

REA NO ENSINO DO MOVIMENTO DIÁRIO DO SOL

*Fernando Siqueira da Silva
Pedro Antonio Ourique
Francisco Catelli
Michel Mansur Machado
Carlos Maximiliano Dutra*

Editora CRV - Proibida a impressão e/ou comercialização

Introdução

Observamos hoje, mais do que nunca, o quanto as nossas relações sociais tornaram-se, inevitavelmente, cada vez mais dependentes do uso das tecnologias, principalmente das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDICs) que, com o advento da pandemia da covid 19, assumiram uma posição crucial e irreversível no âmbito educacional. De quase exceção à regra vimos o ensino *on-line* tornar-se algo fundamental para a continuidade das atividades escolares, no mundo todo. Evidenciaram-se alguns termos como, por exemplo, ensino híbrido ou *blended learning* para designar uma nova modalidade de ensinar e aprender que combina diferentes espaços e metodologias, integrando de modo complementar o ensino presencial e o ensino *on-line* (MONTEIRO, 2020). Assim, a busca por recursos educacionais digitais passou a ser uma nova tendência na chamada sociedade digital, uma sociedade composta de um coletivo de usuários (estudantes, professores, pesquisadores, cientistas) que empregam em suas rotinas diárias de trabalho, de resolução de problemas, de informações e de comunicações, as mais diversas TDICs (SILVA, 2021).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2018) define que os conteúdos de Astronomia devem ser trabalhados de forma gradual ao longo de todo o Ensino Fundamental. Em nossa análise desse documento oficial percebemos que a temática do “*movimento diário do Sol*” é sugerida desde os anos bem iniciais, a partir do 2.º ano até o 4.º ano, porém chamando a atenção para o nível de desenvolvimento das crianças nessa fase mais inicial, fase do aprender a ler e escrever, portanto, sem a necessidade de atividades demasiadamente conceituais ou abstratas, o que deve sim, ser perseguido, mas de modo gradual conforme as crianças vão progredindo entre os anos. Assim, no 2.º ano as habilidades indicadas estão relacionadas a descrições do movimento diário do Sol em distintas horas do dia, também aquelas associadas ao tamanho da sombra solar projetada pelos objetos (EF02CI07) (SILVA; CATELLI, 2021, p. 2). Já no 3.º ano o foco

é na observação do céu, com registros sobre os períodos do dia e da noite, isto é, com registros sobre quando o Sol está visível e quando ele não está (EF03CI08) (Ibidem). No 4.º ano é então indicado o estudo dos pontos cardeais com auxílio de um gnômon (EF04CI09) e de uma bússola (EF04CI10) (Ibidem).

Entretanto, observamos ser apenas entre os 5.º e 6.º anos (SILVA; CATELLI, 2021, p. 3), em uma fase de transição entre o término dos anos iniciais e começo dos anos finais que o movimento diário do Sol reaparece, subentendido entre as habilidades a serem desenvolvidas, a ser trabalhado de modo um pouco mais conceitual, se comparado aos anos bem iniciais. A associação a partir do 5.º ano parece ser outra: “*A associação agora exige um ir além de uma simples observação e identificação da sombra solar em uma estaca vertical; um ir além de uma concepção sobre os 4 pontos cardeais; requer um pensar mais abstrato a respeito do movimento diário do Sol*” (Ibidem) que deve estar associado aos movimentos de rotação e translação da Terra (EF05CI11). Além disso, é o momento de inferir sobre as mudanças no comportamento da sombra solar, ao longo do dia e do ano, como decorrência natural dos movimentos concernentes ao Sol e à Terra (EF06CI14). Recentemente, de modo a contribuir com a superação das insuficiências do livro didático no Ensino de Astronomia, propomos (SILVA; CATELLI, 2020) um objeto-modelo mecânico concreto analógico didático (OMMCAD), uma categoria de modelo analógico didático, ou melhor, um objeto-modelo analógico alicerçado na epistemologia Bungeana dos modelos (modelos científicos) e na didática das ciências (modelos didáticos), objeto que acreditamos possa ser utilizado na escola de modo complementar ao livro didático de ciências e geografia, com a função de contribuir com o ensino-aprendizagem do, a) movimento diário do Sol, b) das diferentes direções do nascimento e pôr solar ao longo do ano e, principalmente, para c) previsão da duração aproximada do dia para qualquer local do mundo, de modo bastante “aproximado”.

Depois, apenas no 8.º ano a temática do movimento diário do Sol volta a reaparecer, mais uma vez implícita entre as habilidades a serem desenvolvidas, quando então o documento oficial sugere o uso de modelos didáticos tridimensionais para representar os movimentos de rotação e translação da Terra e analisar também o papel da inclinação do eixo de rotação na ocorrência das estações do ano. (EF08CI13). Percebemos, entretanto, que nos 7.º e 9.º anos a temática do movimento diário do Sol não é mencionada, tampouco no Ensino Médio. Em um estudo recente (SILVA; CATELLI, 2021) propomos algumas atividades escolares envolvendo o movimento diário do Sol, porém através de cartas solares, uma temática que acreditamos poderá ser trabalhada a partir do 8.º ano do Ensino Fundamental e, principalmente, no Ensino Médio, quando as aprendizagens do Fundamental devem então ser retomadas e ampliadas. Conforme o documento oficial, é justamente nos anos finais que há “*uma ampliação progressiva da capacidade de abstração e da autonomia de ação e de pensamento, em especial nos*

últimos anos” (BNCC, 2018, p. 343). Sustentamos ainda que, o movimento diário do Sol é do interesse do Ensino de Ciências da Natureza, dos cursos de formação continuada, pois se trata de um saber interdisciplinar que vem sendo indicado pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC), como um saber a ensinar do Ensino de Ciências Naturais, com distintas habilidades a serem desenvolvidas entre os anos, desde os anos iniciais até os anos finais do Ensino Fundamental.

Neste artigo, nosso objetivo será propor o uso de um Recurso Educacional Aberto (REA) para o Ensino de Astronomia, ou melhor, propor algumas atividades educacionais utilizando um modelo didático digital para o ensino da temática em torno do movimento diário do Sol, modelo desenvolvido em um software didático aberto de matemática dinâmica (GeoGebra), elaborado a partir da transposição didática do OMMCAD (SILVA; CATELLI, 2020). Um modelo didático digital que é complementar ao modelo analógico e complementar ao livro didático, a ser utilizado em atividades escolares com alunos a partir do 5.º ano do Ensino Fundamental, especialmente quando a modalidade adotada pelo professor for a híbrida, momentos em que é necessária uma alternância entre os ambientes e as situações de ensino-aprendizagem; momentos, também, em que os REAs acabam modificando e facilitando nossos modos de interação com os objetos do saber a ensinar, de todos os tipos de usuários, sejam eles nativos digitais, sejam eles imigrantes digitais, sejam eles alunos ou professores, pesquisadores, cientistas.

Tecnologias Digitais no Ensino de Astronomia: a evolução das nossas representações

Assim como acontece com a noção de modelo, a noção de tecnologia possui múltiplos significados. É comum a ligação à etimologia grega, da junção dos termos “*tékhnē*” e “*lógos*”, isto é, da junção entre a arte ou a técnica com o ofício, com o estudo, com a pesquisa, com o conhecimento (VERAS-ZTO *et al.*, 2008, p. 21). Ao contrário do que muitos possam imaginar: a internet, o computador, o celular, a televisão, exemplificando com objetos mais contemporâneos, essas não são as nossas únicas tecnologias. Apesar de invenções mais recentes que remontam ao século passado, esses objetos são produtos de construções humanas que não são nem um pouco comparáveis com as nossas mais primitivas tecnologias como, por exemplo, foi o caso da mão, depois dos dedos, depois mais da “vara” que, como uma prolongação analógica e artificial das mãos e dos dedos, alcançou os frutos mais doces, no topo das árvores? Mas, sem muitos devaneios, o fato é que as tecnologias constituem-se nestes artefatos, concretos ou abstratos, analógicos ou digitais, que estão por aí e que nos acompanham, dia a dia, facilitando a nossa vida, o nosso trabalho, as nossas atividades; seja na forma de objetos materiais, do

tipo analógico (lápiz, caderno, quadro, giz, cadeira, classe, etc.) seja na forma de objetos imateriais, do tipo digital (*software*, internet, plataformas digitais, etc.), ou seja, podemos elencar um rol desses recursos, os quais quando intencionalmente e planejadamente utilizados transformam-se em tecnologias educacionais, tecnologias potencializadoras e facilitadoras dos processos de ensino-aprendizagem. Assim, sem delongas, vamos logo a uma definição bem geral para o termo. Tecnologia: “*conjunto de conhecimentos e princípios científicos que se aplicam ao planejamento, à construção e à utilização de um equipamento em um determinado tipo de atividade*” (KENSKI, 2012, p. 18). Portanto, compreendemos a tecnologia como um produto da ciência, sempre em processo, constituído na forma de instrumentos, ferramentas, recursos, técnicas, métodos empregados na execução de atividades. Outros termos derivativos como, Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) e Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) são também frequentemente empregados para falar do uso das tecnologias (analógicas ou digitais) na produção, tratamento e transmissão de informações, sempre com o intuito de auxiliar na comunicação. Caberia fazermos outra distinção, mas essa é uma discussão para outro momento: o fato é que nem sempre informação é conhecimento. Nem sempre a informação vira conhecimento. Por ora, aceitamos que, para haver conhecimento é preciso que a informação seja processada por nossas cabeças e através de representações mentais, modelos mentais, modelos conceituais que com a sua ajuda desenvolvemos, construímos e reelaboramos as nossas ideias, concepções, a partir das teorias que também estudamos, pesquisamos, desenvolvemos (MOREIRA, 2005).

Justamente, um dos desafios para o Ensino de Ciências na atualidade diz respeito à incorporação de conhecimentos contemporâneos em Ciências e Tecnologia (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2018, p. 28). Conforme defendem alguns renomados educadores, espera-se que o ensino de ciências escolar deixe de ficar refém do livro didático e promova o uso de outros materiais didáticos mais contemporâneos, materiais paradidáticos e principalmente o uso dos materiais digitais de modo a enriquecer a formação cultural dos alunos e dos professores. Espera-se, pois, que Ciência e Tecnologia sejam compreendidas como um fenômeno cultural, desenvolvido ao longo do tempo, como efeito de um longo processo de produção de conhecimento humano, socio-historicamente determinado, não neutro, que é ainda pouco acessível à população escolar e que precisa ser conhecido e apropriado de modo a evitar compreensões acríicas e ingênuas. Esses são apenas alguns dos desafios para o Ensino de Ciências segundo alertam os educadores ao trazerem fundamentos e métodos para o Ensino Fundamental:

Particularmente nos últimos cinco anos, tem-se acompanhado a produção de materiais didáticos que, de uma forma ou de outra, contemplam o conhecimento mais recente. Trata-se de um conjunto minoritário de livros didáticos e principalmente paradidáticos, além da oferta de materiais digitais em páginas na rede web [...] que já vem sendo utilizado, embora por uma minoria de professores. (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2018, p. 28, grifo nosso).

Em um estudo recente, educadores em astronomia (DUTRA; VERNIER, 2019) chamaram a atenção para as potencialidades das tecnologias digitais no Ensino de Astronomia, apontando para alguns trabalhos desenvolvidos na educação básica com o uso do software *Stellarium* (<http://stellarium.org/>), um planetário virtual capaz de representar e simular o comportamento dos objetos celestes de forma bastante precisa, o qual é acessado gratuitamente pela internet, porém, com tecnologia móvel paga. Perceberam a existência de poucos trabalhos envolvendo o Ensino de Astronomia e o uso de dispositivos móveis, algo que é mais frequente em outras áreas como na química e na matemática, por exemplo, acentuado principalmente pelo crescente uso de *smartphones* e *tablets* entre os usuários. Assim, os pesquisadores realizaram um levantamento sobre os principais aplicativos de tecnologia móvel, entre gratuitos e pagos, disponíveis na loja virtual *Google Play*, que oferecessem dados sobre coordenadas horizontais (altura e azimute) e gráficos solares, aplicativos que fossem potencializadores das aprendizagens sobre o movimento diário do Sol. Foram considerados 7 aplicativos gratuitos que após testados e comparados com os dados fornecidos pelo modelo científico da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), foram indicados como tecnologias digitais seguras e precisas para serem utilizadas na Escola. Assim, com auxílio dos dados fornecidos por esses aplicativos, os pesquisadores sugerem o desenvolvimento de atividades escolares envolvendo a construção de gráficos. Como exemplo de aplicação, utilizaram os dados para a cidade de Uruguai/RS. Por fim, os pesquisadores consideram ser de bastante dificuldade a realização de atividades envolvendo a observações diurnas do movimento diário do Sol visto que muitas escolas não possuem tempo integral para isso, assim consideram importante a utilização de recursos educacionais abertos para auxiliar em atividades escolares que envolvam experimentação e o uso de celulares.

Mesmo que existam alguns poucos estudos envolvendo o uso de REAs no Ensino de Astronomia, parece-nos que haverá uma maior participação dos professores do Fundamental na utilização e exploração desses materiais didáticos mais contemporâneos apenas quando esses profissionais se dispuserem a superar alguns dos principais receios no uso das TDICs no ambiente escolar. Assim, é necessário se desafiar a reutilizar e a compartilhar recursos

educacionais digitais, permitindo-se também o erro, à incerteza, à dúvida, já que o importante é interagir, é colocar a “mão na massa”, pois, como ocorre nas muitas situações da nossa vida com o mundo digital percebemos que a aprendizagem só se efetiva, de fato, depois de um tempo de prática.

Usuários e alguns receios no uso das TDICs

Já no início deste século notou-se em torno das tecnologias grupos distintos de usuários. Surgiu a teoria do “*imigrante digital*” e do “*nativo digital*” (PRENSKY, 2001) para falar das distintas características e formas de relacionamento entre as pessoas e as TDICs. Imigrante digital foi o termo utilizado, inicialmente, para falar daqueles usuários nascidos até 1980, que apesar de mais velhos e de acompanharem a evolução das tecnologias analógicas para digitais, apresentavam uma maior resistência ao digital. Nativo digital, foi o termo utilizado para falar daqueles nascidos após 1980, predominantemente mais jovens que, encontravam-se desde o berço rodeados pelas tecnologias digitais, nasceram na era do digital, portanto, usuários mais flexíveis e acostumados ao digital.

Entretanto, após passada uma década, essa teoria teve de ser reelaborada, pois, percebeu-se (PRENSKY, 2012) que a alegação da cronologia não se sustentava mais, ou seja, a data de nascimento não tinha mais muito sentido, já que era possível encontrar alguns contraexemplos de usuários mais jovens, nativos digitais, sem acesso às tecnologias digitais e, do mesmo modo, mais velhos, imigrantes digitais, que deliberadamente foram fundamentais para a evolução das tecnologias, nos últimos tempos. Assim, uma das principais explicações encontradas foi a questão da desigualdade sociodigital (pois, quando observamos mais de perto a realidade, concluímos que as tecnologias ainda não são para todos, ainda não se democratizaram como deveriam: vejamos, por exemplo, o alto custo de um computador ou celular, medianos). Esta nova percepção levou a uma evolução na teoria dos usuários, pois, realmente, a distinção não se sustentava mais apenas na cronologia, mas sim, de um lado, na questão da desigualdade sociodigital e, de outro lado, na questão do saber digital: das habilidades humanas em utilizar e empregar as TDICs em atividades. A questão do saber digital explicava assim o motivo de existirem pessoas mais velhas, imigrantes digitais, com características de nativos, que mesmo nascidos antes da década de 80 contribuíram deliberadamente para a construção das tecnologias digitais. Para estes usuários foi atribuído o termo “*colonizador digital*” (PALFREY; JOHN; GASSER, 2011) designando aquelas pessoas nascidas na era analógica, antes de 1980, portanto, mais velhas, mas que cresceram com o mundo digital, desenvolveram o seu próprio saber digital, contribuindo para a evolução das tecnologias digitais, como foram os casos de, por exemplo, Bill Gates, com a *Microsoft*, Steve Jobs, com a

Apple, Richard Stallman, com o movimento do *software* livre, Linus Torvalds, com o *Linux* e, podemos citar ainda, o caso de Markus Hohenwarter com o GeoGebra, conforme veremos no decorrer desse texto.

O interessante é que essa teoria dos usuários (PRENSKY, 2001) também fundamentou pesquisas no Brasil, como foi o caso do estudo de Tori (2010) que concordou que o cérebro dos nativos digitais difere do cérebro dos imigrantes digitais. A forma dos usuários mais jovens aprenderem é diferente. Enquanto os nativos digitais curtem jogos, gostam de multitarefas, precisam de motivação e recompensa, preferem trabalhar em rede, preferem atividades não-lineares, os imigrantes digitais, por outro lado, possuem hábitos distintos, eles carregam os seus próprios “*sotaques*”, característicos da linguagem dos imigrantes, às vezes em desacordo com a cultura digital como, por exemplo: ao fazerem uso primário de fontes de informação do tipo analógicas, ao fazerem leituras de manuais de instruções sobre produtos, ao realizarem impressões de documentos para leituras. De acordo com Tori (2010, p. 218) os desafios do imigrante digital, principalmente dos professores enquadrados nesta categoria, residem na superação dos seus sotaques e no ir das antigas tecnologias em direção das novas tecnologias.

Recentemente, em um seminário de pesquisa de uma componente curricular sobre TDICs no Ensino de Ciências, com estudantes de pós-graduação em educação em ciências, quando perguntado pelo docente sobre a percepção dos pós-graduandos sobre quais eram as maiores dificuldades ou os principais receios dos professores com relação ao uso das TDICs no ambiente escolar, surgiram as seguintes percepções¹³:

- a) A falta de domínio sobre os recursos ou ferramentas tecnológicas;
- b) Os erros apresentados pelas tecnologias durante o desenvolvimento das atividades de ensino-aprendizagem;
- c) A exigência da mudança do método de ensino;
- d) A existência de alunos que dominam as tecnologias, mais do que o professor;
- e) As dificuldades com a multiplicidade de ferramentas que exigem aprendizado e domínio;
- f) A desigualdade sociodigital;
- g) A falta de tempo para pesquisa e apropriação;
- h) O desinteresse pessoal;
- i) A falta de infraestrutura nas escolas;
- j) A falta de suporte técnico nas escolas;
- k) A precariedade dos materiais informatizados fornecidos pela escola;
- l) A carência de formação e capacitação com as tecnologias.

13 Percepções sistematizadas a partir do padlet: <https://padlet.com/michelmachado/fkegnqz38jorxg3>

A fala dos pesquisadores, estudantes de pós-graduação, alguns deles também professores, demonstram a existência de uma série de dificuldades ou receios que acabam muitas vezes por limitar o uso das TDICs no ambiente escolar, problemas que segundo apontam os pós-graduandos precisam ser enfrentados e superados. Dessas percepções, podemos concluir que às dificuldades e os receios podem estar relacionados, de modo geral, a muitos aspectos, entre eles: às necessidades tecnológicas dos usuários; às insuficientes habilidades e competências com a linguagem digital, com o desenvolvimento do saber digital; à falta de formação; à falta de infraestrutura tecnológica das escolas; à desigualdade sociodigital e; à resistência dos usuários ao digital. Estas, parece-nos, são algumas percepções importantes sobre as barreiras que precisamos ultrapassar se quisermos incorporar ciência e tecnologia no ambiente escolar. Percepções que demonstram ainda, a necessidade de maiores investimentos em políticas públicas de acesso, de modo a ampliar e a garantir o alcance a todos os usuários às tecnologias: principalmente às TDICs.

Recurso Educacional Aberto (REA): Uma amostra entre professores brasileiros e estadunidenses

A noção de REA é recente, ela foi apresentada pela primeira vez no fórum da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) em 2012, para falar de “*software didático aberto*” (UNESCO, 2012, p. 1), ou seja, para indicar:

[...] os materiais de ensino, aprendizagem e investigação em quaisquer suportes, digitais ou outros, que se situem no domínio público ou que tenham sido divulgados sob licença aberta que permite acesso, uso, adaptação e redistribuição gratuitos por terceiros, mediante nenhuma restrição ou poucas restrições.

Assim, os REAs caracterizam-se como quaisquer materiais ou recursos digitais destinados ao tripé ensino-aprendizagem-pesquisa, no formato de software didático livre, público, gratuito, aberto, acessado livremente pela internet, podendo ser utilizado, reutilizado, alterado, compartilhado por qualquer pessoa, principalmente pelos alunos e professores (ZANGALI; MENDES, 2020).

Uma contribuição importante é a de um estudo exploratório recente (ZANGALI; MENDES, 2020) realizado com 52 professores brasileiros e 10 estadunidenses, todos docentes do Ensino Fundamental, identificando distintas concepções sobre REAs e suas utilizações e compartilhamentos em atividades escolares. O estudo também aborda e compara algumas pesquisas educacionais estadunidenses e brasileiras, identificando usos distintos entre os professores.

De acordo com esses pesquisadores, os REAs podem ser entendidos como quaisquer *softwares* públicos que possam ser modificados, alterados, colaborativamente, por qualquer pessoa, mas ainda são pouco conhecidos pelos professores do Fundamental. O estudo considera ainda que, a utilização de REAs além de otimizar o tempo de aula pode ainda facilitar o ensino-aprendizagem: através de atividades em que, em um primeiro momento, os alunos se apropriariam desses recursos e, depois, em um segundo momento, realizariam debates para avaliar as suas aprendizagens com eles.

REAs em pesquisas educacionais estadunidenses

O estudo (ZANGALI; MENDES, 2020, p. 3) apresenta uma visão sobre REAs a partir de três pesquisas educacionais estadunidenses. A primeira pesquisa é de uma capacitação com REA realizada em 2015, com a participação de 95 escolas de Washington, denominada “#GoOpen”, contando com a participação de quase 12.000 estudantes do Ensino Fundamental, porém, com baixa aderência docente devido às críticas sobre a qualidade do material. Durante 3 anos a pesquisa avaliou a aprendizagem dos alunos que utilizavam apenas REAs e, daqueles alunos que utilizavam apenas livros didáticos e a conclusão foi a de que um mesmo aprendizado foi obtido, não havendo diferença significativa. Assim, concluíram que os REAs podem substituir os livros didáticos. Os pesquisadores chegaram a esta conclusão depois de 8 anos de pesquisa, a partir de 16 estudos sobre REAs, concluindo que os REAs têm algumas vantagens se comparado ao livro didático como, por exemplo: o baixo custo para os alunos e, principalmente, a capacidade de facilitar o aprendizado visto que requer um trabalho colaborativo, oportunizando um olhar crítico sobre os saberes.

A segunda pesquisa estadunidense (ZANGALI; MENDES, 2020, p. 4) defendeu uma pedagogia mais aberta, descentralizada, em que alunos e professores, de modo colaborativo, constroem e desconstroem, com autonomia e autodireção, os REAs empregados nas atividades. Para isso, as relações educacionais requerem grupos de trabalho autônomos, descentralizados, em equipe e colaborativos.

A terceira pesquisa (ZANGALI; MENDES, 2020, p. 4) analisou o uso dos REAs no ensino superior, em 1.400 IES, com a participação de quase 22.000 alunos. Os pesquisadores concluíram que o uso dos REAs melhorou tanto a qualidade educacional quanto a acessibilidade, contribuindo para uma possível queda na evasão devido ao aumento de estudantes concluintes dos cursos. Assim, os educadores concluíram que o uso de REAs é uma estratégia importante para a equidade, pois oportunizam aos alunos de baixa renda acesso a cursos e materiais de qualidade, de forma gratuita.

REAs em pesquisas educacionais brasileiras

No Brasil, o estudo sobre REAs é bem recente, o primeiro passo ocorreu em 2008 quando da visita da Delegação Internacional de REAs ao Ministério da Educação (MEC) (ZANGALI; MENDES, 2020, p. 4), que a partir daí começou a pensar em políticas públicas de acesso à população brasileira, fundamentado na ideia de bem comum e para promover o acesso, o uso e o reuso desses recursos abertos, os quais foram vistos como tecnologias sociais capazes de promover o desenvolvimento sustentável do país.

Conforme os pesquisadores (ZANGALI; MENDES, 2020, p. 5) nesse mesmo ano de 2008 fundou-se a REA-Brasil, por Carolina Rossini, a qual visava adequar as ideias do movimento internacional à matriz local. Um pouco tempo depois, em 2012, houve a participação de brasileiros no 1.º Congresso Mundial de REAs, momento em que se publicou a Declaração REA de Paris, sintetizada na ideia dos 4Rs: reutilizar, revisar, remixar e redistribuir, uma forma de resumir e falar das ações e das liberdades de utilização dos REAs:

REUTILIZAR: liberdade de utilizar o material em sua forma original ou modificada; REVISAR: liberdade de adaptar, ajustar, modificar, atualizar, traduzir ou alterar; REMIXAR: liberdade de combinar o material original ou revisado com outro para criar algo (novo); e REDISTRIBUIR: liberdade de compartilhar cópias do conteúdo original, das revisões ou do 'remix'. (ZANGALI; MENDES, 2020, p. 5).

Dentre os 4Rs, a reutilização e o compartilhamento têm sido considerados as maiores dificuldades enfrentadas pelos educadores durante o uso das TDICs, assim como a falta de investimento em projetos, haja vista a ausência de políticas públicas de fomento (ZANGALI; MENDES, 2020, p. 5).

O estudo exploratório, através de aplicação de questionários, identificou que 61,5% dos professores brasileiros consultados conheciam REAs, praticamente o mesmo percentual encontrado entre os professores estadunidenses, 60%. Identificou também que os professores brasileiros tinham um maior hábito de compartilhar REAs do que os estadunidenses. Identificou ainda, um baixo percentual de reutilização entre os professores, de ambos os países, de cerca de 40%. Por fim, identificou que as maiores necessidades dos professores brasileiros eram por atividades já desenvolvidas e prontas para impressão, visto a sua carga horária excessiva, o grande número de turmas e a falta de tempo para realizarem pesquisas. Enquanto a necessidade dos professores estadunidenses era outra, eles estavam mais atrás de propostas de formação complementar, as quais buscavam em livros ou em leituras na *web*.

O estudo constatou (ZANGALI; MENDES, 2020, p. 10) que os professores brasileiros enfrentam condições precárias para usar REAs. Apesar

disso, gostariam de utilizar esses recursos mesmo sem saber como, pois, percebem que ainda precisam desenvolver as suas habilidades com o saber digital, com as TDICs, embora isso também seja um reflexo da carência de políticas educacionais. Considerou ainda que os professores estadunidenses indicam o uso especialmente para sua formação continuada. Assim, embora a amostragem seja insuficiente para afirmar estatisticamente algo sobre a população em torno dos REAs, os pesquisadores concordam que o estudo traz dados importantes sobre as lacunas (ZANGALI; MENDES, 2020, p. 11) de utilização como, por exemplo, à falta de implementação de planos de aula com REAs baseados nos 4Rs; o debate em torno da lei dos direitos autorais e; o incentivo aos valores de solidariedade, colaboração e compartilhamento. Além disso, os pesquisadores sustentam que os REAs democratizam o saber, pois além de incentivar a inclusão social através de plataformas *on-line* ou de *softwares* livres, também incentivam o trabalho colaborativo, através de uma aprendizagem social, a qual permite que professores de outros lugares geográficos possam ser aproximados de modo virtual.

Visando contribuir com o preenchimento de algumas dessas lacunas do uso de REAs, entre os professores, especificamente relativo à carência de planos de aula com REAs baseados nos 4Rs, conforme apontaram os pesquisadores (ZANGALI; MENDES, 2020,), nossa proposta neste texto será justamente propor uma sugestão de plano de aula com atividades voltadas a temática do movimento diário do Sol com auxílio do modelo no GeoGebra, através de simulações e previsões sobre esse movimento, para qualquer localidade do mundo, de modo bastante aproximado. Ressalta-se que essa temática envolve um dos mais antigos fenômenos naturais já estudados pela humanidade (HOGBEN, 1970), portanto, de grande importância cultural e social. Entretanto, parece-nos que o saber em torno da temática do movimento diário do Sol é ainda pouco explorado no Ensino Fundamental, e este é um desafio que nos parece possa ser enfrentado através dessas interações com REAs, com *software didático aberto*: um potencializador das atividades escolares de ensino-aprendizagem-pesquisa, com o diferencial de poder ser reutilizado, revisado, remixado, redistribuído, através da *web* de forma pública, gratuita, aberta, democratizada, através de um link de internet, através do computador ou de dispositivos móveis¹⁴.

14 A partir de 2014, com os estudos de David Wiley (MALLMANN, 2019, p. 125), chamou-se a atenção para uma quinta categoria nas ações e liberdades de uso de REAs pelos usuários, a possibilidade de RETER ou "retain". O 5.ºR considera a possibilidade de os usuários reterem para si uma cópia dos recursos educacionais abertos, de modo livre, gratuito, através de um processo de duplicação do material ou de download do material, o qual pode também ser compartilhado, porém, sem desconsiderar os autores e co-autores originais de permanecerem com seus nomes ligados ao recurso, à obra, como seus primeiros idealizadores.

GeoGebra: uma mistura de Geometria com álgebra

O que é GeoGebra? Essa foi a primeira pergunta que Markus Hohenwarter, ao lado de sua colaboradora Judith Preiner, buscaram responder no artigo “*Dynamic Mathematics with GeoGebra*”, em março de 2007, na revista eletrônica “*The Journal of Online Mathematics and Its Applications*” (HOHENWARTER; PREINER, 2007), na mesma época em que o *software* já era promovido de forma gratuita pelo Ministério da Educação Austríaco em suas escolas e universidades; um ano após ter chegado nos E.U.A., em julho de 2006, na Universidade Atlântica da Flórida, onde passou também a ser desenvolvido.

Segundo o informata e matemático austríaco, Markus Hohenwarter, o GeoGebra originou-se, inicialmente, entre os anos de 2001 e 2002 como parte da sua dissertação de mestrado em educação matemática e ciências da computação na Universidade de Salzburg na Áustria, ampliado posteriormente com o auxílio de uma bolsa de estudos de doutoramento pela Academia Austríaca de Ciências. Comentou ainda que neste meio tempo, entre o mestrado e o doutorado, o recurso educacional aberto ganhou vários prêmios internacionais sendo traduzido por instrutores e professores de matemática para 25 idiomas.

GeoGebra é um Software de Matemática Dinâmica (DMS) para o ensino e aprendizagem de matemática [...] É tão fácil de usar quanto o Software de Geometria Dinâmica (DGS), mas também fornece recursos básicos de Sistemas de Álgebra Computacional (CAS) para preencher algumas lacunas entre geometria, álgebra e cálculo. (HOHENWARTER; PREINER, 2007, p. 1).

O GeoGebra é, portanto, um *software* didático digital, um modelo didático digital que mistura geometria interativa e álgebra computacional em uma interface integrada e fácil de usar. Foi inicialmente desenvolvido para facilitar o ensino-aprendizagem de matemática, mas atualmente tem sido utilizado por muitos profissionais, entre eles professores de matemática, engenheiros, informatas, educadores em ciências, estudantes em geral. É um software livre e de código aberto sob licença GNU (General Public License) cujo objetivo é assegurar a sua liberdade de compartilhamento e alteração em todas as suas versões de forma gratuita, a todos os seus usuários, disponível em: www.geogebra.org.

Três anos depois, em 2010, Markus Hohenwarter já então professor de Educação Matemática na Universidade austríaca de Johannes Kepler de Linz, em parceria com Zsolt Lavicza, professor da Faculdade de Educação da Universidade de Cambridge (UK) publicaram outro artigo: “*GeoGebra, its community and future*” (HOHENWARTER; LAVICZA, 2010) para falar da gigantesca popularização que o *software* atingiu no ensino-aprendizagem de matemática, tendo agora dobrado o seu número de traduções (52 línguas) e utilizações (190 países), com cerca de 300.000 usuários mensais.

Tamanho dimensão global e crescimento fez nascer o Instituto Internacional GeoGebra (IGI), no final de 2007, de modo a servir como uma organização sem fins lucrativos e de apoio a todos os seus usuários e membros da comunidade, grande parte dela composta de professores de matemática. Os quatro principais objetivos do IGI, conforme os autores, são: 1) *Oferecer formação e apoio ao professor*; 2) *Desenvolver materiais didáticos e de software*; 3) *Conduzir pesquisas*; 4) *Divulgar para comunidades menos favorecidas*. (HOHENWARTER; LAVICZA, 2010, p. 3). O IGI é o Instituto Internacional a partir de onde se ramificam outros Institutos GeoGebra Locais (GI), os quais são criados e organizados por docentes de Universidades e outras Instituições envolvidas com a formação de professores, em diferentes países, pesquisadores que concordam com os objetivos do IGI, mas têm a sua própria organização baseada na realidade local. Nesta publicação de 2010 os autores trazem novos dados: “*Atualmente, existem 42 Institutos GeoGebra locais em 32 países [...] e todos eles estão fazendo um trabalho valioso e diversificado para a comunidade GeoGebra*” (HOHENWARTER; LAVICZA, 2010, p. 3).

Recentemente, entre os dias 11 e 12 de junho de 2021, ocorreu o “IX *Día Geogebra Iberoamericano e IV Día GeoGebra Argentina*” organizado pelo Instituto GeoGebra La Plata (AR), que criou um espaço para troca de experiências entre usuários e membros da comunidade a respeito do uso do GeoGebra na Educação Matemática. Devido à pandemia, o evento agendado para ocorrer em 2020, aconteceu com um semestre de atraso e de modo *on-line* com transmissão via *YouTube* (IG LA PLATA, 2021). O evento contou com a participação de Institutos GeoGebra da América Latina e com a participação especial de Markus Hohenwarter e sua colaboradora Julia Wolfinger com a conferência: “*GeoGebra – the present and the future*”. Na ocasião, o criador do GeoGebra comentou que, devido à Pandemia da covid-19, nos últimos anos foram criados vários recursos para auxiliar no ensino a distância, recursos gratuitos e de código aberto para facilitar o uso da comunidade. Assim, na página do *software* existem vários recursos para auxiliar no ensino-aprendizagem de matemática, com atividades para toda a educação básica e até para o ensino superior¹⁵. Atividades que podem ser traduzidas para qualquer língua.

Segundo os conferencistas, recentemente em 2020 foi criado o *GeoGebra Classroom*¹⁶ que permite ao professor a criação de uma sala de aula virtual para acompanhar as atividades realizadas por cada aluno em tempo real, podendo ser compartilhada com outro professor para uma aula em conjunto. Recurso que ainda dispõe de uma mesa digital para ser usada pelo professor, que precisará criar uma conta no GeoGebra. Já os alunos não precisam se cadastrar para acompanhar

15 <https://www.geogebra.org/m/vmdgd7nc>








16 <https://www.geogebra.org/m/ckwrg8he>

a aula, porém caso queiram se cadastrar, poderão ainda gravar as atividades realizadas em aula em seus perfis, podendo retomá-la quando necessário.

Até o momento o GeoGebra facilita muito a comunicação entre professores e estudantes, porém não existe um recurso para a comunicação entre os próprios estudantes. Assim, segundo os conferencistas, está sendo desenvolvido uma plataforma para realização de trabalhos em grupo, que deve ser disponibilizada aos usuários durante o segundo semestre de 2021. Uma ferramenta é um editor para escrever equações e a outra é um sistema de *chat* para que os estudantes possam trocar mensagens dentro do *Classroom*; além disso, está sendo desenvolvida uma plataforma multiusuária onde vários estudantes podem interagir em tempo real para realizar uma mesma atividade.

De modo a solucionar um problema recorrente no *GeoGebra Classic* que, embora funcione muito bem no *Windows*, *Linux* e na *Web*, não podia ser usado em telas pequenas como em celulares, então nos últimos anos foram sendo desenvolvidas interfaces que agora podem ser utilizadas em *smartphones*. No momento (quadro 1) são disponibilizados os aplicativos: calculadora gráfica, calculadora 3D, geometria e calculadora simbólica (CAS), no futuro serão disponibilizados todos os aplicativos da *suíte* do *GeoGebra Classic*. Portanto, trata-se do próprio *GeoGebra Classic* desmembrado em vários aplicativos.

Quadro 1 – Suíte de aplicativos GeoGebra e suas funcionalidades¹⁷

apps/features	 Scientific	 Graphing	 Geometry	 3D	 CAS	 Suite	 Classic
Numeric calculations	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Function operations	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Fraction operations	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Graphing		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sliders		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Vectors & matrices		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Table of values		✓		✓	✓	✓	✓
Geometric constructions			✓	✓	✓	✓	✓
3D graphing					✓	✓	✓
Probability Calculator					✓	✓	✓
Derivatives & integrals				✓	✓	✓	✓
Equation solving				✓	✓	✓	✓
Symbolic calculations				✓	✓	✓	✓
Spreadsheet							✓

Conforme o criador do *software* livre, existem vários países que estão substituindo as calculadoras pelos aplicativos do GeoGebra durante a aplicação de exames. Por exemplo, em Nova York estão utilizando a calculadora gráfica para os exames do ensino médio e na Alemanha estão usando a calculadora simbólica (CAS). Para tanto, o dispositivo dispõe do modo exame, o qual, ao ser selecionado permite apenas que se utilize o GeoGebra e não se possa acessar a internet de nenhuma forma. Para se *logar* não precisa exatamente de uma conta GeoGebra, é possível com uma conta da *Microsoft*, *Google*, entre outras. Está sendo desenvolvida uma forma de integrar o GeoGebra ao *Microsoft Teams* e ao *Moodle*.

Durante a conferência, representando o Instituto GeoGebra de Andaluzia na Espanha enquanto convidado especial, o diretor Agustín C. A. Torres, em resposta aos participantes, comentou que o IGI decidiu há alguns anos não criar novos IGs para evitar o que acontece com vários Institutos pelo mundo, os quais embora cadastrados deixaram de criar atividades durante anos. Assim, os membros ou grupos de professores que desejam participar de algum IG deve criar seu próprio grupo ou polo (como acontece atualmente na Argentina) e se filiar a algum Instituto já existente.

No Brasil, os principais Institutos GeoGebra Locais (IG) são os Instituto GeoGebra de São Paulo, ligado à PUC-SP; o Instituto GeoGebra do Rio de Janeiro, ligado à Universidade Federal Fluminense; o Instituto GeoGebra de Minas Gerais, ligado à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri e, aparentemente em desenvolvimento, o Instituto GeoGebra de Goiás, ainda sem publicações disponibilizadas na sua página GeoGebra. É possível encontrar na página do *software* diversas informações, tutoriais, fóruns e manuais, além de *links* com as páginas dos IGs que compõem a Rede dos Institutos GeoGebra pelo mundo, atualmente, com 62 Institutos cadastrados¹⁸.

Dos modelos científicos aos modelos didáticos: Uma transposição de mediação entre o conceitual e o figurativo

Conforme os renomados pesquisadores (DELIZOICOV; ANGOTTI; PER-NAMBUCO, 2018) já chamaram a atenção, a dinâmica da produção científica, em que o conhecimento científico tem papel de destaque, não deve ser vista como um produto acabado, descontextualizado, mas ao contrário deve ser entendida como fruto de um processo, sócio-historicamente determinado, não neutro, que se desenvolve através de modelos e teorias que tentam explicar o funcionamento da realidade por trás dos fenômenos. Tais modelos e teorias são produtos da ciência, sempre em processo, os quais apesar de auxiliarem os cientistas no conhecimento da realidade, estão sempre sujeitos a transformações.

18 <https://www.geogebra.org/institutes>

Mas, afinal, o que é um modelo? Qual a relação existente entre um modelo científico e um modelo didático? Essas são algumas perguntas de um cenário mais amplo e complexo que buscamos responder, em parte, em nossas pesquisas envolvendo modelos e transposição didática, de modo a realizarmos uma aproximação entre a ciência (SILVA; CATELLI, 2019) e o ensino de ciências (SILVA; CATELLI, 2020). Assim, estabelecemos alguns traços desse polissêmico e historicamente determinado, repleto de nuances sociais, culturais e científicas, que tem o conceito de modelo.

Entendemos que a noção de modelo científico enquanto um objeto socialmente construído é algo bastante recente. Antes de se tornar um conceito epistemológico, a palavra modelo esteve bastante ligada a uma medida arbitrária, utilizada pelos artesãos para descrever as dimensões de uma obra arquitetônica (SILVA; CATELLI, 2019, p. 2). Assim, inicialmente, antes de adentrar no debate científico, o conceito de modelo esteve ligado às artes, às técnicas, às arquiteturas. Um trabalho interessante sobre a noção de modelo na antiguidade, principalmente nas arquiteturas, pode ser encontrado em (ROZESTRATEN, 2003).

Recentemente apresentamos alguns aspectos sobre a noção de modelo na ciência, desde sua entrada na investigação epistemológica (1860) até chegar na sua concepção mais contemporânea (1980) (SILVA; CATELLI, 2019). Ocasão em que percebemos alguns traços da evolução histórica e epistemológica do conceito de modelo. Um objeto do saber científico que emprestará parte da sua estrutura e de sua linguagem para a construção do que depois mais tarde, através de um processo de transposição didática, será denominado: modelo didático, um objeto adaptado ao ensino de ciências [5].

Recordemos que o conceito de modelo adentra o debate científico apenas ao final do século XIX, quando estava ligado a uma noção de modelo mecânico e das analogias em física (1860), objeto que, por exemplo, era utilizado pelo físico austríaco Ludwig Edward Boltzmann (1844-1906) em seus experimentos (SILVA; CATELLI, 2019, p. 2). Noção que ele utilizava para relacionar ao mesmo tempo, um objeto material, concreto, tangível e um objeto imaterial, mental, intangível. Ou melhor, os modelos mecânicos eram objetos em formato de maquetes de madeira, protótipos, que também eram associados a equações matemáticas e auxiliavam na construção das teorias em física. Noção de modelo utilizada por Boltzmann que esteve bastante ligada à analogia substancial, isto é, às relações de semelhança entre o pensamento humano e os objetos reais, físicos, concretos, os quais nós utilizamos para representá-lo, “[...] *mas sem implicar numa completa semelhança entre coisa e pensamento; pois naturalmente não sabemos quase nada sobre a semelhança entre nossas ideias e as coisas às quais nós as ligamos*” (ARMATTE, 2005, p. 94). Assim, além de uma semelhança limitada, com algo que possui uma existência real, física, concreta, Boltzmann não ignorava que os modelos também eram resultados de representações mentais

(GOLDFARB, 2019) possuindo também uma semelhança formal, lógico-matemática, ligada a representações de objetos mais abstratos.

Posteriormente, a partir de 1920, as analogias do tipo substancial deram lugar às analogias do tipo formal, surgindo assim a noção de modelo da abordagem semântica em lógica matemática (SILVA; CATELLI, 2019, p. 3), momento em que a relação de semelhança entre os elementos modelados (coisas, fatos, fenômenos) deixaram o aspecto material e passaram a buscar o aspecto conceitual, intangível, abstrato, esotérico¹⁹. Uma noção de modelo que esteve intrinsecamente ligada à teoria geral dos conjuntos, à linguagem de primeira ordem da lógica matemática, uma linguagem logicizada e formalizada que permitia aos cientistas o conhecimento da realidade dos fenômenos. Esta noção de modelo contribuiu com o desenvolvimento de vários campos das matemáticas e das engenharias, perdurando até meados de 1970 quando perdeu espaço para o uso dos computadores nas simulações de sistemas complexos. Momento em que realidade deixa de ser analisada como um conjunto formal de elementos em interação e passa a ser analisada como um sistema, ou melhor, como um conjunto *complexo* de elementos em interação (LE MOIGNE, 1977).

Em seguida, a partir de 1950, com a pós-Segunda Guerra Mundial, surgem as noções de modelo matemático, objeto-modelo e modelo teórico (SILVA; CATELLI, 2019, p. 4), representações que contribuíram para o desenvolvimento de inúmeras áreas do conhecimento não-físico (medicina, psicologia, sociologia, entre outras), diferentes áreas científicas as quais passaram a fazer uso quase que exclusivo da estatística (uma linguagem matemática) para elaborar as suas teorias. A partir de então, os modelos matemáticos passaram a ser amplamente utilizados pelas áreas científicas, tecnológicas e industriais, as quais buscavam transformar uma linguagem habitual de uma situação real em formato de linguagem matemática. O uso de modelos matemáticos, portanto, foi uma forma que os pesquisadores de outras áreas encontraram para obterem maior precisão e clareza sobre os seus objetos de estudo, conforme afirmou o filósofo da ciência Mário Bunge (BUNGE, 1974) que em sua epistemologia dos modelos recorre aos conceitos de objeto-modelo e modelo-teórico, para designar os instrumentos e ferramentas conceituais utilizadas pelos cientistas na compreensão e explicação da realidade. Um objeto que serve de modelo, ou melhor, um objeto-modelo, meio concreto, meio abstrato, que através de simplificações e idealizações, com auxílio da intuição e da razão, permite ao cientista testar teorias ou construir novas teorias para explicar a realidade. Entretanto, segundo o filósofo da ciência, de nada serve um objeto-modelo se a ele não estiver relacionada uma teoria específica ou modelo-teórico que lhe permita dizer algo sobre os fatos. Assim, com base em uma teoria específica, o objeto-modelo adquire uma

19 Esotérico com "s", conforme a terminologia do educador em Ciências, Attico Chassot (CHASSOT, 2006), para designar um conhecimento mais fechado, dominado apenas por um grupo seletivo e oposto à exotérico com "x", um conhecimento mais aberto, desenvolvido para um grande grupo.

estrutura conceitual capaz de estabelecer relações hipotéticas e dedutivas sobre a realidade e, assim, gerar conhecimento válido sobre ela. Entretanto, conforme o filósofo da ciência, em algumas áreas em desenvolvimento em que há uma carência de teoria completa para afirmar algo sobre os fatos, como é o caso de algumas áreas das engenharias e da pesquisa operacional, os objetos-modelo e seus modelos-teóricos não mais se mantêm. Eles acabam cedendo espaço para o uso dos computadores nas simulações por *software*.

Assim, a partir de 1980, os objetos-modelo cedem espaço aos computadores nas simulações de sistemas complexos (SILVA; CATELLI, 2019, p. 6), quando passamos então a observar o incrível desempenho do *software* (modelo digital) nas simulações dos fenômenos, os quais agora passam a ter o seu comportamento imitado, reproduzido e antevisto, com maior velocidade e precisão. O modelo torna-se assim “[...] *um sistema [de informação] de substituição ao sistema real, do qual não se tem teoria completa, e que permite fazer experiências fictícias, para compreender o jogo complexo das suas interações*” (ARMATTE, 2005, p. 113). Assim, através do modelo digital é possível realizar múltiplos experimentos fictícios ou imitações, como, por exemplo, imitar o movimento diário do Sol para qualquer local da Terra, em qualquer dia do ano, um fenômeno que atualmente é mais elaboradamente pesquisado no Ensino Superior nos cursos de Arquiteturas e Engenharias (SILVA; CATELLI, 2021, p. 1). Uma temática que nos parece também possui vários desdobramentos práticos em Ciência, Tecnologia e Sociedade. Além disso, uma temática que engloba um saber designado como saber a ensinar (CHEVALLARD, 2005) pela literatura oficial brasileira, a ser trabalhado na escola no Ensino Fundamental, com a indicação de distintas habilidades e competências a serem desenvolvidas entre os anos, desde os anos iniciais até os anos finais (SILVA; CATELLI, 2021, p. 1-4).

Mas, afinal, o que é um modelo? Existe uma única definição para esse objeto? Incrivelmente, a resposta já foi dada, não existe! (SILVA; CATELLI, 2019, p. 7). Modelos? Desenhos, diagramas, ilustrações, maquetes, protótipos, ícones, símbolos, equações, software de computador, etc. entre outras formas de estruturas, concretas ou abstratas, analógicas ou digitais, constituem um rol de modelos ou objetos conceituais utilizados para auxiliar na representação e no conhecimento da realidade. Assim, de uma preocupação ontológica que buscava antes definir de modo universal o que é um modelo, passamos para uma preocupação funcional, visto que alguns cientistas perceberam que o importante mesmo é a empregabilidade do modelo, ou melhor, o seu valor está naquilo que ele faz e para aquilo que ele serve, mais do que dizer o que ele é. O modelo passa a ser visto, de um lado, como um instrumento intermediário entre as teorias e a realidade, um objeto capaz de testar teorias, de confirmar ou falsear uma teoria, ou ainda, um objeto capaz de auxiliar na construção de novas teorias. De outro lado, o modelo não deve ser confundido como a realidade, mas como uma simplificada idealização hipotética dos fenômenos. Independente da

estrutura que carregam os modelos são sempre objetos limitados, os quais conseguem representar apenas alguns aspectos da realidade. Assim, para a ciência, o importante não é tanto a estrutura do modelo em si, o seu formato material ou imaterial, concreto ou abstrato, tangível ou inteligível, mas sim a sua capacidade teórica ou conceitual que lhe acompanha. É a sua capacidade teórica ou conceitual que lhe permitirá dizer algo de verdadeiro sobre a realidade. Assim, o uso de figuras, imagens, desenhos, maquetes, no ambiente escolar precisa ser sempre visto com certo cuidado, pois muitas vezes essas representações didáticas podem levar a manutenção do senso comum e a falsas correlações com a realidade. Pegamos, por exemplo, os desenhos desatualizados dos livros didáticos de ciências e geografia usados no Ensino de Astronomia, no ensino dos pontos cardeais, por exemplo, que por muito tempo induziram(em) a falsas crenças, entre os alunos e até mesmo entre os professores, de que o Sol nasce sempre no Leste e se põe no Oeste (LANGHI; NARDI, 2007).

Objetos-modelo didáticos no Ensino de Astronomia

Fundamentados na epistemologia Bungeana dos modelos (BUNGE, 1974), demonstramos que o valor de um objeto-modelo científico não reside tanto na sua qualidade pedagógica, estética, figurativa, psicológica, didática, mas sim na sua capacidade teórica ou conceitual (SILVA; CATELLI, 2020), visto que, segundo o filósofo da ciência, Mario Bunge, são os conceitos interligados ao objeto-modelo que permitem ao cientista conhecer algo sobre a realidade. Porém, amparados em alguns fundamentos da didática da ciência (ADÚRIZ-BRAVO; MORALES, 2002.; GALAGOVSKY; ADÚRIZ-BRAVO, 2001) e na teoria da transposição didática (CHEVALLARD, 2005) percebemos que os objetos-modelo científicos (conceituais) possuem uma linguagem predominantemente abstrata, seguidamente lógico-matemática, acadêmica, esotérica, a qual é ligeiramente problemática para ser empregada diretamente no Ensino de Ciências, no Ensino Fundamental. Logo, todo objeto-modelo científico, enquanto um objeto do saber científico, antes de ser submetido ao Ensino de Ciências, deve passar pelo processo da transposição didática para ser transformado em um objeto do saber a ensinar. Assim, inicia-se um processo de revisão, de adaptação, de reelaboração da estrutura e da linguagem do objeto-modelo científico que se transformará em seguida em um objeto-modelo didático, em um objeto com uma nova estrutura e com uma nova linguagem, mais intuitiva, concreta, figurada, psicológica, exotérica, uma linguagem mais próxima daquela utilizada pelos alunos escolares. Os objetos-modelos didáticos podem ser compreendidos ainda como re-representações ou “*modelos de modelos*” (ADÚRIZ-BRAVO; MORALES, 2002), que através do processo da transposição didática têm a finalidade de diminuir o nível de abstração dos modelos científicos, reduzir o número de variáveis existentes e através

de analogias e de metáforas conectar o pensamento das crianças a situações mais cotidianas ou familiares. Portanto, o trabalho na transposição didática dos modelos científicos aos modelos didáticos é sempre um trabalho de reelaboração, de recontextualização, de tradução, de aproximação entre os saberes, entre os saberes da Ciência e do Ensino de Ciências, portanto, requerendo sempre uma mediação entre o conceitual e o figurativo, entre os conceitos, medidas e as representações mais familiares, mais próximas do cotidiano.

Do objeto-modelo mecânico concreto analógico didático (OMMCAD) ao modelo didático digital no GeoGebra

O caminho da elaboração e da construção do OMMCAD já foi trilhado (SILVA; CATELLI, 2020), nele trouxemos alguns aspectos de como ocorre esse trabalho de transposição didática *stricto sensu*²⁰, de como ocorre a transformação de um objeto-modelo científico conceitual em um objeto-modelo mecânico concreto analógico didático, ou melhor, um pouco desse processo que faz com que o saber da Ciência (Astronomia) seja adaptado ao Ensino de Ciências (Ensino de Astronomia) (SILVA; CATELLI, 2020, p. 8 -13). Agora, em um novo processo interno de produção do saber a ensinar, utilizando uma visão mais contemporânea do conceito de modelo, trabalhamos na transposição do OMMCAD para o formato de um modelo didático digital. Além disso, sugerimos algumas atividades para o Ensino de Astronomia que poderão ser desenvolvidas na escola, a partir do 5.º ano do Ensino Fundamental, conforme sugerido pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2018).

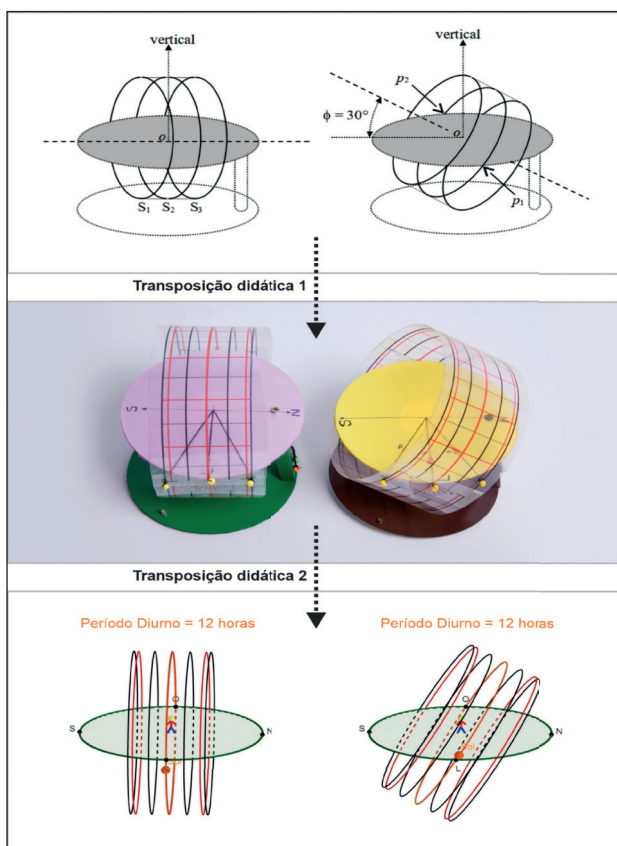
Os dados utilizados na construção inicial do modelo didático digital foram praticamente os mesmos dados da primeira versão analógica do modelo (SILVA; CATELLI; GIOVANNINI, 2010), naquela época contendo um caráter mais prático, com todas as medidas necessárias para sua confecção, elaboração e utilização, porém, ainda carente de uma reflexão epistemológica mais elaborada sobre o conceito de modelo, o que somente veio depois de um tempo de amadurecimento na pesquisa em Educação, com seus resultados recentemente publicados (SILVA; CATELLI, 2020). Porém, não iremos abordar aqui todos os passos desse processo de transposição didática, da transposição do modelo analógico para o modelo digital, do OMMCAD ao modelo no GeoGebra, vamos ilustrar apenas alguns passos, de modo a em seguida trazermos algumas propostas de atividades escolares em torno da temática do movimento diário do sol com base nos 4Rs, conforme combinamos anteriormente.

Assim, parte desse processo pode ser compreendido através de uma sucessão de modelos, de uma sucessão de adaptações e de mediações de estruturas e

20 "A transformação do conteúdo do saber preciso numa versão didática desse objeto do saber pode se denominar mais apropriadamente de "transposição didática *stricto sensu*" (CHEVALLARD, 2005, p. 46, tradução nossa).

de linguagens utilizadas para representar alguns conceitos astronômicos mais abstratos em um formato de representações mais intuitivas e figurativas. Do protótipo do modelo em 2D (desenhado no papel) para o modelo concreto em 3D (OMMCAD) e, depois, para o modelo didático digital no GeoGebra em 2D (na tela do computador ou dispositivo móvel), assim, fomos do analógico ao digital (figura 1). Ambos os modelos apresentam uma visão topocêntrica do movimento diário do Sol, a partir do qual uma pessoa na superfície da Terra (no plano do horizonte) observa o caminho do Sol no céu (na esfera celeste). Além disso, ambos os modelos podem ser manejados pelos alunos e professores, os quais podem a partir deles fazer inúmeras previsões sobre a realidade.

Figura 1 – Exemplificação de parte do processo que culminou no surgimento do objeto-modelo mecânico concreto analógico didático (transposição didática 1) e, depois, no modelo didático digital no GeoGebra (transposição didática 2). Do lado esquerdo da figura, os modelos aparecem regulados para a linha do equador (latitude $\Phi = 0^\circ$) e, do lado direito, para Porto Alegre (latitude $\Phi = 30^\circ$). Em ambas as transposições, consideramos a duração do dia nos equinócios. Representação ilustrativa e fora de escala



A construção do modelo didático digital no GeoGebra partiu da observação da estrutura e dos elementos conceituais do objeto-modelo mecânico concreto analógico didático (OMMCAD). Optamos por usar unicamente elementos geométricos, tais como retas, planos, cilindro e esfera; neste trabalho, a órbita da Terra em volta do Sol será tomada como perfeitamente circular, o que leva a uma velocidade orbital da Terra em torno do Sol constante. Desta forma, o plano do horizonte foi representado pela intersecção do plano $y = 0$ com uma esfera de raio igual a 6,2 cm; criamos uma reta r para o pólo elevado que forma com o plano do horizonte um ângulo igual à latitude local (positiva para o Hemisfério Norte e negativa para o Hemisfério Sul); as trajetórias solares nas diferentes épocas do ano são representadas pelas curvas c , as quais foram construídas na intersecção de planos ortogonais à reta r , com um cilindro de raio igual a 6,2 cm centrado na reta r . Por fim, para calcular a duração do dia criamos um arco de circunferência correspondente a parte da curva c que fica acima do plano do horizonte, limitada à faixa das trajetórias solares. Resumidamente, este foi o processo que seguimos. Porém, é possível acompanhar todo o passo-a-passo da construção do modelo digital analisando o seu protocolo de construção (disponível no mesmo link do modelo). Inclusive, é possível a partir desse protocolo, *remixar* com outro modelo, criando algo novo. Se pesquisarmos por recursos didáticos no *site* do GeoGebra utilizando as palavras-chave “Sol” ou “Sun”, no botão de pesquisa, encontraremos alguns outros modelos que também descrevem o movimento do Sol, mas não como nesta proposta. Parece-nos que mesmo sendo recursos educacionais abertos em potencial para o ensino-aprendizagem de Astronomia, são ainda carentes de atividades autoexplicativas e intuitivas, as quais com alguns raciocínios e manipulações (aperto de botões) permitem aos usuários progredirem nas suas interações com os objetos, testando conhecimentos anteriores e construindo novos conhecimentos; atividades que ainda oferecem um *feedback* ao usuário sobre o seu retrocesso (erro) ou seu avanço (acerto), ao responder o quiz “inicial” do conhecimento, inicial, pois poderá evoluir com o tempo.

Dados do teste do modelo didático digital no GeoGebra e sua “aproximação” com a “realidade”

Os dados para a medida do período diurno (tabela 1) gerados pelo modelo didático digital no GeoGebra são dados bastante aproximados da realidade, porém, ligeiramente distintos daqueles dados mais precisos, gerados pelo modelo da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). Assim, os dados do *software* GeoGebra estão fundamentados em horas solares

($1h \equiv 15^\circ$) e no dia solar (24 horas solares $\equiv 360^\circ$), portanto, são dados baseados em um tempo solar (médio), um tempo que toma como referência o Sol e está relacionado à rotação da Terra ao redor do seu eixo em 24 horas, considerando uma órbita circular “uniforme” ao redor do Sol (dados indicados nos gráficos solares) (BITTENCOURT, 2004, p. 81). Enquanto os dados do *software* da NOAA são dados bem mais precisos, são dados com base no tempo solar (verdadeiro), que possui uma variação anual máxima inferior a 16 minutos em relação ao tempo solar médio; um tempo verdadeiro, mais preciso, que para medi-lo considera-se, especialmente, a excentricidade da órbita terrestre e a inclinação do seu eixo de rotação no plano Sol-Terra; é um tempo que considera inúmeras variáveis, entre elas: o tempo legal, civil, oficial: o tempo medido pelos nossos relógios, definido para cada país com base em um tempo universal; medido levando sempre em consideração um fuso horário local; uma correção de longitude e; uma equação do tempo (BITTENCOURT, 2004, p. 82). Mas este é um assunto que estamos desenvolvendo em outro artigo. Por enquanto é importante percebermos o modelo didático digital no GeoGebra como uma representação simplificada e aproximada da realidade, um modelo de compreensão que nos auxilia a entender o funcionamento de alguns fenômenos naturais; um modelo também cheio de limitações, assim como todo e qualquer modelo didático. Ele não é um modelo de precisão, como é o modelo do NOAA, não devendo, portanto, ser confundido com um modelo científico que considera inúmeras outras variáveis para medir o tempo. Mesmo assim consideramos o modelo didático digital no GeoGebra como um simplificado simulador e tradutor de fenômenos naturais, oportunizando aos seus usuários descobrirem medidas muito aproximadas da realidade, em torno da temática do movimento diário do Sol, a partir de uma visão topocêntrica. Ressaltamos, por fim, que o grande valor para os usuários é de cunho didático, quer dizer, pode-se aprender muito sobre a temática do movimento diário e anual do Sol tal como percebido aqui da Terra. E, adicionalmente, as medidas que podem ser efetuadas a partir dele, apesar das limitações já mencionadas, são ainda assim muito aproximadas, como pode ser percebido através da tabela 1.

Tabela 1 – Comparativo entre as medidas para a duração do dia considerando distintas localidades da Terra (Hemisférios Norte e Sul), em distintas épocas do ano (equinócios e solstícios) segundo os dados gerados pelo modelo científico da NOAA <https://gml.noaa.gov/grad/solcalc/> e os dados gerados pelo modelo didático digital no GeoGebra. Tente fazer o mesmo para a sua cidade: compare as medidas para a duração do dia (período diurno) fornecidas pelo modelo de precisão (NOAA) e pelo modelo de aproximação (GeoGebra). O que é possível concluir a partir de seus resultados?

Nova York / E.U.A					
Latitude: 40° 39' 51" Norte = 40,6643°; Longitude: 73° 56' 19" Oeste = -73,9385°.					
Data	Período Diurno Modelo da NOAA		Período Diurno Modelo do GeoGebra		Erro Percentual*
	Horas	Hora decimal	Horas	Hora decimal	
21 de dezembro	09:16	9,27	09:10	9,18	0,98%
21 de março	12:12	12,20	12:00	12,00	1,67%
21 de junho	15:05	15,08	14:49	14,82	1,75%
Porto Alegre / RS / Brasil					
Latitude: 30° 1' 40" Sul = -30,0277°; Longitude: 51° 13' 43" Oeste = -51,2287°.					
Data	Período Diurno Modelo da NOAA		Período Diurno Modelo do GeoGebra		Erro Percentual*
	Horas	Hora decimal	Horas	Hora decimal	
21 de dezembro	14:05	14,08	13:52	13,87	1,51%
21 de março	12:05	12,08	12:00	12,00	0,67%
21 de junho	10:13	10,22	10:08	10,13	0,89%
Natal / RN / Brasil					
Latitude: 5° 47' 40" Sul = -5,79448°; Longitude: 35° 12' 40" Oeste = -35,211°.					
Data	Período Diurno Modelo da NOAA		Período Diurno Modelo do GeoGebra		Erro Percentual*
	Horas	Hora decimal	Horas	Hora decimal	
21 de dezembro	12:28	12,47	12:19	12,32	1,22%
21 de março	12:06	12,01	12:00	12,00	0,08%
21 de junho	11:47	11,78	11:40	11,68	0,86%
Anchorage / Alasca / E.U.A					
Latitude: 61° 10' 39" Norte = 61,1775°; Longitude: 149° 16' 26" Oeste = -149,274°.					
Data	Período Diurno Modelo da NOAA		Período Diurno Modelo do GeoGebra		Erro Percentual*
	Horas	Hora decimal	Horas	Hora decimal	
21 de dezembro	5:27	5,45	5:21	5,35	1,87%
21 de março	12:22	12,37	12:00	12,00	3,08%
21 de junho	19:22	19,37	18:39	18,65	3,86%

* Cálculo do erro percentual:

Atividades escolares com o modelo didático digital no GeoGebra

As atividades na plataforma GeoGebra, com o uso do modelo didático digital, foram desenvolvidas considerando as habilidades elencadas pela BNCC (2018) e, abordam questões envolvendo a temática do a) movimento diário do Sol; b) do tempo aproximado da duração do dia, para qualquer localidade da Terra e, c) das distintas direções do nascimento e pôr solar ao longo do ano; trata-se, entretanto, de um pequeno recorte de um estudo mais amplo, o qual estamos desenvolvendo agora ao nível *lato sensu* da teoria da transposição didática, em uma pesquisa de doutoramento, que culminará em um curso de formação continuada com professores do Ensino de Ciências da Natureza e Geografia, do Fundamental.

As atividades foram desenvolvidas de maneira a serem autoexplicativas e interativas, ou seja, de fácil utilização pelos usuários que, ao abrirem o link da página do modelo: <https://www.geogebra.org/m/xbaycp3z> imediatamente terão acesso a algumas instruções iniciais (figura 2) de como usar o modelo (figura 3) com algumas informações sobre seu funcionamento, sobre o uso dos seus botões de comando, além de um quiz inicial (figura 4) contendo 10 perguntas para os usuários testarem e construírem seus conhecimentos.

Figura 2 – Instruções iniciais de utilização

Modelo Didático Digital para o Ensino do Movimento Diário do Sol

Autor: Fernando Siqueira da Silva, Pedro Antonio Ourique

O modelo simula o movimento diário do Sol e prevê a duração do período diurno (dia claro) para qualquer localidade da Terra, em qualquer época do ano, de modo bastante aproximado da "Realidade".

Como utilizar o modelo?

Latitude No campo de entrada "Latitude" digite a latitude do local desejado e aperte o enter:

Para regiões do Hemisfério Sul (HS) digite o valor numérico "em graus decimais" correspondente à latitude do local, precedida do sinal de menos e use o símbolo "°" indicativo de graus. Ex: -30.03° é o valor numérico em graus decimais da latitude de Porto Alegre/Brasil/RS.

Para regiões do Hemisfério Norte (HN) faça o mesmo, porém nesse caso apenas digite o valor numérico, sem usar o sinal. Ex: 48.85° é o valor numérico em graus decimais da latitude de Paris/França.

Iniciar/Pausar O botão serve para iniciar e pausar a simulação.

Solstício de Dezembro O botão posiciona o Sol no dia do Solstício de dezembro (Entrada do Inverno no HN e do Verão no HS).

Equinócio de Março/Setembro O botão posiciona o Sol nos Equinócios de março e de setembro.

Solstício de Junho O botão posiciona o Sol no dia do Solstício de Junho (Entrada do Verão no HN e do Inverno no HS).

Após aprender a utilizar o modelo não deixe de responder o nosso "quiz do conhecimento"!

Figura 3 – Após a leitura das instruções iniciais o usuário terá acesso ao modelo didático digital. Sugerimos que, inicialmente, o usuário entre com um dado numérico relativo à latitude do local, da sua cidade (um valor aproximado) e assim faça as primeiras manipulações e previsões a respeito da realidade em torno do movimento diário e anual do Sol. A critério de exemplificação, utilizamos aqui a latitude de Porto Alegre/Brasil/RS = $-30,03^\circ$ (S); depois utilize a latitude de diferentes lugares do planeta, conforme o desejado. É possível interagir com o modelo e modificar o seu ângulo de visualização na tela, basta para isso, segurar o cursor sobre ele e girá-lo levemente, em qualquer direção. Com a barra de rolagem, é possível ainda, aumentar ou diminuir o seu tamanho (zoom)

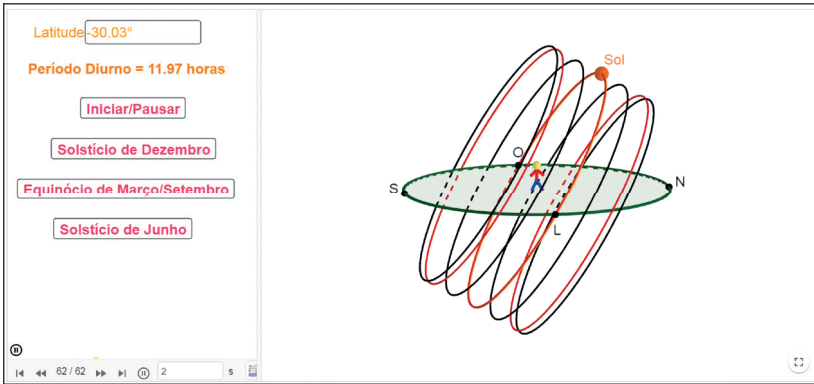


Figura 4 – Ilustração de algumas questões do “Quiz do Conhecimento” com a opção de usar o modelo didático digital para gerar as respostas às alternativas. Inicialmente, essas são algumas das 10 questões iniciais as quais poderão ser respondidas, reutilizadas, revisadas, remixadas e redistribuídas pelos seus usuários

1 - A respeito do nascimento do Sol anual é possível afirmar que:

a) Ele ocorre sempre no ponto cardinal Norte; b) Ele ocorre sempre no ponto cardinal Sul;
 c) Ele ocorre sempre no ponto cardinal Leste; d) Ele ocorre sempre no ponto cardinal Oeste;
 e) Nenhuma das alternativas.

Resposta

3 - A duração do período diurno em nosso planeta é sempre:

a) Maior no Inverno; b) Menor na Primavera; c) Maior no Verão;
 d) Menor no Outono; e) Menor no Verão.

Resposta

5 - A duração do período diurno em Uruguiana (Latitude: $-29,75^\circ$) na entrada do Inverno é de aproximadamente:

a) 10h; b) 11h e 30min; c) 12h; d) 12h e 30min; e) 13h.

Resposta

As atividades que compõem o “Quiz do Conhecimento” são apenas alguns exemplos iniciais de um rol de questões que poderão ser respondidas pelos usuários a partir do uso do modelo didático digital, modelo que poderá ter ainda novas versões conforme forem exploradas as suas distintas ações e liberdades de utilização, segundo sintetizada na Declaração REA de Paris através dos 4Rs (ZANGALI; MENDES, 2020, p. 5), vejamos:

1) “*REUTILIZAR: liberdade de utilizar o material em sua forma original ou modificada*”

O usuário poderá usar e reutilizar o modelo didático digital para fazer previsões sobre o período diurno para qualquer localidade do planeta, para ambos os hemisférios (Sul e Norte). Também poderá medir o período diurno para Porto Alegre/RS/BR/ -30.03° (HS) e em outro instante medir o período diurno para Salekhard/ Distrito Autônomo de Yamalo-Nenets/RUS/ 66,5° (HN). Basta, para isso, digitar no botão “Latitude” o numeral correspondente, em graus decimais, e clicar no *enter*. Lembrando que qualquer usuário terá acesso ao modelo através de um link de internet, podendo ser acessado pelo computador ou através de dispositivos móveis.

2) “*REVISAR: liberdade de adaptar, ajustar, modificar, atualizar, traduzir ou alterar*”;

O usuário poderá ajustar o modelo para qualquer uma das estações do ano (Verão, Inverno, Outono, Primavera) e encontrar a medida aproximada do período diurno correspondente. Também poderá interagir com o modelo de modo a modificar a sua posição de visualização na tela. Além disso, poderá traduzir o modelo e suas atividades para outras línguas (espanhol, inglês, japonês...), pois o GeoGebra permite a tradução para mais de 50 línguas.

3) “*REMIXAR: liberdade de combinar o material original ou revisado com outro para criar algo (novo);*”

O usuário poderá criar novas versões do modelo com base na primeira versão. Por exemplo, estamos trabalhando em outro modelo didático digital, agora envolvendo a temática das cartas solares, de modo a melhor explicar a projeção plana do movimento solar. Então, estamos combinando o protocolo de construção dessa versão do modelo, com o protocolo de construção do modelo das cartas solares.

4) “*REDISTRIBUIR: liberdade de compartilhar cópias do conteúdo original, das revisões ou do ‘remix’.*”

O modelo e as inúmeras versões que podem a partir dele emanar são versões livres, públicas, gratuitas, as quais podem ser redistribuídas entre os usuários

conforme as finalidades que se tem. Podem ser reutilizadas para o Ensino de Astronomia no Ensino Fundamental, como em nosso caso, como podem também ser reutilizadas, revisadas, remixadas, redistribuídas para o Ensino de Arquitetura, de Engenharias, de Meio Ambiente, entre outras possibilidades.

Considerações finais

A partir da adoção do ensino híbrido na educação escolar, no mundo todo, em ocasião da pandemia da covid-19, percebemos que os nossos espaços e métodos de ensino-aprendizagem tiveram que ser rapidamente repensados, redefinidos, remodelados, pois, inevitavelmente, foi necessário integrar às pressas o ensino presencial e o ensino *on-line* (síncrono e assíncrono). Assim, sem muito tempo para planejamento, imediatamente percebemos o início de uma corrida entre os educadores em busca de recursos didáticos digitais que pudessem auxiliar na manutenção das atividades escolares. Nela também entraram alguns pesquisadores que, visando contribuir com as práticas dos professores, perceberam mais ainda a necessidade de desenvolverem, divulgarem e promoverem o uso de outros materiais didáticos mais contemporâneos. Esta corrida, suscitou a participação de todos os tipos de usuários, imigrantes e nativos digitais, os quais tiveram que enfrentar, muito rapidamente, um dos principais desafios do Ensino de Ciências no Ensino Fundamental: a incorporação de outros materiais didáticos, materiais paradidáticos e materiais digitais nas práticas escolares, de modo a enriquecer a formação cultural dos alunos em ciências e tecnologias (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2018).

Conforme comentamos, a partir do debate em um seminário de pesquisa sobre o uso das TDICs no Ensino de Ciências, com um grupo de pós-graduandos em Educação em Ciências (mestrandos e doutorandos), surgiu uma percepção comum entre eles sobre a existência de alguns receios dos usuários, professores, os quais tendem a evitar o uso das TDICs no ambiente escolar devido há alguns fatores limitantes, os quais de alguma forma estão relacionados às necessidades tecnológicas dos usuários; às insuficientes habilidades e competências com a linguagem digital, com o desenvolvimento do saber digital; à falta de formação; à falta de infraestrutura tecnológica das escolas; à desigualdade sócio-digital e; à resistência ao digital. Esses foram alguns dos problemas apontados que precisam ser enfrentados e superados se quisermos estreitar a distância que há entre a Ciência e o Ensino de Ciências escolar. Assim, é preciso que cada um faça sua parte, é preciso que tanto os usuários alunos, professores, educadores, pesquisadores, assumam a sua parcela de responsabilidade na construção do seu próprio saber digital, desenvolvendo habilidades e competências com a cultura digital, tanto quanto dos nossos representantes, governantes, que urgentemente devem primar por melhorias

na educação pública escolar, trabalhando para o desenvolvimento e fortalecimento de políticas públicas educacionais de formação de professores e de garantia de acesso escolar às mais variadas tecnologias digitais de comunicação e informação.

Neste artigo a nossa intenção foi propor o uso de um novo recurso educacional aberto (REA) no Ensino de Astronomia, ou melhor, o uso de um modelo didático digital para o ensino-aprendizagem-pesquisa do, a) movimento diário do Sol, b) da duração aproximada do período diurno para qualquer lugar do planeta e, c) das diferentes direções do nascimento/pôr do sol ao longo do ano; modelo que poderá ser testado pelos professores a partir do 5.º ano do Fundamental; modelo elaborado no GeoGebra: um *software* didático aberto de matemática dinâmica explorado no mundo todo. Além disso, resgatar a importância do conceito de REA, entendido como qualquer recurso educacional aberto com a finalidade de potencializar os processos de ensino-aprendizagem-pesquisa; recursos imateriais no formato de *software* público, gratuito, de código aberto, com a possibilidade de ser reutilizado, revisado, remixado e redistribuído por qualquer pessoa por meio do acesso a um link de internet.

Assim, ancorados em um importante estudo recente (ZANGALI; MENDES, 2020), chamamos a atenção para um dos principais problemas enfrentados pelos professores brasileiros no uso de REAs, no ambiente escolar: a excessiva carga horária de trabalho, o grande número de turmas e a ausência de tempo livre para o desenvolvimento de pesquisas; esses são apenas alguns dos fatores apontados pelo estudo, os quais acabam condicionando o trabalho desses profissionais, levando-os a optarem pela busca de atividades já desenvolvidas e prontas para uso e impressão. Nesse sentido, de modo a contribuir com a superação de uma lacuna no uso de REAs, entre os professores brasileiros do Fundamental, foi que desenvolvemos algumas atividades escolares com base no modelo didático digital no GeoGebra, a partir da indicação inicial de um “Quiz do conhecimento”, com a possibilidade de os usuários apoiarem-se no modelo para fazer simulações, previsões e a construir seus próprios conhecimentos sobre a realidade. Diga-se de passagem, são atividades bem iniciais que com o tempo poderão evoluir, pois, conforme demonstramos anteriormente, elas estão fundamentadas nos 4Rs.

Em seguida aproveitamos para falar sobre o que é o GeoGebra, falar um pouco da sua história e principalmente sobre as suas possibilidades educacionais enquanto REA, um recurso sob licença (GNU), um *software* livre, que permite aos seus usuários a liberdade de compartilhamento e alteração em todas as suas versões, de forma gratuita. E melhor ainda, fundamentamos a nossa argumentação com base em alguns artigos deste que pode ser considerado mais um colonizador digital, o informata e matemático austríaco, Markus Hohenwarter, que apesar de ter nascido antes de 1980, acabou idealizando

e desenvolvendo esse importante recurso educacional aberto. Procuramos ainda, recuperar alguns traços da origem e da evolução do GeoGebra, que alcançou dimensões globais, sendo atualmente utilizado no mundo todo, com traduções para mais de 50 línguas, em 190 países, com cerca de 4 Institutos só aqui no Brasil, com inúmeras atividades de apoio à comunidade de usuários, principalmente dos professores de matemática.

Depois mais, fizemos um resgate da noção de modelo na ciência para fundamentar a noção de modelo no Ensino de Astronomia que temos utilizado, fundamentado na epistemologia Bungeana dos modelos e na didática das ciências de modo a ilustrar um pouco desse processo de transposição didática *stricto sensu* que faz com que um objeto do saber científico seja transformado em um objeto de ensino, ou melhor, para exemplificar o processo pelo qual um modelo científico passa antes de ser reapresentado no formato de um modelo didático. Processo esse que exige sempre uma mediação entre o conceitual e o figurativo, entre o lógico e o psicológico. Assim, aproveitamos também para ilustrar alguns aspectos desse processo de transposição didática pelo qual o objeto-modelo mecânico concreto analógico didático (OMMCAD) passou antes de ser transformado no modelo didático digital, surgindo assim, uma versão mais contemporânea do conceito de modelo.

Acreditamos que ambos os modelos (o analógico e o digital) poderão ser utilizados pelos professores em suas atividades, pois, ambos são modelos complementares, um modelo não exclui o outro. A proposta de ensino-aprendizagem-pesquisa poderia ser realizada através do uso de alguma metodologia ativa, considerando o aluno como o principal responsável pela construção do seu conhecimento e, o professor, exercendo o seu papel de mediador ou facilitador das aprendizagens dos alunos. Uma, dentre tantas as possibilidades, por exemplo, é a promoção da aprendizagem colaborativa, através de uma sala de aula invertida. Assim, em um primeiro momento o professor poderá enviar para os seus alunos o link do modelo didático digital no GeoGebra para o estudo em casa e, posteriormente, em sala de aula, retomar o assunto com eles e propor também a modelização do OMMCAD, utilizando agora outro modelo, um modelo analógico concreto, que poderá ser comparado ao funcionamento do modelo didático digital nas simulações e previsões sobre a realidade. Será interessante notar que ambos os modelos fornecem dados muito aproximados da realidade. Assim, acreditamos que dessa maneira, o professor estará enriquecendo a formação cultural dos seus alunos, visto que estará promovendo um trabalho colaborativo e permitindo o uso de diferentes tecnologias (analógica e digital) no Ensino de Astronomia.

Contudo, precisamos melhor justificar a aplicação dos modelos (analógico e digital) com alunos a partir do 5.º ano do Fundamental. Perguntará o leitor, por que não antes? Pois, conforme nossa análise anterior da BNCC

(2018) (SILVA; CATELLI; DUTRA, 2021), observamos que, nos anos mais iniciais, desde o 2.º até o 4.º ano, os alunos já experienciaram diversas atividades de observação do céu, diurnas e noturnas; observaram o movimento diário do Sol e a movimentação da sombra solar nos objetos; descobriram também como definir os 4 pontos cardeais a partir de uma estaca vertical fincada ao solo e, também, com o auxílio de uma bússola. Ou seja, nos anos mais iniciais as crianças já experimentaram diversas atividades, passaram por diferentes ambientes educacionais, principalmente pelos ambientes não-formais e informais de aprendizagem. Tiveram assim, experiências “antigas” que lhes permitem agora, a partir do 5.º ano, avançar para outras experiências “novas” (CHEVALLARD, 2005), progressivamente mais conceituais, que passarão a ser trabalhadas em ambientes formais de aprendizagem a partir da modelização, isto é, a partir da utilização, elaboração e confecção de modelos didáticos para representação e conhecimento da realidade, sempre de modo aproximado.

REFERÊNCIAS

YOUTUBE. **IX Día GeoGebra Iberoamericano, IV Día GeoGebra Argentina**. Viernes, Mañana, Instituto GeoGebra La Plata, 11 jun. 2021. 2h23min50s. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=NhaFna3cYbc>. Acesso em: 11 de jun. de 2021.

ADÚRIZ-BRAVO, A.; MORALES, L., **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 19, n. 76, 2002.

ARMATTE, M. **Mathématiques et Sciences Humaines**, v. 43, n. 91, 2005.

BITTENCOURT, L. **Uso das Cartas Solares: diretrizes para arquitetos**. 4. ed. Maceió: Edufal, 2004.

BUNGE, M. **Teoria e Realidade**. São Paulo: Perspectiva, 1974.

CHASSOT, A. I. A ciência como instrumento de leitura para explicar as transformações da natureza. **Cadernos IHU Idéias**, São Leopoldo, RS, Unisinos, 2006. Disponível em: <http://www.ihu.unisinos.br/images/stories/cadernos/ideias/084cadernosihuideias.pdf> Acesso em: 6 ago. de 2021.

CHEVALLARD, Y. **La Transposición Didáctica: Del Saber Sábido Al Saber Enseñado**. 3. ed. Buenos Aires: Aique grupo Editor, 2005.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2018.

DUTRA C. M.; VERNIER, A. M. Uso Tecnologia Móvel para o estudo do Movimento Aparente do Sol. **Ensino & Pesquisa**, [S. l.], jan. 2019. ISSN 2359-4381. Disponível em: <http://periodicos.unespar.edu.br/index.php/ensinoepesquisa/article/view/2345/1755>. Acesso em: 1 set. 2021.

GALAGOVSKY, L.; ADÚRIZ-BRAVO, A. **Enseñanza de las ciencias**, v. 19, n. 231, 2001.

GOLDFARB, D. P. **Imagens de natureza, imagens de ciência e Bildtheorien: o papel da noção de modelo em Boltzmann**. 2019. Dissertação (Mestrado em Filosofia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. <https://doi.org/10.11606/D.8.2019.tde-25062019-122829>. Acesso em: 6 ago. 2021.

HOGBEN, L. **Maravilhas da Matemática**: influência e função da matemática nos conhecimentos humanos. Porto Alegre: Globo, 1970.

HOHENWARTER, M.; PREINER, J. Dynamic Mathematics with GeoGebra. **The Journal of Online Mathematics and Its Applications**, v. 7, mar. 2007. Article ID 1448. Disponível em: <https://www.maa.org/press/periodicals/loci/joma/dynamic-mathematics-with-geogebra> Acesso em: 15 de ago. de 2021.

HOHENWARTER, Markus; LAVICZA, Zsolt. **GeoGebra, its community and future**. **Conferência Asiática de Tecnologias em Matemáticas**. 2010. Disponível em: http://unsam.edu.ar/escuelas/humanidades/centros/c_didacticas/Hohenwarter-Lavicza-GeoGebra-ATCM-Final.pdf. Acesso em: 16 de Ago. de 2021.

KENSKI, Vani Moreira. **Tecnologias e ensino presencial e a distância**. 9. ed. Campinas, SP: Papyrus, 2012.

LANGHI, R.; NARDI, R. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 87, 2007.

LE MOIGNE, J. L. **A Teoria do sistema geral**: teoria da modelização Lisboa: Instituto Piaget, 1977.

MALLMANN, E. M. *et al.* **Indagatio Didactica**, v. 11, n. 121, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.34624/id.v11i4.10587> Acesso em: 25 de ago. de 2021.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf

MONTEIRO, F. F. Análise de uma experiência híbrida no ensino de Física 1. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. e20200315. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0315>. Acesso em: 4 ago. 2021.

MOREIRA, M. A. (org.). **Representações mentais, modelos mentais e representações sociais**. Porto Alegre: Instituto de Física, UFRGS, 2005. 178p.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA (UNESCO). **Declaração REA de Paris**, Paris, 2012. Disponível em: http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/CI/WPFD2009/Portuguese_Declaration.html. Acesso em: 10 de ago. de 2021.

PALFREY, John; GASSER, Urs. **Nascidos na era digital**: entendendo a primeira geração de nativos digitais. Porto Alegre: Artmed, 2011.

PRENSKY, M. Digital Natives, Digital Immigrants. **On the Horizon**, Bradford, v. 9, n. 5, p. 2-6, out. 2001.

PRENSKY, M. **From Digital Natives to Digital Wisdom**: Hopeful Essays for 21st Century Learning. Thousand Oaks, CA: Corwin Press, 2012.

ROZESTRATEN, A. S. **Estudo sobre a história dos modelos arquitetônicos na Antiguidade**: origens e características das primeiras maquetes de arquiteto. Dissertação (Mestrado) – São Paulo, 2003. 283p. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16131/tde-09062009-145825/pt-br.php> Acesso em: 18 de ago. de 2021.

SILVA, F. S.; CATELLI, F. **Revista Brasileira de Ensino Física**, v. 41, p. e20190029, 2019.

SILVA, F. S.; CATELLI, F.; e GIOVANNINI, O. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 27, n. 7, 2010.

SILVA, F. S.; CATELLI, F.; e Dutra, C. M. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. e20200520, 2021.

SILVA, F. S.; CATELLI, F. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, p. e20190248, 2020.

SILVA, V. **Sociedade Digital**: O Poder da Multidão Participativa. Dissertação (Mestrado) – Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2013. Disponível em: https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/1584/1/Tese_Mestrado_Vanessa_Silva.pdf Acesso em: 5 de ago. de 2021.

TORI, R. **Educação sem distância**: as tecnologias interativas na redução de distâncias em ensino e aprendizagem. São Paulo: Senac São Paulo, 2010.

VERASZTO, E. V. *et al.* Tecnologia: buscando uma definição para o conceito. **Prisma.com**, n. 7, p. 60-84, 2008. Disponível em: <https://ojs.letras.up.pt/index.php/prismacom/article/view/2065>. Acesso em: 5 de ago. de 2021.

ZANGALI, I.; Mendes, A. A. P. Recursos Educacionais Abertos no Ensino Fundamental Anos Iniciais: um Estudo entre Professores do Brasil e Estados Unidos da América. **EaD em Foco**, v. 10, n. 2, p. e958, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.18264/eadf.v10i2.958> Acesso em: 5 de ago. de 2021.