

## **ENSINAR E APRENDER CIÊNCIAS POR PROBLEMATIZAÇÃO NAS SÉRIES INICIAIS USANDO TDIC: METODOLOGIAS E PRÁTICAS DE cMOOC COMO ALTERNATIVA EM TEMPOS DE CRISE**

### **TEACHING AND LEARNING SCIENCE BY PROBLEMATIZATION IN THE EARLY GRADES USING TDIC: cMOOC METHODOLOGIES AND PRACTICES AS AN ALTERNATIVE IN TIMES OF CRISIS**

Diego Ferreira<sup>1</sup>

#### **Resumo**

O objetivo do artigo foi de propor alternativas didáticas e metodológicas para o ensino de ciências por meio de TDIC em tempos de crise, como o da pandemia de coronavírus Covid-19, em especial para as séries iniciais do Ensino Fundamental. Por meio de revisão teórica pertinente aos temas tratados, inicialmente, o texto aborda a pandemia e seus impactos para a educação brasileira, ao mesmo tempo que se refere à consequente tendência do trabalho pedagógico por meio das TDIC e sobre as didáticas de ciências que poderiam ser trabalhados com esses recursos. Em seguida, apresenta-se uma proposta de ensino de ciências por problematização, de Christian Orange, buscando-se dialogar com importantes pesquisadores brasileiras no campo da didáticas das ciências e a partir deles enriquecer a proposta relatada no texto. Num terceiro momento, essas práticas são pensadas em associação com práticas didático-pedagógicas desenvolvidas e empregadas em cursos virtuais do tipo c-MOOC. Esse debate é enriquecido nessa etapa por perspectivas críticas em didática de ciências propostas por pesquisadores brasileiros. Enfim, na conclusão, são elencados os desafios que a apropriação dessas práticas de ensino apresentam aos professores e aos sistema de ensino. Conclui-se, por fim, que a pesquisa didático-pedagógica relacionando ensino de ciências e TDIC se coloca como uma necessidade urgente: essa relação deve ser cada vez mais estudada, tendo-se os tempos de crise em perspectiva, de modo que a educação escolar seja cada vez menos impactada por eles e pelas exclusões digital e de acesso a laboratórios e materiais adequados para o estudo de ciências no Brasil.

**Palavras-chave:** cMOOC. Didática de ciências. Pandemia. Práticas de ensino. TDIC. Séries Iniciais.

#### **Abstract**

The objective of the article was to propose didactic and methodological alternatives for science teaching through ICT in times of crisis, such as the Covid-19 Coronavirus pandemic, especially for the early grades of elementary school. By means of a theoretical review pertinent to the themes dealt with, the text initially addresses the pandemic and its impacts on Brazilian education, at the same time that it refers to the consequent tendency of pedagogical work through ICT and on the science didactics that could be worked with these resources. Next, a proposal of teaching sciences by problematization, by Christian Orange, is presented, seeking to dialogue with important Brazilian researchers in the field of science didactics and from them to enrich the proposal reported in the text. In a third moment, these practices are thought in association with didactic-pedagogical practices developed and employed in virtual courses of the type c-MOOC. This debate is enriched at this stage by critical perspectives in science didactics proposed by Brazilian researchers. Finally, in conclusion, the challenges that the appropriation of these teaching practices present to teachers and to the teaching system are listed. Ultimately, we conclude that didactic-pedagogical research relating science teaching and ICT is an urgent necessity: this relationship must be increasingly studied with the times of crisis in perspective, so that school education is less and less impacted by them and by digital exclusions and access to laboratories and materials suitable for the study of science in Brazil.

**Keywords:** cMOOC. Didactics of science. Early grades. TDIC. Teaching practices. Pandemic.

---

<sup>1</sup> Pedagogo (UERJ); Mestre e Doutor em Educação (UFF); Pós-doutor em educação (USP). Professor de didática, contratado no Departamento de Ciências da Educação da Universidade de Lille, França

## Introdução

A pandemia de covid-19 provocou problemas em todos os setores da sociedade e em diversos aspectos ligados à vida social. Por óbvio, a educação também foi diretamente impactada. No Brasil, segundo a Fundação Carlos Chagas (FCC, 2020), 81,9% dos alunos da Educação Básica estão afastados dos bancos escolares desde o início das medidas de isolamento social tomadas no país.

Apesar disso, houve um esforço dos sistemas públicos e privados de ensino para a manutenção de algumas atividades pedagógicas. Com isso, a rotina de trabalho dos professores se intensificou e mudou: no estudo feito pela Fundação Carlos Chagas, e respondido por 14.285 professores brasileiros, para “65% das respondentes, o trabalho pedagógico mudou e aumentou, com destaque para as atividades que envolvem interface e/ou interação digital” (p. 02).

Suas estratégias educacionais se inclinaram sobremaneira à utilização de tecnologias digitais e rede sociais: são 77,4% dos respondentes a fazê-lo. Com 47,5% se voltando para os *sites* de suas secretarias e os materiais que elas aí disponibilizam; com 37,2% desses professores enviando atividades impressas aos alunos; com 29,8% dos respondentes dando aulas ao vivo, percebe-se que a estratégia de utilização das tecnologias tomou uma parcela importante das estratégias de ensino desses professores, com destaque para as tecnologias digitais. Aliás, pelo menos enquanto houver incertezas por causa da pandemia, a maioria dos professores (55,9%) considera a possibilidade de continuidade do ensino *on-line*.

Em sondagem feita por Silva (2020), também se detecta essa inclinação aos recursos digitais, além do desejo docente, obviamente impulsionado pela urgência da situação, de formação para o uso pedagógico das tecnologias. Noutra pesquisa, realizada no Estado de São Paulo, e respondida por 19.221 professores, “70% dos respondentes afirmam se sentirem aptos a desempenharem suas funções via educação mediada por tecnologia” (GRANDISOLI; JACOBI; MARCHINI, 2020, p. 03), ainda que a maioria (51%) se sinta insegura com o modelo.

Enfim, as tecnologias digitais da informação e da comunicação (TDIC) foram sendo assimiladas ao longo dessa crise sanitária, não sem problemas, relacionados às dificuldades de acesso de professores e alunos a materiais e formação. Os dados dão margem para que a comunidade educacional se preocupe, já que “49,3% das professoras acreditam que somente parte dos alunos consegue realizar as atividades. A expectativa em relação à aprendizagem diminuiu praticamente à metade” (FCC, 2020, p. 02). Na prática, os professores têm notado o esvaziamento das “classes virtuais”, o que interpretam como negativo para a aprendizagem discente.

Levados em conta os dados da evasão para cursos a distância, esses docentes têm ainda mais razões para se preocuparem, já que, então, convergem para o abandono discente: a exclusão

digital, a falta do trabalho com os colegas de classe e contato com o professor, a dificuldade de acompanhamento do trabalho discente e de suporte pelo professor são fatores que o potencializam.

O acompanhamento pelo professor é essencial para que a utilização de recursos tecnológicos seja eficaz para a aprendizagem dos alunos. Numa abordagem de “aprendizagem autorregulada” estudada por Marcelo e Rijo (2019, p. 78), mesmo para alunos de graduação, que em tese teriam mais habilidade para lidar com informações autonomamente, demonstra-se a necessidade do professor para formar e orientar esse estudante. Quer dizer, no estudo, mostra-se que a disposição de recursos e informações livremente a alunos, ainda que com regras estabelecidas, não funcionam a contento sem o acompanhamento docente. Assim, por óbvio, junto aos alunos escolares ou colegiais, a presença do professor e o estabelecimento de alguma modalidade metodológica de ensino que favoreça o elo professor-aluno, e entre alunos, pode contribuir para minimizar os problemas, primeiro, de abandono escolar; segundo, de eficácia da aprendizagem.

As redes sociais, que os professores já estão utilizando na crise sanitária de Covid-19, têm sido usadas para manter o contato e o envolvimento dos alunos, pois trata-se evidentemente de cultivar e guardar esses laços, com os alunos e entre eles. Numa perspectiva onde a educação a distância tem sido valorizada, apesar dos problemas, seria o caso de um trabalho didático-pedagógico que pudesse ao mesmo tempo possibilitar esse contato professor-aluno e mantê-los ativos, “presentes”. Mas, o que os números sobre a EaD no Brasil têm a nos ensinar sobre evasão? E, a partir daí, que perspectiva então seria possível adotar?

Em relação à primeira pergunta, na educação a distância para cursos superiores, as estatísticas disponíveis em 2007 davam conta de evasão em torno de 92% (SANTOS; NETO, 2009); dados mais recentes (ABED, 2016) referem uma média de 32% de evasão, menos elevada que antes, todavia ainda importante. Quer dizer, a educação a distância, historicamente, mesmo para adultos, em cursos superiores ou de formação profissional, sempre teve uma importante taxa de evasão, em geral explicada por fatores financeiros, de tempo, inadaptação ao método (NETTO; GUIDOTTI; SANTOS, 2012; OLIVEIRA; OESTEREICH; ALMEIDA, 2017). Então, mesmo num quadro ideal em meio à crise, onde todos os alunos e professores teriam acesso às TDIC, haveria uma tendência à evasão provocada por razões diversas. Como minimizar isso? Justamente, vem da EaD uma experiência de investimento na participação que melhora esse engajamento discente e que, aliado a outros fatores, tem favorecido a frequência dos alunos. Vem daí a resposta à segunda pergunta: uma pista é adotar perspectivas pedagógicas, metodologias que invistam na interação e cooperação, o que contribui para resultados de aprendizagem melhores e evasão menor (FIDALGO; SEIN-ECHALUCE; GARCIA-PENALVO, 2013).

No ensino de ciências, sabemos, essa linha de investimento na participação e interação com o aluno, por meio de discussões, proposição de ideias, comunicação com os alunos, consideração de suas proposições e conhecimentos (SASSERON; DUSCHL, 2016), por meio do estímulo à argumentação (SASSERON, 2013); utilizando-se de sequências de ensino investigativas (CARVALHO, 2013); por meio do trabalho didático-pedagógico com problematização (ORANGE, 2005; 2006; 2012; FREITAS, 2012), favorecem o engajamento do aluno. As linguagens adquirem aí uma importância central: textos; discursos; gráficos, etc.; associados ou representados digitalmente via TDIC aprimoram e enriquecem a relação ensino-aprendizagem. Por isso, convergindo com esses princípios, o artigo discute a possibilidade de se aliar as perspectivas desses autores às didático-pedagógicas preconizadas nos *Massive Open Online Course* de tipo C, os cMOOC (FIDALGO; SEIN-ECHALUCE; GARCIA-PENALVO, 2013) - também interativos, cooperativos, exigindo investigação e também argumentação – com o uso de TDIC (redes sociais, etc.) numa perspectiva crítica (FEENBERG, 2003; ANGOTTI, 2015; SANTOS; FERREIRA; MANESCHY, 2020), para o ensino de ciências nesse e em outros tempos de crise.

Sabendo-se que os trabalhos brasileiros em didática de ciências dialogam perfeitamente com do pesquisador francês Christian Orange (2005; 2006; 2012), priorizamos neste trabalho a oportunidade de conhecer a abordagem desse pesquisador e uma de suas propostas de trabalho didático-pedagógico em ciências para alunos de séries iniciais do ensino fundamental, sua perspectiva de problematização, mais orientada para o problema do que para observação objetiva. Sua proposta será descrita na seção posterior a esta introdução. Num segundo momento, discutimos a relação dessas ideias com algumas metodologias de um tipo de *Massive Open Online Course* (os cMOOC), cujas características convergem com práticas pedagógicas correntes no ensino de ciências, e também com as sugeridas por Orange, e que podem ser mobilizadas com o apoio de TDIC em situações, como no atual tempo de crise, em que alunos e professores tenham que trabalhar a distância. Suas perspectivas vão sendo enriquecidas pelas abordagens de pesquisadores brasileiros que dialogam com suas propostas e as enriquecem. Enfim, algumas perspectivas que investem em abordagens críticas de ensino de ciências são identificadas, e eventuais futuras linhas de estudo são debatidas ao fim do artigo. Conclui-se que a proposta pedagógica aqui discutida não se inscreve num ambiente, nem material nem didático-pedagógico, sem contestações possíveis. Ao contrário, elas são muitas, e defende-se que a ciência seja nossa ponte para se compreender esses problemas, propor e influenciar políticas educativas que os resolvam.

### **Ensinar e aprender ciências por problematização – foco no problema**

Christian Orange, nome francês da didática de ciências, preconiza há anos a importância da problematização no ensino de ciências (2005; 2006; 2012). Ele se baseia no princípio de Gaston Bachelard (1938 apud ORANGE, 2005), segundo o qual “por um espírito científico, todo conhecimento é uma resposta a uma questão”, ponto central da epistemologia das ciências (CARVALHO, 2013, p. 06). Quer dizer, segundo esse princípio, se não há questão, não pode haver conhecimento científico. Outro princípio no qual se baseia Cristian Orange, preconiza que a ciência começa a partir de problemas (POPPER, 1985; 1991).

Essa abordagem leva Orange a uma metodologia de problematização que se baseia no fato segundo o qual nas ciências os problemas são vistos como desafios intelectuais que levam à formulação de novos problemas. O saber teórico é constantemente submetido à crítica, ele segue uma “lógica do fracasso” (MALGLAIVE; WEBER; 1982, apud ORANGE, 2005). Há na ciência esse caráter de procura permanente por outras explicações e de as debater.

Na problematização proposta na escola, a ideia é levar o aluno a pensar as relações entre o problema e a solução, na busca principalmente por estimular os alunos à formulação de modelos explicativos, de argumentações que os sustentem e de novas questões, mais do que tão somente a resolução de problemas: sobretudo, o ideal é de fazer esse aluno compreender que no fazer científico, resolver problemas pode levar a novos problemas, e que a lógica da construção de saberes não se limita à reprodução de modelizações, de se imitar a resolução de um problema. A experimentação pode ser feita também, não é questão de descartá-la, porém, pode-se explorar outras possibilidades didáticas junto aos alunos no sentido de aí instaurar uma cultura científica.

Outro ponto, é mostrar que para igual problema, às vezes, há caminhos diferentes para se chegar a uma solução: empurrar um carro ou trocar uma peça para que funcione são soluções diferentes igual problema, por exemplo. Às vezes, as soluções que alguns alunos encontrarão para um problema podem ser falsas em vista das “necessidades” (apodítico: o irrefutável. Na ciência, refere-se a um saber científico estabelecido). Se não há apreensão do fato científico sobre um fenômeno – os alimentos são transformados pelo corpo – dado saber científico não está estabelecido na construção do conhecimento do conceito feito pela criança. Contudo, duas aprendizagens se produzem nesse caso: primeira, o aluno construiu sua hipótese e argumentação; segunda, pela controvérsia com os colegas compreenderá qual é o apodítico em relação ao fenômeno que se estuda.

Para construir essas “necessidades” que explicam o fenômeno estudado junto aos alunos, é fundamental uma tomada de consciências por eles, da seguinte forma: 1) confrontação; 2) debate; 3) exposição de hipóteses e modelos explicativos formulados. Só assim uma construção de razões

é possível. Com a verbalização, a argumentação, entra-se numa dinâmica de crítica, que se expressa pela produção de textos (escritos e orais) e pelo intercâmbio de argumentos críticos. É a entrada no mundo da escrita crítica e do debate e retorno pelo diálogo científico. A problematização, misturando soluções e razões, leva os alunos à explicitação dos fatos/verdades/necessidades que encontram, as dificuldades para chegar, ou não, a elas.

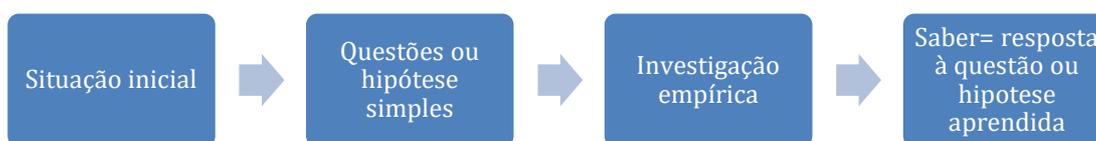
Então, segundo esses princípios, o problema está no centro dos saberes científicos. Contudo, o caminho até a solução, sua construção e consolidação juntos aos alunos, é fundamental nessa abordagem por problematização. Daí, nessa perspectiva de didática de ciências, os alunos devem ser confrontados a problemas científicos, com questões que lhes apresentem verdadeiros problemas e questões científicas. Não há, nesse sentido, a pretensão de se estabelecer uma hierarquia de questões boas ou ruins. Contudo, uma metodologia de ensino lapidada pode aprimorar a experiência de ensino-aprendizagem: assim, as questões devem incitar respostas explicativas, mais do que valorizar a memorização de vocabulário, de etapas, de fases. Por meio dessa abordagem espera-se que o aluno compreenda o conceito para além de simplesmente memorizar elementos químicos, órgãos do corpo, elementos da natureza, sem compreender suas interações e relações com o mundo e com os seres humanos. Não se trata de abandonar o enriquecimento do vocabulário científico junto ao aluno, mas de fazê-lo dentro de uma perspectiva de aprendizagem que valorize os mecanismos explicativos. O caminho entre o problema e a solução, o desenvolvimento da explicação, argumento escrito e oral e a proposição de novas questões.

Nas séries iniciais do Ensino Fundamental, Christian Orange (2012) sugere que se faça uma reflexão em torno da ingestão e da digestão de alimentos. Ao invés de questões que pediriam para explicar o caminho pela qual passa os alimentos, sugere que seja explorada pela via da apropriação dos nutrientes pelo corpo. Uma questão que não provoque uma problematização resultaria numa resposta mecânica. No fim, o aluno terá entendido pouco o que acontece no processo digestivo; como seu corpo se aproveita dele; quais são seus benefícios; mas, talvez, saberá que os alimentos são mastigados, passam pelo esôfago, estômago, intestino delgado e grosso, até que o organismo descarte o resto, o que é sem dúvida importante, mas limitado numa perspectiva de desenvolvimento intelectual e do pensamento crítico. A questão, é o professor levantar para cada problema a ser trabalhado, quais “necessidades” são, primeiro, possíveis de se transpor ao saber escolar; segundo, quais são fundamentais para se compreender o fenômeno. No caso da aula sobre nutrição, duas “necessidades” são dadas como fundamentais para se estabelecer a construção de saber científico pelo aluno ao final: a transformação e a triagem dos alimentos.

Por óbvio, nada disso é matemático. Sabemos disso. Uma ênfase dada pelo professor, uma representação próxima do real, tida pelo aluno, podem trazer mais qualidade para essa relação ensino-aprendizagem, se todas as etapas da aula por problematização são respeitadas. O erro não é um problema, ele é um meio para que o aluno apreenda o modo de se fazer ciência e, no fim, para que chegue ao saber científico também, o que se fará respeitando-se as etapas da metodologia aqui descrita.

Assim, Christian Orange (2012) quer romper com essa abordagem investigativa linear, representada pelo esquema (Figura 1) abaixo:

Figura 1: Esquema (abordagem investigativa linear)



Fonte: Figura 28 (ORANGE, 2012).

Para romper com essa lógica, o autor (ORANGE, 2006) buscará no método científico seu modelo didático para o ensino de ciências. A partir de sua revisão teórica, ele sustenta que a “atividade científica se interessa, antes de tudo, por problemas explicativos<sup>2</sup>” (p. 76), que tenham por diretriz a explicação dos fatos, fenômenos e eventos. Nessa linha, em biologia, é mais interessante explicar o funcionamento de organismos do que simplesmente descrevê-los, por exemplo. Os modelos explicativos são, portanto, para o autor privilegiar no campo da didática de ciências. O estímulo intelectual e a compreensão do fenômeno devem ser aqui as prioridades e integrados à ação do professor na relação ensino-aprendizagem. Mas não é só isso. Há outras características das ciências que o autor recupera na sua abordagem: a exploração dos possíveis; a pesquisa das necessidades (conceito de apodítico = verdade irrefutável); a investigação empírica; a controvérsia. Esses elementos científicos são transportados pelo pesquisador para sua metodologia de ensino de ciências.

A pesquisa científica sempre começa pela invenção de um mundo possível ou de um fragmento de um mundo possível. As ciências se aproximam nesse sentido dos mitos: é o inventar para explicar. Porém, no caso das ciências, “não se trata, simplesmente, de se construir um problema para se produzir uma solução, mas de se explorar e mapear o campo dos possíveis” (ORANGE, 2005, p. 77). Quer dizer, no debate sobre uma questão na aula de ciências, e podemos retomar a da ingestão de alimentos e os nutrientes, os alunos, individualmente e depois em grupos, podem apresentar suas hipóteses, suas ideias, que frequentemente se basearão nos elementos

<sup>2</sup> Todas as traduções de citações a textos em língua estrangeira foram feitas pelo autor do artigo.

empíricos que dominam em relação ao ponto estudado (ORANGE, 2006). Mas, só haverá construção de saber científico se os elementos apodícticos, o fato científico, sua verdade irrefutável, em relação ao fenômeno estudado foram alcançadas pelo aluno: no caso do estudo sobre a digestão e a nutrição esses elementos de apodícticos (necessidades) podem ser, entre outros, a transformação e triagem desses alimentos.

Como na atividade científica, os argumentos, os possíveis (hipóteses), os mitos, são postos à prova pelos contraditórios, pela controvérsia. Para o pensamento científico, a imaginação (o possível; o hipotético) é apenas um elemento do jogo. A cada etapa, ela deve ser submetida à crítica e à experiência. Assim, se limita a parte de sonho na imagem do mundo que ela elabora. A controvérsia se filia em certa medida à abordagem científica, já que levanta as possibilidades em torno de um tema. E como em ciências, “saber não é simplesmente «saber que», mas ter clareza de que aquele conhecimento não pode ser caracterizado de outra maneira” (REBOUL, 1992 apud ORANGE 2005, p. 78), o debate e a controvérsia produzida por ele, contribuem também para que no fazer científico evoluamos dos possíveis (hipóteses) àquilo que é ou que representa a realidade da forma mais aproximada possível, as necessidades (o apodíctico relativo àquele fenômeno).

Na aula de ciências a controvérsia é tomada como meio para que se identifique as “necessidades” do problema posto: neste caso, a necessidade se refere aos fenômenos físicos, químicos ou outros que explicam as questões científicas: no caso dos nutrientes, para que passem para a corrente sanguínea precisam ser transformados por processos diversos e selecionados (transformação e triagem). São essas as “necessidades” para que se efetive o proveito do corpo dos nutrientes contidos nos alimentos que ingerimos.

Mas, na aula, nem todos os alunos conhecem os detalhes do processo digestivo, donde a importância da controvérsia, já que entre o problema inicial e solução há um caminho a ser feito: representações que têm sobre a questão em estudo; debates; controvérsias; análises de fontes, pesquisa e investigação; e restituição oral ou escrita da problematização.

Para se fazer esse caminhar entre as representações que os alunos fazem de determinado conteúdo (sua consciência disciplinar – o que sabe sobre uma disciplina ou conteúdo) e os fatos apodícticos (necessidades) que os caracterizam enquanto saber científico, as seguintes etapas são dadas como importantes (ORANGE, 2012): **1)** ouvir o que os alunos pensam sobre a questão; **2)** criar grupos pela proximidade de hipóteses levantadas; **3)** ouvir os grupos e suas explicações de maneira progressiva até se chegar nas mais elaboradas, e que eventualmente mais se aproxime do fato científico estudado (necessidades). É o que Carvalho (2013, p. 12-13), em sua proposta de sequências de ensino investigativas (SEI), chama de etapa de resolução de problemas, nas quais as hipóteses levantadas pelos alunos vão sendo testadas, de modo que podem ver quais deram certo,

quais deram errado, construindo, também pelo erro, sua aprendizagem. Contudo, com seu método, Orange quer incentivar mais do que essa resolução e a reprodução de caminhos para chegar a ela: ele quer incentivar a explicação da problematização, do relatório e da argumentação sobre os caminhos que levaram os alunos a tais soluções, ainda que às vezes não sejam as boas. O essencial é a explicação de sua problematização. Para ajudar, materiais afixados na sala de aula podem ser fontes para informações básicas sobre o tema, de modo que o aluno possa iniciar, em fases mais avançadas da aula, algumas correções de argumentos e superação de certos obstáculos epistemológicos.

Quando se escuta os alunos, lhes é dada a possibilidade de apresentar ao professor e aos colegas suas representações sobre aquele conteúdo. Para falar sobre determinado assunto, o aluno se baseia em certa medida no conhecimento empírico que tem: algo que viu na tv, que aprendeu numa conversa com seus pais, algo que descobriu num museu, etc. Ora, nem toda informação que possui se liga direta ou profundamente com o assunto estudado. Assim, esse aluno é confrontado a uma série de obstáculos epistemológicos. Isso quer dizer que, para explicar fenômenos científicos, ele faz associações que não são no todo corretas do ponto de vista científico.

Para superar um obstáculo epistemológico, que dificulta, que impede o aluno de acessar ao conhecimento, a controvérsia é muito importante. Já na escuta dos colegas, esse aluno é confrontado a diversos pontos de vista. É o momento da ruptura. Aí ele vai compreendendo, talvez, que sua explicação não é a “boa”: por óbvio, estamos imaginando uma aula na qual os alunos propõem respostas cabíveis; e isso é esperado deles nessa etapa da aula. Fala-se aqui de eliminação dos obstáculos já acumulados pela vida cotidiana e da (re)construção do conhecimento pelo aluno (CARVALHO, 2013, p. 06).

Após essa fase de fala e escuta inicial, na qual uma ruptura se opera, o aluno começa a transpor suas visões, talvez distantes do fato científico, ao mesmo tempo que vai construindo novas concepções, mais próximas da realidade científica, da “necessidade” consagrada naquele momento e por isso discutida enquanto saber escolar. Para favorecer essa transposição do aluno, o professor coloca em prática estratégias que as incita e facilita: verbalização; argumentação; textos críticos (orais e escritos). O trabalho em grupos é uma possibilidade nesse sentido. Christian Orange (2012) acha que esses grupos devem ser formados pelo professor, que o fará baseando-se nas informações que foram dadas pelas falas iniciais e individuais dos alunos. Isso significa que os grupos são formados por afinidade de conhecimentos, de ideias.

Formados os grupos, o trabalho de debate de visões se intensifica. As “necessidades”, sempre na perspectiva do apodítico, que explicam um fenômeno, vão sendo identificadas. Os possíveis ou prováveis em relação ao problema vão sendo examinados - o que meu corpo faz para

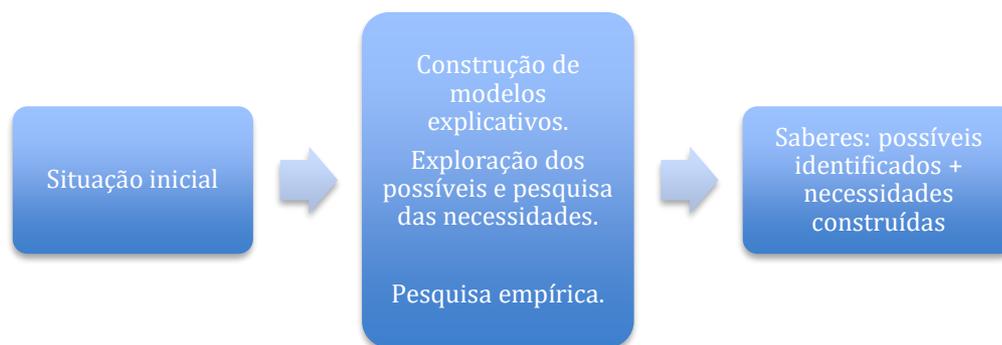
aproveitar os nutrientes daquilo que como? (outras questões são possíveis): na atividade proposta, Orange fala de duas que são essenciais para esses alunos de séries iniciais, que são adaptadas ao saber escolar nessa fase, a transformação e a triagem dos alimentos, repetimos.

O professor em nenhuma hipótese intervém ou dá respostas ou soluções completas aos alunos. Passando pelos grupos e escutando-os, ou lendo seus textos, ele antecipa a próxima etapa da aula, a passagem dos grupos: ele determina a ordem da restituição dada pelos alunos. Evidentemente, cuida para que não haja brincadeiras que depreciem as falas dos componentes de um grupo por seus colegas de turma. O professor, enfim, sistematiza as “necessidades” que explicam a produção do fenômeno científico em análise. Os alunos que têm as melhores hipóteses sobre o problema discutido falam por último. Entretanto, o trabalho, segundo Orange (2005; 2012), não termina aí, porque “no trabalho científico os problemas são vistos como desafios intelectuais” (2005, p. 75). Esse é o “caráter exploratório da ciência” (POPPER, 1985, p. 194), que a vincula à busca permanente por outras explicações.

Na questão da ingestão de alimentos e da nutrição, por exemplo, sabia-se até a primeira metade do século XVIII que os alimentos sofriam um processo físico, a trituração. Na segunda metade do século, o biólogo francês Réne-Antoine Réaumur e os seguintes estudos do italiano Lazzaro Spallanzani confirmaram que a digestão gástrica é também um processo químico. Quer dizer, houve uma evolução no conhecimento. Daí outras projeções foram feitas, outras hipóteses foram levantadas e estudadas. Do ponto de vista da didática de ciências, suas metodologias e práticas, a questão é de estimular essa tradição crítica e de fornecer os elementos para que o aluno entre numa abordagem exploratória e crítica do problema estudado, e que compreenda essa dinâmica da abertura de novos problemas, de novas linhas de estudo a explorar.

Baseado nessa lógica exploratória e crítica da ciência, Christian Orange (2012) espera estimular nas aulas de ciências uma abordagem de investigação compatível com a problematização, que ele representa através do seguinte (Figura 2) esquema:

Figura 2: Esquema (abordagem de investigação compatível com a problematização)



Fonte: Figura 29, (ORANGE, 2012), adaptada.

Na sua abordagem, há um espaço mais importante à problematização, à exploração dos possíveis, à pesquisa empírica, à construção de modelos explicativos e elucidação junto aos alunos do caráter exploratório da ciência e de sua dinâmica permanente de busca por outras explicações e de as discutir. A linguagem é nesse sentido e na sua visão um elemento central, como também em trabalhos brasileiros (CARVALHO, 2013; SASSERON, 2013). A questão é superar a relação problema – solução, e tomar a direção de problema – modelos explicativos – soluções (ou não) – novas problematizações.

Também para Christian Orange (2005), o papel das linguagens nas ciências é fundamental no reforço necessário em relação ao trabalho crítico que se quer desenvolver junto aos alunos por meio da abordagem que ele propõe. Não se trataria de fazer um trabalho exclusivo em torno das linguagens e de abandonar a investigação empírica na construção dos problemas científicos, mas de se apropriar da argumentação, também defendida por Sasseron (2013), oral, descritiva e depois escrita, como meio de se trabalhar a crítica, a problematização científica e por conseguinte o acesso às razões. O pesquisador em didática de ciências baseia sua proposta em Popper, quem defende:

[...]Sem o desenvolvimento de uma linguagem descritiva exossomática, linguagem que, como uma ferramenta, se desenvolve fora do corpo, não pode haver objeto para nossa discussão crítica. Mas com o desenvolvimento de uma linguagem descritiva (e mais tarde de uma linguagem escrita), um terceiro mundo linguístico pode surgir; e é somente por este meio, e somente neste terceiro mundo, que os problemas e normas da crítica racional podem se desenvolver. É a este desenvolvimento das funções superiores da linguagem que devemos nossa humanidade, nossa razão. Pois nosso poder de raciocínio não é outra coisa senão o poder da argumentação crítica (POPPER, 1991, p. 200, apud ORANGE, 2005, p. 82).

Nesse sentido, os debates científicos em classe se justificam por ser uma estratégia didática que permite trabalhar a problematização e a conceituação científica. A ferramenta aqui é a argumentação, comum nos debates entre cientistas, e o incentivo à sistematização, oral e escrita, de ideias, de hipóteses que levantadas e sobretudo dos caminhos e justificativas que levaram os

alunos a elas. No caso da nutrição, ela giraria em torno das “necessidades” de transformação e triagem (ORANGE, 2005, p. 83), como dito antes. A partir das possibilidades apontadas pelos alunos são feitas problematizações que são debatidas e depois escritas e justificadas por argumentos. O pesquisador explica e propõe ainda que

[...] graças à tradição crítica da ciência, a problematização não está mais a serviço da solução de problemas; a relação se inverte: as soluções possíveis servem à problematização. Esta última se desdobra em uma segunda dimensão, a de uma problematização explícita e textual, que só existe através do jogo renovado e monitorado do casal de solução de problemas. Metaforicamente, em ciência, os caminhos da solução de problemas permitem construir o mapa da problematização, o do campo das possibilidades e das “necessidades” que o organizam. E é isto que estabelece os conceitos científicos. Naturalmente, os campos científicos utilizam conceitos categóricos (Lemeignan & Weil-Barais, 1993), que eles explicam da melhor forma possível, mas seus conceitos fundamentais (nutrição, ambiente interno, nutrientes, etc.) estão organizados por “necessidades” [o apodítico, o irrefutável, o fato científico]. Nossa pesquisa também tem objetivos mais práticos, ligados à formação de professores. Caracterizando a problematização científica através da construção de “necessidades” e conduzindo pesquisas empíricas que determinam, para um determinado campo, as “necessidades” acessíveis em diferentes níveis de escolaridade, podemos fornecer aos professores referências para conduzir a problematização estudantil; o que pode ser chamado de “mapas da problematização possíveis”, tomando a forma de “espaços de restrição”. Por outro lado, as análises das atividades linguísticas nos mostram mudanças - designação de conceitos de apoio, designação de necessidades construídas, por exemplo - que favorecem a problematização e que também são indicações para os professores; desde que não tomemos as produções linguísticas correspondentes como metas, mas como uma atividade que faz parte do processo de problematização (ORANGE, 2005, p. 87).

Enfim, trata-se de inserir na prática de ensino de ciência as linguagens, e mobilizá-las da maneira mais aproximada possível do fazer científico dos pesquisadores. Ela não é um fim, mas um meio didático para que a problematização dos possíveis e a pesquisa das “necessidades” (apodítico: o irrefutável, o fato científico) que explicam os fenômenos científicos sejam trabalhados pelos alunos por meio da argumentação, do debate, da escrita, apoiados pela sua investigação empírica e pela construção de modelos explicativos. Ainda no que se refere à questão das linguagens, o trabalho de Carvalho (2013, p. 07) sinaliza a importância de uma perspectiva ampliada de linguagem, não apenas verbal (também gráfica, por tabelas, por figuras), o que nos parece uma perspectiva interessante do ponto de vista didático-pedagógico e que se adequa com o uso de TDIC em aulas de ciências. Afinal, como a escrita é utilizada no mundo científico para sua comunicação e para estabelecer o debate crítico, também outras linguagens participam dessas comunicações.

Com o modelo exposto, Orange deseja fazer então uma abordagem didático-pedagógica que supere o esquema OHERIC “observação – hipótese – experiência – resultados – interpretação – conclusão” pelo esquema PHERIC “problema – hipótese – experiência – resultados –

interpretação – conclusão” (ORANGE, 2012), priorizando-se enfim a abordagem por problematização. O autor argumenta que, primeiro, uma experiência ou uma observação jamais provará uma teoria ou modelo. Há teorias, por exemplo o darwinismo, que são difíceis de provar e há experiências que não conseguem provar um modelo, embora possa questioná-los; segundo, o trabalho científico depende mais da certeza daquilo que se quer observar, do que é possível fazer num primeiro momento, do que de uma obrigação de observação, que às vezes pode se revelar sem interesse científico. A abordagem OHERIC limita sobremaneira os professores à obrigação de observar, examinar um fenômeno antes de estudá-lo, além de partir do princípio de que os cientistas fazem sempre assim, o que no final das contas nem sempre acontece. Em ciências, em geral, parte-se raramente de uma observação, mas, sobretudo, de um problema, de uma problemática. Quer dizer, não há obrigatoriedade de se observar algo para se levantar um problema a ser estudado. No trabalho em sala de aula, pode-se trabalhar em torno de questões cuja observação não é obrigatória (a transformação química dos alimentos e o proveito do corpo dos nutrientes que fornecem; os fenômenos que permitem que eu flexione meus braços; a sobrevivência de um feto no ventre materno; o que leva a produção de uma erupção vulcânica; os impactos do coronavírus, e em especial da Covid-19, no corpo humano: seus caminhos, processos; o porquê de algumas doenças, aí incluída a Covid-19, serem avassaladoras para certas populações, bairros, classes sociais e as soluções possíveis frente a questões de saúde pública como a atual). O autor defende que a abordagem PHERIC, que parte do problema, ou da problematização, é mais rica, mais próxima da abordagem científica matriz, o que levaria portanto os alunos a um letramento científico mais completo, colocando-os numa lógica de debate crítico, de questionamento permanente, de formulação de novas hipóteses e busca por suas “necessidades”.

Essa linha metodológica, que se atribui mais proximidade com o fazer científico, não excluirá portanto a utilização da abordagem OHERIC, aquela iniciada pela observação, em virtude do conteúdo e da resolução de problemas. A abordagem PHERIC dialoga, ainda, e é aprofundada pela de Freitas, para quem “o processo de ensino deve promover o desenvolvimento do pensamento do aluno por meio da análise genética, que permite explicar o fenômeno ou conceito com base em sua origem, em sua essência, e não em sua aparência externa” (2012, p. 412). Para essa autora, é importante para o aluno que compreenda o todo, seguindo mentalmente as etapas fundamentais para que um conceito se forme. “Tal princípio caracteriza, no ensino desenvolvimental, uma ligação íntima com a aplicação do método de pesquisa no ensino” (FREITAS, 2012, p. 412). Baseada em princípios do pesquisador vigostkiano Vasily Vasilovich Davydov (1982, apud FREITAS, 2012), sua ideia é de que a atividade mental dos alunos seja promovida objetivando-se o desenvolvimento de “suas personalidades como sujeitos ativos” (p.

412). Como na linha de Orange, PHERIC, entende que há um papel a ser feito pelo professor na aproximação do pensamento investigativo dos alunos ao dos cientistas, devendo-se para tanto propor tarefas que favoreçam esse movimento ao mesmo tempo que favorece a compreensão e a gênese do conceito em foco. “Nessas condições, os alunos vão formando conceitos como procedimentos para pensar e realizando com eles ações e operações, no plano da atividade mental” (FREITAS, 2012, p. 413). Os problemas devem ser atrativos, mobilizar as emoções, o desejo e necessidade de aprender e, conforme Davydov (1999, apud FREITAS, 2012), “o motivo deve corresponder ao próprio objeto da aprendizagem” (FREITAS, 2012, p. 413). Enfim, “no ensino desenvolvimental, a busca da solução do problema visa à criação de novas estruturas e procedimentos mentais pelo aluno (e vice-versa)” (p. 415). Numa perspectiva crítica, o resultado dessa aprendizagem do aluno deve ter efeitos na sua formação crítica, que deve se refletir na sua visão de mundo a na forma como nele atuará, como vai compreendê-lo, influenciá-lo e transformá-lo.

Esse trabalho seria possível em tempos convencionais. Tempos nos quais não estaríamos por uma razão alheia às nossas vontades e condições impedidos de ir e vir; de nos encontrar; de nos reunir para quaisquer atividades, inclusive a de estudar. Nesse tempo de crise sanitária, de pandemia de coronavírus Covid-19, como em outras vividas ao longo da história, de alguma forma, tentamos nos agarrar à esperança de retorno à situação anterior, pelo menos no que se refere à liberdade de ir e vir, de encontrar, de se reunir, também na universidade, no colégio, na escola.

As pandemias têm esse poder de aterrorizar as pessoas: elas as situam num lugar novo, que não é normal à humanidade: um lugar desconhecido. Elas dividem e sufocam a sociedade. A coesão social adoce, ainda mais. Nesses tempos de crise sanitária, alguma forma de educação é possível? A abordagem de ensino de ciências proposta por Christian Orange (2005; 2006; 2012) em particular e das abordagens propostas por pesquisadores brasileiros do campo seria possível neste momento de crise, de isolamento social, de fechamento das escolas e conseqüente impedimento de reunião de professores e alunos em sala de aula? Evidentemente que sim. E não apenas para as propostas de Orange, repetimos, já que aquelas dos pesquisadores brasileiros em didática de ciências aqui citados, e também outros, em alguma medida, tomam uma linha mais interativa entre professores e alunos e de aprendizagem buscada pelo estímulo a trabalho ativo dos alunos, bem como da formação crítica desses alunos (FREITAS, 2012).

Com o advento das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC), hoje, existe essa possibilidade de interação, de ensino investigativo, de ensino por problematização. Para facilitar a tarefa, cabe considerar uma perspectiva metodológica interessante e usada em cMOOC. Nosso exercício na seção seguinte é de imaginar a relação possível entre o ensino de ciências por

problematização e as ferramentas metodológicas já existentes em TDIC mobilizadas em cMOOC, além de serem levantadas perspectivas críticas em ensino de ciências (FREITAS, 2012) com TDIC (ANGOTTI, 2015) que podem enriquecer a abordagem de Christian Orange.

### **Os cMOOC e o ensino de ciências por problematização e novas trilhas**

Nós poderemos futuramente estudar e debater sobre a qualidade, alcance e efetividade das ações pedagógicas colocadas em prática durante a pandemia de Covid-19, mas deve-se reconhecer o grande esforço e envolvimento de professores das redes pública e privada por todo o Brasil na manutenção das aulas. Como vimos na introdução deste artigo, as TDIC figuram, mais agora do que antes, no horizonte de interesses e preocupações dos professores. Às vezes pela urgência, porém, muitos professores aprenderam ou estão aprendendo agora a usar as TDIC com fins pedagógicos, algo perfeitamente possível (ANGOTTI, 2015). Além disso, Silva (2020) mostra que o “uso da tecnologia agora será uma constante em suas práticas”, sem esquecer portanto os abismos no que se refere ao acesso às TDIC, desafio para o qual a crise chama atenção.

Em que pesem os problemas relatados, há uma clara tendência nesse tempo de crise pela adoção das TDIC, de modo a se garantir a continuidade do trabalho pedagógico. Essa tendência, aliada à proposta didática para o ensino de ciências de Christian Orange, nos fez refletir sobre sua aplicação com TDIC, que se apoia também em movimento existente de ensino de ciências com TDIC (ANGOTTI, 2015; ALBUQUERQUE; SANTOS; GIANNELLA, 2017; SOUTO; LAPA; ESPÍNDOLA, 2019). A partir daí, começamos a estudar seus recursos e buscar práticas já existentes que se aproximassem ou que coincidissem com a abordagem de investigação com problematização.

Por que procurar algo existente? Justamente, para convergir com a sabedoria da prática docente, na acepção de Shulman (1986), quem, nesse caso, ensina que não há necessidade de tudo inventar. Há mais adaptações a fazer do que propriamente criações. Em grande medida, continuamos a dar nossas aulas baseados em nossas experiências. A partir delas, adaptamos. Por certo, há também uma parte de originalidade e outra parte de necessidade de formação, em relação às TDIC por exemplo. Mas, quase sempre, trata-se de conhecer ferramentas didático-pedagógicas que não conhecíamos antes, ou que não dominávamos integralmente. Esse é o caso para muitos, das possibilidades didático-pedagógicas relativas aos *Massive Open Online Course* (MOOC).

Na perspectiva que adotamos, trabalhar a partir de algo existente, os MOOC se revelaram, no que diz respeito às abordagens didático-pedagógicas que são desenvolvidas a partir deles, uma fonte interessante para inspirar a ação de ensinar em tempos de crise. Amplamente difundida no Ensino Superior europeu, americano e progressivamente ganhando lugar em instituições

brasileiras, os MOOC, geralmente conhecidos a partir das grandes plataformas do gênero (edX, COURSERA, etc.), são estudados por diversos trabalhos (CHARLIER, 2014; ANGOTTI, 2015; ANDRADE; SILVEIRA, 2016; FLUCKIGER, 2017; FIDALGO; SEIN-ECHALUCE; GARCIA-PENALVO, 2013). Por meio de seus cursos, eles poderiam representar inovações pedagógicas (CHARLIER, 2014, p. 01; FIDALGO; SEIN-ECHALUCE; GARCIA-PENALVO, 2013).

Há duas formas de MOOCS: os cMOOC e os xMOOC. O primeiro, é “baseado no conectivismo e na interação entre os participantes” e o segundo segue uma lógica de formação instrucionista, utilizando-se de vídeos, exercícios de “memorização e reprodução” (ANDRADE; SILVEIRA, 2016, p. 105), quer dizer, são em geral mais transmissivos (CHARLIER, 2014, p. 03).

Os cMOOC são portanto aqueles que nos interessam mais em relação à metodologia proposta por Christian Orange e demais pesquisadores em didática de ciências citados neste trabalho: porque dão espaço para a investigação, para a argumentação, para a restituição crítica e escrita dos estudantes, para o seu desenvolvimento intelectual, conforme Freitas (2012), ao mesmo tempo que toma como recurso a mobilização das linguagens.

[...] Segundo Couros, o conectivismo pode se aproximar do sócio-interacionismo em tempos de ensino-aprendizagem massivo colaborativo em rede. Couros reforça que uma abordagem conectivista para o projeto de um curso reconhece as complexidades da gestão do conhecimento e da aprendizagem na era digital. Em resposta a este ponto de vista teórico, o curso promoveu o desenvolvimento de redes de aprendizagem pessoais (RAP) por estudantes e facilitadores para ajudar no conhecimento e na formação de grupos/redes de alunos. As ferramentas de cada RAP eram variadas, podendo consistir de um blog pessoal, wiki, bookmarking social, microblog e outros serviços de compartilhamento de mídia social. Cada aluno desenvolveu uma RAP diferente, composta por diversos membros, de dentro e fora da comunidade, é claro. Essas redes foram desenvolvidas através de uma abordagem centrada no aluno, com o entendimento de que as necessidades de cada um no curso foram dramaticamente diferentes (COUROS, 2006, apud ANGOTTI, 2015, p. 31).

Existe nesta perspectiva, ainda a possibilidade de estímulo a um Pensamento Aberto, que “significa criticar, questionar, buscar e rejeitar tecnologias ou formatos que comprometam o poder dos adotantes, especialmente na liberdade de usar, reusar, editar e compartilhar trabalhos e ferramentas criativas” (COUROS, 2006, p. 138, apud ANGOTTI, 2015, p. 31). Quer dizer, na genética dos cMOOC esses princípios do conectivismo estão presentes. Na sua engenharia didática, a maneira como o conhecimento é trabalhado, os papéis do professor e aluno são pensados para que haja uma interação pedagógica envolvendo esses atores. Há nesse tipo de MOOC uma adaptação às necessidades de cada usuário (FIDALGO; SEIN-ECHALUCE; GARCIA-PENALVO, 2013, p. 481), que gerenciam os recursos e os compartilham por meio de redes sociais. “A cooperação na geração do conhecimento é um aspecto fundamental para melhorar

tanto o próprio processo de aprendizagem como a qualidade, quantidade e variedade dos recursos” (FIDALGO; SEIN-ECHALUCE; GARCIA-PENALVO, 2013, p. 486).

O caráter interativo e cooperativo dos cMOOC, incitou os últimos autores citados a investir num projeto de MOOC de tipo xMOOC, mais transmissivo, a ele “integrando as vantagens de um MOOC de tipo C” (FIDALGO; SEIN-ECHALUCE; GARCIA-PENALVO, 2013, p. 482), mais interativo e construcionista. O resultado é que com essa perspectiva colaborativa, de investigação, de avaliação por pares, o MOOC mesclado teve uma taxa de abandono de 70%, quando o detectado em xMOOC é de 90% de evasão.

[...] o conceito de abertura também tem conotações diferentes; a autonomia do aluno na construção do seu processo de aprendizagem e o uso de redes sociais e interação com os demais alunos são enfatizadas pelos cMOOCs, ao passo que os xMOOCs são baseados em um modelo de tutorias que estabelece uma relação de um-para-muitos para chegar ao conceito de massividade. Ainda em relação aos xMOOCs, ser “aberto” pode significar “sem custo” – com opção de pagamento pela certificação –, não estando, portanto, relacionado com acesso aberto e irrestrito ao conteúdo (ANDRADE; SILVEIRA, 2016, p. 105).

Outra interessante possibilidade didático-pedagógica dos cMOOC é de se trabalhar com classes invertidas (FLUCKIGER, 2017, p. 130). Os alunos podem buscar nas redes sociais ligadas ao cMOOC os recursos para desenvolver seus conhecimentos científicos. Eles podem compartilhar e ter acesso a recursos que enriquecem seus conhecimentos para, depois, em sala de aula, mesmo as virtuais (ZOOM, TEAM, etc.), comuns nesses tempos de crise, debater suas investigações; argumentar, apresentar, restituir seus achados, aprendizados, mas também suas dúvidas. Essa estratégia também responde, em certa medida, à preocupação com o fato de que alunos muito jovens frente às TDIC não cumpram sua parte no trabalho pedagógico, a de estudo. A formação de comunidades e redes de aprendizagem, envolvendo alunos e professores, estabelece um processo de avaliação por pares, sustenta os elos da relação didático-pedagógica que se estabelece nesse meio, além de instalar uma cultura de estudo, de crítica, de questionamento permanente, de instauração de sólidas comunidades virtuais (ANGOTTI, 2015, p. 28).

Há várias bases, algumas gratuitas inclusive que podem servir às redes públicas e privadas e professores que queiram trabalhar por esse meio: os ambientes virtuais de aprendizagem (AVEA), o MOODLE sendo uma base gratuita. Esses espaços, valorizando perspectivas sócio-construtivistas, se abrem a possibilidades de trabalhos pedagógicos ricos, que exercitam capacidades intelectuais mais avançadas (ANGOTTI, 2015, p. 26), o que converge com a perspectiva de ensino de ciências referida neste trabalho. Por óbvio, abordagens mais tradicionais também são possíveis, e as metodologias e práticas de ensino empregadas podem ter inspiração plural. Isso dará mais coragem para o professor que é mais inseguro, tanto com a tecnologia quanto com as metodologias

ativas, de conhecer, utilizar e experimentar pedagogicamente em prol da continuidade e melhoria da educação de seus alunos.

Essas possibilidades são evidentemente a serem estudadas. Não se defende aqui, obviamente, uma transposição direta dos MOOC como recurso didático-pedagógico nos seus moldes originais: a abertura a todos e uma distribuição massiva no âmbito da educação escolar não parece adaptada às crianças. Trata-se sobretudo de apropriação de inovações didático-pedagógicas, metodológicas, que poderiam ou ser elencadas dos MOOC, e sobretudo dos cMOOC, ou inspiradas e transpostas deles à educação escolar. Algumas adaptações seriam por certo necessárias. Mas, se retomarmos as pesquisas sobre a visão dos professores (FCC, 2020; GRANDISOLI; JACOBI; MANCHINI, 2020; SILVA, 2020) em relação ao trabalho pedagógico neste momento de crise causada pela pandemia da Covid-19, lembraremos da inclinação que manifestam ao trabalho por meio de TDIC e redes sociais, o que os aproxima da metodologia empregada nos cMOOC.

Plataformas do tipo MOOC, para ensinar matemática, química, física, como o Khan Academy, ajudam os estudantes a aprender essas disciplinas e aos docentes no trabalho pedagógico em torno dessas matérias (WERARATNE; CHIN, 2018). Essas possibilidades podem tanto enriquecer o trabalho pedagógico cotidiano quanto auxiliar alunos e professores no processo de ensino-aprendizagem de ciências em momentos de crise, como o atual, de pandemia da Covid-19.

No que se refere às redes sociais, como o *Facebook*, o trabalho de Santos et al. (2020), sobre ensino de geometria, é uma prova de que bons resultados pedagógicos são possíveis por meio dessa rede social. Como as crianças não podem ter acesso a esse tipo de rede social, defendemos que sejam criadas redes sociais oportunas para o trabalho pedagógico. Elas podem ser próprias, internas a cada escola e a seu projeto pedagógico; também, podem ser interescolares, na esfera de um projeto pedagógico local ou de uma rede de ensino.

No âmbito das aulas de ciências, os cMOOC poderiam inspirar metodologias e práticas de ensino sob a abordagem com problematização, na acepção de Christian Orange (2005; 2006; 2012)? Nos parece que sim. A nosso ver, as características dos cMOOC se enquadram nas preconizações do pesquisador em didática de ciências, e vice-versa, bem como nas práticas de ensino de ciências propostas por pesquisadores brasileiros, também citados neste trabalho pelas convergências teórico-metodológicas que têm com o autor francês. O quadro a seguir resume em certa medida essas relações possíveis entre cMOOC (seus métodos) e Ensino de Ciências, como pensado por Orange, mas também por Freitas (2012), por Carvalho (2013), por Sasseron (2013), e outros pesquisadores brasileiros.

Quadro 1- cMOOC e as relações com Ensino de Ciências

cMOOC	Ensino de Ciências por problematização e outros.
Adaptação às necessidades do usuário	Diversidade de linguagens (gráficos, tabelas, textos, vídeos, etc.); flexibilidade de tempo; banco de dados amplo e diverso nas formas (digital; textos; áudios; vídeos); representação discente sobre o tema/conteúdo; abordagem pelo problema mais do que pela observação (Orange); mobilizar o desejo e a necessidade da aprendizagem (Davydov; Freitas), condições para compreensão do conceito em sua gênese e fatores condicionantes.
Interação pedagógica (diversos formatos possíveis: vídeos gravados; aulas síncronas ; todo tipo de participação em fóruns de debate e redes sociais)	Reflexão e apresentação individual do aluno; debates e controvérsias; defesa e teste de hipóteses/possíveis; debater seus modelos explicativos; levantamento dos obstáculos epistemológicos; argumentação crítica (oral/escrita); construção de “necessidades” e/ou novas linhas de estudo. Análise genética do problema (Freitas).
Cooperação na geração de conhecimento	Trabalho em grupos; levantam-se as “necessidades” (apodítico = irrefutável no saber científico em pauta)/possíveis; teste de “necessidades” /possíveis; preparação de relatórios orais ou escritos e de apresentações gráficas, sonoras; construção de modelos explicativos; superação dos obstáculos epistemológicos; mudanças no pensamento discente (Freitas).
Classes invertidas Disponibilização de banco de dados	Pesquisa/Investigação pelos alunos; argumentação (Sasseron); relatórios; defesa de hipóteses; problematização a partir dos possíveis/hipóteses
Redes sociais / Fórum / Mural eletrônico (por exemplo, do tipo wiki) <sup>3</sup>	Mural de opiniões ; lista de hipóteses ; compartilhamento de investigações/pesquisas; fórum de debates; diversas linguagens são possíveis (textos, gráficos, vídeos, áudios, tabelas, etc.); compartilhar seus modelos explicativos; argumentação; passagem da ação manipulativa à intelectual (Carvalho).

Essas relações possíveis não são exaustivas no que se refere à riqueza de possibilidades no âmbito da didática para o ensino de ciências. Apesar disso, é uma base para que, nos limites deste escrito, reflitamos sobre as possibilidades e limites da relação cMOOC (seus métodos) e Ensino de Ciências por problematização. A vantagem na abordagem de Orange é seu foco no problema (abordagem PHERIC) e menos na observação, o que numa abordagem a distância é mais fácil de ser operacionalizado, já que não há material físico a manipular, nem um modelo experimental a seguir, reproduzir e testar, embora também possível (ANGOTTI, 2015). O trabalho discente gira em torno do problema sem a obrigação de que o tema que evoca seja observável e/ou visível.

Assim, pensemos primeiro pensar nas questões didáticas. Nos parece que num primeiro momento, quando é posta a questão científica, e que se quer trabalhar juntos aos alunos, uma transmissão síncrona ou assíncrona, ao vivo ou gravada, pelo professor, é possível por meio de qualquer plataforma de educação a distância. Como o foco é a formulação de um problema e o

<sup>3</sup> “... a ferramenta wiki – capaz de mediar produções textuais coletivas e de contribuir para a formação e manutenção de comunidades virtuais, como o caso da tão conhecida enciclopédia Wikipédia. Através dessa ferramenta, um internauta pode alterar qualquer conteúdo apresentado em um site com tal recurso, através do próprio browser utilizado para navegação” (BECKER, 2011, p. 58).

levantamento das possibilidades (possíveis/hipóteses), e menos na manipulação ou observação de e a partir de material de laboratório por exemplo, o trabalho a distância se descomplica, ao mesmo tempo que, em fases mais avançadas da aula ou da sequência didática, diversos recursos digitais podem ser mobilizados para se ilustrar um fenômeno; para se confirmar ou refutar possibilidades, hipóteses e para explicar os fenômenos e apreensão de suas “necessidades”.

A fase seguinte, escutar os alunos com suas representações empíricas relativas ao problema em questão, pode ser feita também ao vivo, aluno por aluno, como se estivessem na sala de aula, presencialmente. Opcionalmente, essas falas podem ser registradas e enviadas pelos alunos via plataforma ou pela rede social que se utiliza no curso. Outra opção, os alunos podem escrever suas representações sobre o tema num mural privado, primeiro, de modo que não se copiem entre si. O ideal, nesse caso, seria que de fato os alunos estivessem trabalhando sincronizados com o professor nesse primeiro momento, de **ruptura**, no qual ele começa a avançar em relação às suas concepções iniciais sobre o tema problematizado.

As formações dos grupos podem ser feitas eletronicamente. As plataformas, que dão suporte aos cursos do tipo cMOOC e outros a distância (AVEA-MOODLE), permitem a formação de grupos de trabalho separados do restante dos alunos. O resultado desse trabalho poderia no formato a distância se servir das redes sociais que a plataforma propôs aos alunos. Ainda, opcionalmente, um fórum de debate e/ou um mural eletrônico podem ao comando do professor receber os modelos explicativos propostos pelos discentes. Daí a discussão em torno do campo dos possíveis, relativos às necessidades que explicam os fenômenos científicos em estudo, podem ser aí mantidas ou retomadas por conferências *online*.

A construção dos modelos explicativos pode se servir dos recursos compartilhados pela comunidade de alunos da turma, ou da escola, ou de uma rede de ensino estudando o mesmo tema – obviamente no trabalho escolar uma vigilância docente quanto à validade desses recursos é estritamente necessária. Para se evitar problemas com a qualidade das informações científicas manipuladas pelos alunos, as escolas podem propor banco de dados preparados para a plataforma. A investigação pode ser feita aí ou a partir de outros recursos ou base de dados propostos ou validados pelo professor, sempre que houver um recurso que foi proposto por algum aluno ou grupo a partir de seu trabalho de investigação. Vejam que “o recurso” é um atributo relativo à prática pedagógica nos cMOOC que se adequa a essa possibilidade de apropriação para uma aula de ciências em tempo de crise ou simplesmente a distância.

A exploração dos possíveis (possibilidades; hipóteses) pelos alunos e grupos pode se aproveitar da possibilidade de classe invertida, a distância também. Eles levantam as hipóteses, fazem suas pesquisas, constroem seus modelos explicativos, fazem suas propostas argumentadas,

ou em áudio e/ou por escrito e vão eliminando ou confirmando essas informações na confrontação com o professor ou com os demais colegas nos momentos de trabalho coletivo. Aí, a formação do saber científico se consolida pela identificação das “necessidades” fruto da exploração e pesquisa que fizeram de modo a transporem as barreiras epistemológicas que suas representações empíricas sobre o assunto estudado eventualmente lhes impunham. Alguns grupos não chegarão às “necessidades” do fenômeno (transformação e triagem, na questão da nutrição), mas de antemão começam a desenvolver as competências da elaboração científica e, por fim, pela confrontação, pelo debate crítico, também apreenderão o saber científico em tela.

O uso das linguagens, importante na abordagem de Christian Orange (2005), mas também na didática de ciências em geral (CARVALHO, 2013; SASSERON, 2013), pode ser amplamente estimulado e utilizado a distância. Nos cursos de EaD, e também nos cMOOC, a argumentação, a escrita, o pensamento crítico, são elementos possíveis e em geral muito explorados. Então, não há razões para que eles não o sejam nas aulas de ciências em questão, já que a sua abordagem didático-pedagógica prevê a argumentação, o relatório escrito e oral como ferramentas de estímulo à crítica, ao questionamento presentes no fazer científico e que se quer estimular pela abordagem relatada por Christian Orange.

Alguns aspectos de ordem técnica devem também ser levados em conta. Eles deveriam ser ponto de reflexão e de pesquisa na direção de uma preparação mais adequada a esse e outros tempos de crise. O primeiro se relaciona à questão material que envolve as TDIC necessárias para o trabalho escolar aqui previsto e para tempos de crise semelhantes ao que vivemos, já que nem todos os alunos têm acesso às tecnologias ou não o têm com a qualidade necessária para o sucesso da abordagem didática em foco. Depois, em segundo, nem todos os gestos que seriam possíveis numa sala de aula convencional o serão numa sala de aula virtual. A gestão docente sobre o trabalho discente fica em certa medida bastante prejudicada. Ela é, portanto, necessária, já que os alunos “já estão usando as TDIC para aprender” (PIMENTEL, 2015, p. 161), mas necessitam de interação com os professores para que o processo de aprendizagem seja efetivo. Hoje, o problema em relação aos alunos é cada vez mais relacionado à necessidade de que sejam acompanhados e orientados por professores na utilização pedagógica das TDIC do que na sua assimilação da cultura digital (PIMENTAL, 2015), um problema que progressivamente vai se resolvendo. Enfim, muitos docentes, porém, aprenderam a utilizar as TDIC pedagogicamente por causa dos tempo de crise sanitária e têm um caminho de formação a fazer no campo em questão (SILVA, 2020). Assim, pelo menos três frentes são urgentes em termos de estudos científicos e futuras ações públicas: a formação discente para o uso pedagógico das TDIC; a formação docente para o uso das TDIC; o investimento em projetos de informatização das escolas brasileiras com tecnologia e recursos

nacionais, mais baratos e sustentáveis. Tudo isso, prestando-se atenção aos aspectos críticos e às concepções críticas no emprego das TDIC (SANTOS; FERREIRA; MANESCHY, 2020) e a uma abordagem didática multidimensional, tanto na mobilização de TDIC nas práticas de ensino, assim como nos estudos sobre essas práticas e metodologias de ensino (SANTOS; FERREIRA, 2020), com aguda atenção às especificidades da educação brasileira e da riqueza e complexidade de suas demandas didático-pedagógicas. A situação atual de crise sanitária e as consequências que engendra são evidentemente elementos a mais nessa complexidade e a serem considerados nessas pesquisas e futuras políticas educativas, ainda na direção de solidariedade, humanidade e justiça social no Brasil.

### **Considerações finais**

Uma crise dentro de diversas crises. Eis o que representa para o Brasil a crise sanitária que se instalou no mundo no ano de 2020, de coronavírus-Covid-19. Os desafios, frente aos quais está a educação brasileira, são agora agravados por causa da crise sanitária instalada. Apesar disso, vimos que os professores brasileiros, a despeito de serem vítimas dessas e das demais crises que se abateram sobre o Brasil nos últimos tempos (política; econômica) – tendo sido desautorizados, desvalorizados, desrespeitados, agredidos moralmente, verbalmente e fisicamente, numa escalada gravíssima da violência contra os professores, não vista há décadas no Brasil e tristemente inédita em muitos aspectos - não têm medido esforços para garantir de alguma forma o ensino aos alunos brasileiros. Muitos caminhos foram sendo abertos – em muitos casos pela mobilização pessoal de professores, confirmando o seu grande compromisso profissional e social com a educação - para se operacionalizar esse trabalho: impressão de atividades, correção por redes sociais, por aplicativos de conversa por texto e por áudio (WhatsApp) ou por redes sociais (Twitter; Facebook) roteirização e publicação de vídeo aulas em plataformas como o YouTube ou aulas ao vivo pelo mesmo canal ou pelo Instagram (algumas redes, como a estadual de São Paulo, fizeram transmissões pela plataforma de vídeos YouTube, mas também pelas TV locais e universitárias, como a da UNIVESP; os professores das redes municipais de educação da cidade do Rio de Janeiro, de Niterói e de Duque de Caxias, todas fluminenses, também fizeram esforços louváveis para garantir a continuidade pedagógica em suas redes); roteirização e publicação de *podcasts*; recursos tecnológicos tradicionais (impressos; vídeos e áudios) foram usados por muitas escolas e redes; nesses casos, alunos ou responsáveis buscavam esses materiais nas escolas e os retornavam para correção, quando ela não acontecia pelos meios digitais mencionados acima, já que muitas combinações do uso desses recursos tecnológicos, digitais ou analógicos, foram feitas. Esses

esforços já consideravam a dificuldade ou o não acesso de muitos alunos e professores às TDIC em seus lares.

Enquanto escrevíamos este artigo, nenhum dos aspectos acima referidos foram esquecidos. Portanto, este escrito se vinculou à própria abordagem científica que aqui é referida para o ensino de ciências, quer seja presencial ou a distância, quer seja com TDIC ou outras tecnologias tradicionais (analógicas); queremos dizer, tentamos olhar para o fenômeno em curso – a pandemia; a centralidade da educação; a necessidade de ensino científico crítico; de se pensar em estratégias metodológicas para o ensino; de promover a atividade intelectual discente, o seu pensamento crítico - de compreendê-lo e levantar hipóteses, no âmbito da didática de ciências, das TDIC, que poderão ser testadas por outros pesquisadores, professores, pedagogos, alunos e outros atores escolares e sociais que se interessem pelo refletir criticamente sobre as possibilidades didático-pedagógicas aqui discutidas, agora e futuramente, de modo que em crises futuras todas as hipóteses aqui levantadas, ou geradas a partir dela, tenham sido testadas, criticadas, validadas, rejeitadas, gerando-se assim novos fatos científicos (apodítico; necessidades) no campo da didática das ciências e/ou na sua relação com as TDIC e ainda novas questões e pesquisas.

Nosso desejo não foi, portanto, de escapar ao problema, de apenas observá-lo; mas, de fazer o que na urgência na qual vivemos é possível fazer: levantar-se as hipóteses e abrir o debate em torno delas; abrir-se às controvérsias; se lançar na aventura do ensaio científico, da investigação, do desejo de saber mais sobre o problema agora mesmo e, no futuro, o que no presente não foi possível desvelar; de se abrir para a possibilidade de superação de obstáculos epistemológicos que não vemos hoje. Finalmente, não tivemos a pretensão de trazer aqui nenhum conhecimento absoluto, mas de propor linhas de ação eventualmente na urgência que vivemos ao mesmo tempo em que nos projetamos nas futuras pesquisas sobre os temas aqui levantados, de modo que avancemos na reflexão sobre o que aqui foi proposto, bem como sobre a relação possível entre o ensino de ciências e TDIC.

Não obstante, podemos desde já reconhecer alguns aspectos que precisam ser observados em futuros trabalhos nossos, e em outras pesquisas, que não foram especialmente focalizados neste trabalho. Eles são vários, mas destacaremos apenas quatro: 1) a necessidade de se guardar uma visão e ação crítica frente às TDIC; 2) a necessidade de democratização do acesso às TDIC, de modo que não haja pela intensificação de sua utilização pedagógica um adensamento das diferenças educacionais e sociais; 3) a necessidade de se investir em abordagens didáticas de ciências cada vez mais críticas, mais próximas da abordagem científica e mais voltadas para a compreensão integral do problema e da capacidade de se formular outros criticamente, além da democratização de recursos fundamentais para o ensino-aprendizagem das ciências; 4) a necessidade de uma

abordagem de pesquisa didática e de mobilização das TDIC dentro de uma perspectiva didática crítica, multidimensional.

O primeiro aspecto, se relaciona às concepções críticas de tecnologia (SANTOS; FERREIRA; MANESCHY, 2020; FEENBERG, 2003), que implica na compreensão de que as TDIC estão sendo progressivamente integradas à vida das pessoas, das escolas (PIMENTEL, 2015; SANTOS et al., 2020), dos alunos (PIMENTEL, 2015; MARCELO; RIJO, 2019; SALATINO; BUENO, 2015). Porém, elas precisam ser democratizadas no que se refere à sua concepção, ao seu *design*, que é feito e dominado por poucos, ao risco de, mantida essa via, se agravar as exclusões, as diferenças educacionais e as sociais.

A pesquisa no campo da didática com TDIC deve sobremaneira considerar essas preocupações, pelo óbvio, para lançar luz sobre os problemas emergentes e indicar linhas de ação a serem mobilizadas por meio de políticas educativas e outras que evitem uma virada tecnológica digital que favoreça, amplie e mantenha as diferenças educacionais, sociais e outras. Que, como novo elemento de linguagem, seja apropriada para separar quem concebe o desenho do tecnológico digital de quem apenas o consome, sem compreender nem o fenômeno das TDIC em si nem os de exclusão que pode engendrar.

O segundo aspecto, da inclusão digital, incorpora o precedente, da sua apropriação técnica (seus usos, mas também concepções) e também filosófica (para que afinal serve? Para quem serve? Que efeitos seu *design* traz para nossas vidas e por quê?). Esse trabalho mostrou que, com apoio de pesquisas na área, apesar da ampla oferta de atividades educativas durante a crise em curso, é baixa a taxa de presença de alunos nessas plataformas, em parte pelas suas dificuldades materiais, mas também pela falta de acompanhamento presencial de professores e pedagogos em relação ao seu trabalho escolar. Mesmo em instituições como o Colégio Federal Pedro II, no Rio de Janeiro, detectou-se (levantamento de sua reitoria) que cerca de 30% de seus alunos não tinham durante a pandemia de coronavírus Covid-19 acesso a equipamentos de TDIC. Na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), igualmente sua reitoria estima que 15% de seus alunos não têm esse acesso, razão pela qual suas aulas foram longamente suspensas: não se queria ninguém excluir, tendo essas instituições mobilizado recursos para equipar os seus estudantes.

Em todo o país, a exclusão digital tem sido debatida, buscando-se ainda no período da crise sanitária respostas, soluções, mais ou menos eficazes, para esse grave problema de produção de mais exclusão educacional e social por causa do não acesso de muitos a equipamentos tecnológicos, ferramentas digitais e redes de internet e telefone de qualidade ou sequer de baixa qualidade. Por óbvio, este ensaio não responde às questões relativas às diferenças sociais e, por consequência, educacionais, relativas aos eventuais prejuízos pedagógicos para alunos com problemas de acesso

à internet e a equipamentos tecnológicos ou de dificuldades relativas à sua utilização. Trabalhos no campo da sociologia da educação e em didática da informática na e para a educação escolar, didática do ensino de ciências, deverão se juntar aos esforços de pesquisa que serão necessários no campo educacional. Não é segredo que o acesso à cultura, a bens culturais e materiais são fatores de distinção e de agravação de diferenças educacionais e sociais em relação aos que não têm acesso a esses bens (LAHIRE, 2019).

O terceiro aspecto, das questões didáticas sobre as quais devemos estudar mais intensamente, nos chama atenção para a necessidade de generalização das metodologias de ensino de ciências que favoreçam o desenvolvimento intelectual de seus alunos, mobilizando-se, em todas as escolas do país, com mais investigação, conforme Carvalho (2013); mais argumentação, conforme Sasseron (2013); mais problematização conceitual, conforme Orange (2003; 2005; 2006; 2012); mais ensino desenvolvimental, com foco no desenvolvimento intelectual dos alunos cada vez mais crítico, conforme Freitas (2012). Que se invista mais em metodologias didático-pedagógicas que encarnem a forma como o aluno representa determinado conceito, qual sua consciência (COHEN-AZRIA; LAHANIER-REUTER; REUTER, 2013) (representação) sobre determinado conteúdo disciplinar, de sorte que o professor possa se adiantar sobre quais eventuais barreiras epistemológicas seu aluno pode ter em relação ao conhecimento objetivo; para que o professor capte melhor as eventuais lacunas entre o que o aluno pensa que é o objeto e o que ele é de fato.

Há, nesse sentido, também uma questão forte que se liga ao financiamento da educação. Antes de tudo, equipar as escolas públicas do país com instalações e materiais adequados ao ensino de ciências é um imperativo, devendo-se garantir a pluralidade de abordagens didático-pedagógicas, mas, antes disso, a efetividade de suas práticas (ANDRADE; MASSABNI, 2011) ainda que mais fundamentais no ensino de ciências (experimentos, modelizações, solução de problemas, etc.). Em escolas equipadas com laboratórios e materiais para o ensino de ciências há melhora dos resultados dos alunos e da escola (PINTO; VIANA; OLIVEIRA, 2013). Como no caso das diferenças de acesso às TDIC, aquelas relativas ao acesso de escolas e alunos, sobretudo de redes públicas ou privadas em regiões mais pobres, a laboratórios e demais equipamentos necessários/adequados ao ensino de ciências, não pode continuar sendo no país um fator de exclusão do conhecimento científico, daqueles que não têm acesso a esses recursos, em relação àqueles que têm, de modo que essa desigualdade educacional em ciências se constitua num fator gerador de outras desigualdades educacionais, por exemplo, de acesso ou não a cursos superiores na área de ciências da saúde (medicina; biomedicina; enfermagem; educação física; fisioterapia, odontologia, etc.) ou de ciências em geral (química, física; ciências biológicas; geologia; astronomia, etc.). Há soluções alternativas,

equipamentos e laboratórios de baixo custo, que produzem bons resultados pedagógicos, por exemplo, no ensino de química (BENITE; BENITE, 2009), no ensino de física (SILVA; LEAL, 2016), que podem ser amplamente encampadas pela educação pública brasileira ou por redes particulares em meios mais populares.

A abordagem com TDIC sugerida neste artigo e a incorporação dos princípios supracitados devem ter sua efetividade mais amplamente estudada em pesquisas envolvendo a relação ensino de ciências-TDIC o que, evidentemente, não foi possível para a redação desse trabalho, essencialmente teórico. Algumas experiências e pesquisas dão conta da ascendência desse diálogo TDIC-Ensino de Ciências (ALBUQUERQUE; SANTOS; GIANNELLA, 2017); sugerindo-se, na perspectiva de Andrew Feenberg, apropriações críticas e criativas (SOUTO; LAPA; ESPÍNDOLA, 2019, p. 45) no ensino de física com TDIC, por exemplo; uma perspectiva freireana no ensino de física por cMOOC, conectivistas, valorizando-se uma “educação científica e tecnológica em rede” (ANGOTTI, 2015; 2018). Esses estudos nos oferecem sólidas bases para, no campo da didática do ensino de ciências, outras pesquisas sobre sua relação com TDIC, suas metodologias, possibilidades e efeitos. Aquelas que focarão essa associação poderão aprofundar as linhas de ação aqui sugeridas. Elas poderão ter por pano de fundo os tempos de crise, como o que vivemos, de modo a se pensar e melhor compreender o que estamos passando; que erros e acertos praticamos durante essa crise. Quer dizer, as futuras pesquisas sobre o tema nos ajudarão a preparar nossas práticas de ensino em virtude de tempos de crise tais como o que hoje vivemos e eventualmente a focar nossas pesquisas e esforços para o combate às desigualdades de acesso às TDIC, à educação, ao estudo efetivo das ciências, aos materiais para o estudo de ciências; a aprofundar os estudos sobre ensino de ciência com TDIC, com os recursos materiais e metodológicos que isso demanda.

O quarto aspecto, relativo à mobilização das TDIC na perspectiva multidimensional da didática (PIMENTA; FRANCO, 2016; SANTOS; FERREIRA, 2020), pode produzir alguns efeitos face aos problemas mencionados na seção anterior. Na verdade, a educação brasileira em virtude de sua complexidade demanda metodologias diversas, como é diversa a sociedade brasileira – essa diversidade se refere também a demasiadas desigualdades sociais – e sobretudo críticas (FREITAS, 2012; ANGOTTI, 2015). Ora, esses aspectos, ligados à didática multidimensional em sua relação com TDIC, não foram alvo deste artigo. Eles podem, portanto, ser trabalhados em pesquisas futuras em ensino de ciências com TDIC, ou por outros meios.

Um estudo sobre o uso de TDIC na educação numa perspectiva da didática multidimensional pressuporia os seguintes aspectos (SANTOS; FERREIRA, 2020, p. 24-26), que resumimos aqui: a) admitir que as TDIC estão em muitos lares brasileiros por algum meio e no imaginário. Sua incorporação não pode ser negligenciada; b) como o ensino exige do professor

prudência, capacidade de encontrar meios diferentes e específicos para que um aluno aprenda, desvelo pela aprendizagem discente, conhecer o conteúdo (SHULMAN, 1986) é algo fundamental. As metodologias e meios para colocá-las eficazmente em prática, também, as TDIC estão aí compreendidas; c) que o trabalho pedagógico, o ensino de ciências, suas metodologias de ensino com TDIC se oriente cada vez mais por perspectivas críticas; d) que evite uma perspectiva solucionista (SELWIN, 2017); e) uma abordagem experimental que, observando os preceitos da didática multidimensional, integre professores, pesquisadores, escolas, universidades; que seja equipada a contento; que recupere “o ideário pedagógico das teorias educacionais críticas e seu questionamento acerca das finalidades educativas para a formação humana” (SANTOS, FERREIRA, 2020, p. 27); formação docente e discente para o uso pedagógico das TDIC. No caso do ensino de ciências, há muitas pistas sendo pesquisadas e que ganham corpo há anos, como a de Angotti (2015) por exemplo. Por derradeiro, só a ciência, e assim as pesquisas no campo da didática de ciências e TDIC, mas também em políticas, sociologia e financiamento da educação, e ainda em filosofia crítica da ciência, poderá nos dar bases para no futuro termos mais certezas para fazermos frente a uma crise sanitária ou outras crises, e por consequência educacional, do que temos hoje. Afinal, como dizia Gaston Bachelard

[...] a evolução do conhecimento científico não se constitui num processo linear e cumulativo. É um processo dialético, já que se baseia numa alternância contínua entre a priori e a posteriori; é também construtivo, já que implica uma permanente reorganização do conhecimento. O pensamento científico se constrói pela superação dos obstáculos ou nas dificuldades produzidas pelo pensamento pré-científico. (LEGENDRE, 2020).

## Referências

ALBUQUERQUE, G. G.; SANTOS, R. F.; GIANNELLA, T. R. Aprendizagem baseada em investigação integrada às tecnologias digitais de informação e comunicação no ensino de ciências: uma revisão da literatura. In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2017, Florianópolis, SC. **Anais**. UFSC, 2017. p. 1 - 10. Disponível em: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R1140-1.pdf>>. Acesso em: 09 jul. 2020.

ANDRADE, M.L.F.; MASSABNI, V.G. O Desenvolvimento de Atividades Práticas na Escola: Um desafio para os professores de ciências. **Ciências & Educação**, v. 17, n. 4, p. 835-854, 2011. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/ciedu/v17n4/a05v17n4>>. Acesso em: 09 jul. 2020.

ANDRADE, M. V. M.; SILVEIRA, I. F. Panorama da Aplicação de Massive Open Online Course (MOOC) no Ensino Superior: Desafios e Possibilidades. **EaD em Foco**, v. 6, n. 3, 27 dez. 2016. <<https://doi.org/10.18264/eadf.v6i3.392>>. Acesso em: 11 jul. 2020.

ANGOTTI, J. A. P. **Ensino de Física com TDIC**. Florianópolis: UFSC/EAD/ CFM/CED, 2015. Disponível em: <<http://ced.ufsc.br/files/2016/01/Livro-Angotti.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2020.

\_\_\_\_\_. Educação Científica e Tecnológica em Rede. **Revista ENCITEC**, v. 8, n. 2, p. 40-56, ago. 2018. Disponível em: <<http://srvapp2s.urisan.tche.br/seer/index.php/encitec/article/view/2714>>. Acesso em: 10 ago. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIAS. **Censo EAD.BR**: relatório analítico da aprendizagem a distância no Brasil 2016. Disponível : <[http://abed.org.br/censoead2016/Censo\\_EAD\\_2016\\_portugues.pdf](http://abed.org.br/censoead2016/Censo_EAD_2016_portugues.pdf)>. Acesso em: 14 jul. 2020.

BACHELARD G. **La formation de l'esprit scientifique**. Paris : Vrin, 1938.

BECKER, A. A ferramenta wiki: desafios e contribuições na formação universitária presencial. **Texto Livre** : Linguagem e Tecnologia, v. 4, n. 1, p. 55–68, 2011. Disponível em : <<http://www.periodicos.letras.ufmg.br/index.php/textolivres/article/viewFile/105/7281>>. Acesso em : 09 ago. 2020.

BENITE, A.M.C.; BENITE, C.R.M. O laboratório didático no ensino de química: uma experiência no ensino público brasileiro. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 2, n. 48, p. 1-10, 2009. Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/bitstream/ri/14983/5/Artigo%20-%20Anna%20Maria%20Canavarro%20Benite%20-%202009.pdf>> Acesso em : 03 ago. 2020.

CARVALHO, A. M. P. Ensino de Ciências e a proposição de seqüências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências por Investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo, SP: Cengage Learning, 2013. p. 1-20.

CHARLIER, B. Les MOOC : une innovation à analyser. **Distances et médiations des savoirs**. N. 5, p. 1-5, 2014. Disponível em: <<http://journals.openedition.org/dms/531>>. Acesso em : 03 jun. 2020.

COHEN-AZRIA, C. ; LAHANIER-REUTER, D. ; REUTER Y. **Conscience disciplinaire**. Les représentations des disciplines à la fin de l'école primaire. Rennes : Presses Universitaires de Rennes, 2013.

COUROS, A. V. **Examining the open movement**: Possibilities and implications for education. 2006. 222 f. Tese (Doutorado em filosofia da educação) - Universidade de Regina, Canadá. Disponível em: <[http://educationaltechnology.ca/publication\\_files/research/Dissertation-Couros-FINAL-06-WebVersion.pdf](http://educationaltechnology.ca/publication_files/research/Dissertation-Couros-FINAL-06-WebVersion.pdf)>. Acesso em: 25 ago. 2020.

DAVYDOV, V. V. **Tipos de generalización de la enseñanza**. Ciudad de la Habana: Editorial Pueblo e Educación, 1982.

\_\_\_\_\_. What is real learning activity? In: HEDEGAARD, M.; LOMPSCHER, J. (Orgs.). **Learning activity and development**. Aarhus: University Press, 1999. p. 123-166.

FEENBERG, A. **O que é Filosofia da Tecnologia?** Conferência pronunciada para os estudantes universitários de Komaba, jun. 2003. Tradução de Augustín Apaza, com revisão de Newton Ramos-de-Oliveira. 17 p. Disponível em:

<[http://www.sfu.ca/~andrewf/Feenberg\\_OQueEFilosofiaDaTecnologia.pdf](http://www.sfu.ca/~andrewf/Feenberg_OQueEFilosofiaDaTecnologia.pdf)>. Acesso em: 22 set. 2020.

FIDALGO, A.; SEIN-ECHALUCE, M. L.; GARCIA-PEÑALVO, F. J. MOOC cooperativo. Una integración entre cMOOC y xMOOC. II Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad (CINAIC), 2, nov. 2013, Madrid, **Anais**, 2013. p. 481-486.

Disponível em: <[https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/122486/DIA\\_PaperMOOCs.pdf;jsessionid=2A13920E0C362E907964A6D611F1EC30?sequence=1](https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/122486/DIA_PaperMOOCs.pdf;jsessionid=2A13920E0C362E907964A6D611F1EC30?sequence=1)>. Acesso em: 12 ago. 2020.

FLUCKIGER, C. Innovations numériques et innovations pédagogiques à l'école. **Recherches**, n. 66, p. 119-134, set. 2017. Disponível em: <[http://www.revue-recherches.fr/wp-content/uploads/2019/05/119-134\\_R66\\_Fluckiger.pdf](http://www.revue-recherches.fr/wp-content/uploads/2019/05/119-134_R66_Fluckiger.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2020.

FRANCO, M. A. S.; PIMENTA, S. G. Didática Multidimensional: por uma sistematização conceitual. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 37, n. 135, p. 539-53, jun. 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/es/v37n135/1678-4626-es-37-135-00539.pdf>>. Acesso em 5 jul. 2019.

FREITAS, R. A. M. M. Ensino por problemas: uma abordagem para o desenvolvimento do aluno. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 38, n. 2, p. 403-418, jun. 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1517-97022011005000011>>. Acesso em: 22 ago. 2020.

FUNDAÇÃO CARLOS CHAGAS (FCC). **Pesquisa**: Educação escolar em tempos de pandemia na visão de professoras/es da Educação Básica. Disponível em: <[https://www.fcc.org.br/fcc/wp-content/uploads/2020/06/educacao-pandemia-a4\\_16-06\\_final.pdf](https://www.fcc.org.br/fcc/wp-content/uploads/2020/06/educacao-pandemia-a4_16-06_final.pdf)>. Acesso em: 14 set. 2020.

GRANDISOLI, E.; JACOBI, P. R.; MARCHINI, S. (Coord.). **Pesquisa Educação, Docência e a COVID-19**. Instituto de estudos avançados da Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.iea.usp.br/pesquisa/projetos-institucionais/usp-cidades-globais/pesquisa-educacao-docencia-e-a-covid-19>>. Acesso em: 18 set. 2020.

LAHIRE, B. (Org.). **Enfances de classe** : de l'inégalité parmi les enfants. Paris : Seuil, 2019.

LEGENDRE, M. F. L'épistémologie de G. Bachelard (subitem 2.9.2.3) do capítulo 2.9 L'épistémologie des sciences. In: LEGENDRE, M. F. **Piaget et l'épistémologie**, Fondation Jean Piaget. Disponível em: <[http://www.fondationjeanpiaget.ch/fjp/site/ModuleFJP001/index\\_gen\\_page.php?IDPAGE=348&IDMODULE=72](http://www.fondationjeanpiaget.ch/fjp/site/ModuleFJP001/index_gen_page.php?IDPAGE=348&IDMODULE=72)>. Acesso em : 25 ago. 2020.

MALGLAIVE G.; WEBER A. Théorie et pratique, approche critique de l'alternance en pédagogie. **Revue française de pédagogie**, v. 61, p. 17-27, 1982. Disponível em: <[www.persee.fr/doc/rfp\\_0556-7807\\_1982\\_num\\_61\\_1\\_1861](http://www.persee.fr/doc/rfp_0556-7807_1982_num_61_1_1861)>. Acesso em : 25 ago. 2020.

MARCELO, C.; RIJO, D. Aprendizaje autorregulado de estudiantes universitarios: Los usos de las tecnologías digitales. **Revista Caribeña de Investigación Educativa (RECIE)**, v. 3, n. 1, p. 62-81, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.32541/recie.2019.v3i1.pp62-81>>. Acesso em: 20 ago. 2020.

NETTO, C.; GUIDOTTI, V.; SANTOS, P. K. A evasão na EAD: investigando causas, propondo estratégias. In: II CONFERENCIA LATINOAMERICANA SOBRE EL ABANDONO EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR (CLABES), 2., nov. 2012, Porto Alegre, **Anais**, PUCRS, 2012. P.1-8. Disponível em: <<https://revistas.utp.ac.pa/index.php/clabes/article/view/865/892>>. Acesso em: 22 ago. 2020.

OLIVEIRA, P. R.; OESTERREICH, S. A; ALMEIDA, V. L. Evasão na pós-graduação a distância: evidências de um estudo no interior do Brasil. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 44, e165786, p. 1-20, jan./dez. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s1678-4634201708165786>>. Acesso em: 22 ago. 2020.

ORANGE, C. Investigations empiriques, constructions de problèmes et savoirs scientifiques. In : LARCHER, C. (coord.). **La pratique expérimentale dans la classe**. Paris : INRP, 2003.

\_\_\_\_\_. Problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissages scientifiques. **Les Sciences de l'éducation - Pour l'Ère nouvelle**, v. 38, n. 3, 2005, p. 69-94. Disponível em: <<https://doi.org/10.3917/lsdle.383.0069>>. Acesso em: 12 jul. 2020.

\_\_\_\_\_. Chapitre 5. Problématisation, savoirs et apprentissages en sciences. In: FABRE, M. (org.). **Situations de formation et problématisation**. Louvain-la-Neuve : De Boeck Supérieur, 2006, p. 73-90. Disponível em: <<https://doi-org.ressources-electroniques.univ-lille.fr/10.3917/dbu.fabre.2006.01.0073>>. Acesso em: 11 jul. 2020.

\_\_\_\_\_. **Enseigner les sciences : problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe**. Bruxelles: De Boeck Supérieur, 2012.

PIMENTEL, F. S. C. **A aprendizagem das crianças na cultura digital**. 2015. 201 f.TESE. (Doutorado em educação) - Centro de Educação da Universidade Federal de Alagoas, Brasil. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/1441/1/A%20aprendizagem%20das%20crianc%3%a7as%20na%20cultural%20digital.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2020.

PINTO, V. F.; VIANA, A. P.; OLIVEIRA, A. E. A. Impacto do laboratório didático na melhoria do ensino de ciências e biologia em uma escola pública de Campos dos Goytacazes/RJ. **Revista Conexão UEPG**, v. 9, n. 1, p. 84-93, jan./jun. 2013. Disponível em: <<https://revistas2.uepg.br/index.php/conexao/article/view/5315/3437>>. Acesso em: 10 jun. 2020.

POPPER, K. **Conjectures et réfutations**. Paris : Payot, 1985.

\_\_\_\_\_. **La connaissance objective**. Paris : Aubier, 1991.

SALATINO, A. T.; BUENO, B. O. Entre mundos juvenis: o papel das tecnologias na escolarização de alunos das classes populares. **ETD – Educação Temática Digital**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 576-595, set./dez. 2015. Disponível em: <<http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/etd/article/view/8637511>>. Acesso em: 11 ago. 2020.

SANTOS, S.R.M.; FERREIRA, D. As tecnologias digitais de informação e comunicação e a didática multidimensional: por uma ressignificação necessária. **Educação & Cultura Contemporânea**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 47, p. 12-31, jan./mar. 2020. Disponível em: <<http://periodicos.estacio.br/index.php/reeduc/article/view/7286/47966541>>. Acesso: 22 jun. 2020.

SANTOS, S. R. M.; FERREIRA, D.; MANESCHY, P. Concepções críticas sobre tecnologias digitais de informação e comunicação e processos de ensinar e aprender: contribuições possíveis para as práticas pedagógicas. **Interfaces da Educação**. Paranaíba, v.11, n.32, p. 735 - 763, 2020. Disponível em: <<https://periodicosonline.uems.br/index.php/interfaces/article/view/4786/3591>>. Acesso em: 25 set. 2020.

SANTOS, W. S.; GALVANIN, E. A. S.; SOUTO, D. L. P.; CARVALHO, J. N. O facebook como ambiente virtual para o estudo de geometria: o ponto de vista dos estudantes do ensino médio. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 10, n. 1, jan./abr. 2020, p. 1-19. Disponível em: <<http://publicacoes.unigranrio.edu.br/index.php/recm/article/download/4692/3168>>. Acesso em: 20 ago. 2020.

SASSERON, L. H. Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor. In CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências por Investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo, SP: Cengage Learning, 2013. p. 41-62.

SASSERON, L.H.; DUSCHL, R. A. Ensino de ciências e as práticas epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 21, n. 2, p. 52-67, 2016. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/19/189>> Acesso em: 20 jun. 2020.

SELWIN, N. Educação e tecnologia: questões críticas. In: FERREIRA, G. M. S.; ROSADO, A.; CARVALHO, J. S. (Orgs.) **Educação e tecnologia**: abordagens críticas. Rio de Janeiro: Seses/Universidade Estácio de Sá, 2017. p. 85-103. Disponível em: <<https://ticpe.files.wordpress.com/2017/04/ebook-ticpe-2017.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2019.

SHULMAN, L. S. Those Who Understand: Knowledge Growth. **Educational Researcher**, Washington, v. 15, n. 2, p. 4-14, fev. 1986. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/i250140>>. Acesso em: 11 jan. 2020.

SILVA, S. **O que você e sua escola aprenderam nesta quarentena ?** Petrópolis : Vozes, 2020. Disponível em : <<http://vozes.com.br/o-que-voce-e-sua-escola-aprenderam-nesta-quarentena/>>

SILVA, J. C. X.; LEAL, C. E. S. Proposta de laboratório de física de baixo custo para escolas da rede pública de ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino Física**, São Paulo, v. 39, n. 1, e1401, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2016-0167>>. Acesso em: 21 ago 2020.

SOUTO, I. N.; LAPA, A. B.; ESPÍNDOLA, M. B. Apropriação crítica e criativa das TDIC no ensino de ciências. **BOLETIM GEPEN**, n. 75, p. 33-45, jul./dez. 2019. Disponível em: <<http://costalima.ufrrj.br/index.php/gepem/article/view/www.DHHH/799>>. Acesso em: 21 ago. 2020.

WEERARATNE, B; CHIN, B. Can Khan Academy e-Learning Video Tutorials Improve Mathematics Achievement in Sri Lanka? **International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology** (IJEDICT), v. 14, n. 3, p. 93-112, 2018 Disponível em: <<http://ijedict.dec.uwi.edu/include/getdoc.php?id=7860&article=2488&mode=pdf>>. Acesso em: 17 maio 2020.