alfabetização digital para alunos e professores, e apoiar mecanismos que facilitem a adaptação pedagógica guiada por experimentação científica cuidadosa para aprender o que funciona melhor em cada região.

Potencial para a melhoria da educação. Os LLMs podem ser excelentes ferramentas para promover a curiosidade e ajudar na aprendizagem. No entanto, também podem incentivar aqueles que procuram o caminho mais curto para o “sucesso”. Sabemos que encontrar e ler a solução de um problema não é o mesmo que aprender através de habilidades adquiridas e esforçar o cérebro para encontrar uma resposta. Ou seja, embora ler uma solução bem explicada ajude a compreender conceitos relevantes, o “aprendizado passivo” não desenvolve o cérebro no processo de resolução de problemas, o que pode levar a uma compreensão mais superficial e a uma menor retenção de conhecimento útil para resolver novos desafios. Os LLMs, se usados sem o devido entendimento ou treinamento, podem promover o aprendizado passivo e reduzir o pensamento crítico, essencial para educar alunos no entendimento do mundo na era da IA. Além disso, saber detectar respostas erradas ou quase erradas, sem supervisão adequada, é um problema adicional. Isso é verdade tanto para professores quanto para alunos, se eles não aprenderem a lidar corretamente com os LLMs.

LLMs são apenas ferramentas e não podem ensinar por si sós. Mas se alunos e professores estiverem cientes das limitações, os LLMs podem ser usados para promover o pensamento crítico, liberar o professor de tarefas repetitivas e deixar mais tempo para

construir material criativo. Por outro lado, se forem usados como um oráculo, podemos caminhar para um desastre educacional.

O uso de plataformas de IA e ferramentas educacionais específicas de IA devem servir para aprimorar o entendimento dos professores sobre suas disciplinas, bem como seu conhecimento sobre metodologias de ensino. Elas têm potencial para atuar como um oponente nos diálogos com alunos (opponente socrático) ou como um assistente de pesquisa na aprendizagem baseada em projetos. Essas ferramentas também podem ser usadas para promover a colaboração entre os alunos, ajudar grupos a pesquisar e resolver problemas conjuntamente. A IA também pode auxiliar os alunos a refletir sobre o material de aprendizagem e discutir sobre diferentes respostas obtidas por meio da IA.

No entanto, os potenciais acima só podem ser realizados pela implementação cuidadosa de políticas governamentais bem projetadas, apoiadas pelo conhecimento científico vigente. Não podemos esquecer que os alunos ainda precisarão adquirir conhecimentos e habilidades fundamentais para poder interagir adequadamente com a IA. Portanto, a literacia fundamental e as competências básicas de literacia científica continuarão a ser essenciais para a educação no futuro.

A IA na educação não ajuda apenas os alunos a melhorar habilidades de pensamento computacional (*computational thinking*) em sala de aula. Ela também serve para que se possam criar novas maneiras de conectar os alunos aos seus ambientes locais, permitindo desenvolver o pensamento crítico sobre problemas do seu entorno, e a propor soluções realistas. Imagine-se um projeto colaborativo onde estudantes recebem dados, por exemplo, coletados na escola ou na cidade, e são questionados sobre o que podem aprender com esses dados. Com orientação adequada, eles podem criar um diálogo para descobrir o que os dados podem revelar e discutir questões relevantes para seu bairro.

Há um enorme número de aplicações sobre o uso da IA em diversas áreas, sendo a educação uma delas. Devemos capacitar os nossos jovens com as ferramentas adequadas para que entendam como usar a tecnologia de maneira apropriada e inovadora, aprendam a discriminar informações boas das ruins e usem ferramentas de IA para aprender orientados por professores que possam guiá-los com base nas descobertas recentes da ciência.

A IA representa um meio poderoso para personalizar a educação, adaptando conteúdo e experiências de maneiras que antes podem não ter sido possíveis. Há aproximadamente quinze anos, o Presidente Obama exortou a comunidade científica a desenvolver um “software de aprendizagem tão eficaz quanto um tutor pessoal”. A IA agora tem o potencial de tornar esse sonho realidade, mas devido aos avanços recentes e incrivelmente rápidos na área, poucos estudos ainda estão disponíveis sobre o impacto dos

LLMs na educação. Obter *feedback* individualizado num ambiente com muitos alunos é demorado, especialmente em tarefas complexas. Os primeiros estudos científicos disponíveis já fornecem evidências de que o *feedback* da IA foi benéfico para os alunos participantes do estudo. É essencial promover mais estudos científicos, principalmente multidisciplinares, cuidadosamente planejados e guiados por cientistas e especialistas nas áreas relacionadas, para avaliar o impacto dos LLMs em sala de aula, e para eventualmente utilizar todo o potencial da IA.

Algumas recomendações

Daqui para frente, as ferramentas de IA continuarão a ser aprimoradas. Como qualquer nova tecnologia, não podemos banir a IA, mas aprender a usá-la corretamente. As empresas já estão utilizando ferramentas de IA e nossos alunos devem aprender a fazer bom uso da tecnologia para levar o conhecimento ao mercado de trabalho. Os alunos devem aprender a se adaptar à tecnologia e encontrar maneiras **criativas** de usá-la.

- Precisamos repensar e mudar a maneira como ensinamos. Usando uma frase da NSF: “A IA está transformando a maneira pela qual os alunos aprendem a interagir com o mundo ao seu redor e a usar novas tecnologias para criar soluções para problemas reais”. É fácil constatar que a interação entre IA e educação vai muito além de como os alunos podem usar um ChatBot. Devemos garantir que todo aluno tenha a oportunidade de entender a IA e ser capaz de aprimorar suas próprias habilidades com base nesta nova tecnologia.
- Devemos investir na educação em IA. Este é um investimento tanto na capacitação de educadores quanto na próxima geração de força de trabalho em IA.
- Precisamos investir em modelos abertos de linguagem para que seja possível estudar a ciência da modelagem de linguagem, dominar a tecnologia e evitar assim a dependência completa de poucos atores, e ainda possibilitar o entendimento das chamadas “caixas pretas” dos LLMs mais usados.
- Devemos criar atividades de experimentação em sala de aula (as universidades podem ajudar)
- Devemos envolver os alunos universitários no processo de disseminação sobre o bom uso da tecnologia, conforme mencionado nas recomendações sobre IA contidas no documento da Academia Brasileira de Ciência.

Observações finais

À medida que a IA e consequente automação se tornam prevalentes nas empresas, é essencial que os nossos sistemas educacionais preparem os alunos para a força de trabalho do futuro. Integrar a IA na educação desde a tenra idade ajuda a familiarizar os alunos com a tecnologia, fomentando habilidades de alfabetização digital e pensamento computacional que são cada vez mais importantes no mercado de trabalho.

Em diferentes épocas da humanidade tem sido comum a sociedade reagir contra novas tecnologias disruptivas. Mesmo pensadores como Sócrates expressaram

preocupações sobre o impacto da escrita na memória do ser humano. As pessoas precisam aprender a fazer aquilo que a IA não pode fazer: criar, ter pensamento crítico, ser curioso, desenvolver a cultura, as artes, entre outras.

Mais do que nunca, precisamos unir ciência, legisladores e empreendedores para agir rapidamente. O uso crescente do ChatGPT, com centenas de milhões de usuários ativos mensais, destaca a urgência. Nossos estudantes e crianças estão usando essas ferramentas e, sem a orientação adequada, a chance do fosso educacional entre o Brasil e os países desenvolvidos aumentar drasticamente será significativa. Mais do que nunca, precisamos unir ciência, legisladores e empreendedores para agir rapidamente. O uso crescente do ChatGPT, com centenas de milhões de usuários ativos mensais, destaca a urgência.

A Academia Brasileira de Ciências divulgou um conjunto de recomendações para o avanço da IA no Brasil. Recursos humanos são um ingrediente importante do relatório, e a mensagem é clara. Temos uma pequena janela de oportunidade para agir e usar as novas ferramentas a nosso favor. A sociedade deve se envolver com essas mudanças, ou corremos o risco de perder uma estreita janela de oportunidade para agir e usar as novas ferramentas em favor da sociedade.

Leitura sugerida

Academia Brasileira de Ciências (2023) Recomendações para o avanço da inteligência artificial no Brasil. Online: [recomendacoes-para-o-avanco-da-inteligencia-artificial-no-brasil-abc-novembro-2023-GT-IA.pdf](#)

Blanco IF, Carvalho ACPLF (2018) Máquinas que aprendem: O que nos ensinam? In: *Ciência para Educação, uma ponte entre dois mundos* (org. Lent R, Buchweitz A, Mota MB). Rio de Janeiro: Editora Atheneu.

UNESCO (2023) Guidance for generative IA in education and research. ISBN 978-92-3-100612-8.

Erduran S (2023) AI is transforming how science is done. Science education must reflect this change, *Science* vol 382, No. 6677 (DOI: [10.1126/science.adm9788](#))

Meyer J, Jansen T, Schiller R, Liebenow LW, Steinbach M, Horbach A, Fleckenstein J (2023) Using LLMs to bring evidence-based feedback into the classroom: AI-generated feedback increases secondary student's text revision, motivation, and positive emotions. *Computers and Education: Artificial Intelligence* vol. 6 (2024) 100199

National Science Foundation (<https://new.nsf.gov/science-matters/ai-education-ai-education>

Souza e Silva E, Bruno GGE, Menasché DS (2018) Máquinas que ensinam: o que aprendemos com elas? In: *Ciência para Educação, uma ponte entre dois mundos* (org. Lent R, Buchweitz A, Mota MB). Rio de Janeiro: Editora Atheneu.