

**A FORMAÇÃO DE PROFESSORES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS NA
PERSPECTIVA NA TEORIA DA OBJETIVAÇÃO**

**THE FORMATION OF SCIENCE TEACHERS FROM THE PERSPECTIVE OF THE
THEORY OF OBJECTIFICATION**

Jaqueline Santos Vargas-Plaça¹

Luis Radford²

Resumo

O objetivo deste artigo é discutir a contribuição da teoria da objetivação para a formação de professores de ciências. A teoria da objetivação (TO) é uma teoria de ensino-aprendizagem de cunho histórico-cultural, que sugere uma concepção de aprendizagem de ciências muito diferente das concepções construtivista e behaviorista predominantes. A TO sugere conceber a aprendizagem como um encontro coletivo com saberes constituídos histórica e culturalmente e argumenta que a aprendizagem não é apenas uma questão confinada à esfera do saber, mas também à esfera do ser. A TO é um convite para transformar a sala de aula de ciências em um lugar de debates e posicionamentos críticos, nos quais vão se encontrando saberes e formando-se novas subjetividades. Na primeira parte deste artigo, abordamos a problemática do Ensino e Aprendizagem da Física no Brasil. Em seguida, apresentamos, brevemente, alguns conceitos-chave da TO e discutimos o que poderia ser a contribuição da TO para a formação de professores de ciências. Na última parte do artigo, apresentamos uma aula de cinemática em torno do estudo científico do movimento dos corpos. A lição ilustra o *encontro* dos alunos com o saber científico e o papel do professor.

Palavras-chave: Aprendizagem, Ser e Saber, Subjetividades, Posicionamento Crítico.

¹ Doutora em Educação pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. E-mail: jkvargas-@hotmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1218-9192>

² Professor na Laurentian University em Sudbury, Ontário, Canadá E-mail: lradford@laurentian.ca. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6062-0605>

Abstract

The aim of this article is to discuss the contribution of the theory of objectification to the training of science teachers. The theory of objectification (TO) is a cultural-historical teaching and learning theory that suggests a conception of science learning that is very different from the predominant constructivist and behaviorist conceptions. The TO suggests conceiving learning as a collective encounter with historically and culturally constituted knowledge and argues that learning is not only a matter confined to the sphere of knowledge but also to the sphere of being. The TO is an invitation to transform the science classroom into a site of debates and critical positioning within which knowledge is encountered and subjectivities are formed. In the first part of this article, we address the issue of Physics Teaching and Learning in Brazil. Then, we briefly present some key concepts of the TO and discuss what could be the contribution of the TO to the training of science teachers. In the last part of the article, we present a kinematics lesson around the scientific study of body movement. The lesson illustrates the encounter of students with scientific knowledge and the role of the teacher.

Keywords: Learning, Being and Becoming, Subjectivity, Critical Positioning

Introdução

O ensino de Física no Brasil tem uma história e um grande reconhecimento até mesmo internacionalmente. Pesquisadores da área promovem eventos e discussões para melhorar o processo de ensino e aprendizagem de Física para os alunos da Educação Básica. Porém, mesmo com grandes esforços “paradoxalmente, no entanto, esse ensino está em crise” (MOREIRA, 2018, p.73).

Algumas ações realizadas conjuntamente com educadores e o governo tentou romper com essa crise, como, por exemplo, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) que trazem a Física, assim como as outras disciplinas denominadas de Ciências da natureza, Matemática e suas tecnologias, como disciplinas que devem focar na investigação e estudo da natureza, assim como compreensão do desenvolvimento tecnológico, o uso da linguagem científica. interpretações de fenômenos e aplicações no dia a dia dos alunos.

Nos PCN, o objetivo do Ensino Médio está relacionado ao desenvolvimento de conhecimentos práticos e contextualizados, que sejam aplicados às necessidades dos alunos, além da formação da autonomia crítica em vários aspectos sociais (BRASIL, 2009, s.p.). Porém,

são vários os fatores que interferem no processo de ensino e aprendizagem de Física, fatores que vão desde a pequena quantidade de aulas semanais no ensino regular, aulas tradicionais centradas apenas na memorização de fórmulas, deficiência nas formações inicial e continuada, entre outros.

Vale ressaltar que a formação de professores aparece como um eixo de interesse que visa à emancipação dos indivíduos e, assim, dar condições para que sejam capazes de desenvolver todas as suas potencialidades. Porém, de acordo com Moreira (2018), a realidade é que existem desafios na profissão docente que perpassam por diversos fatores que vão desde a desvalorização social da profissão, condições de trabalho, finalidades de ensino, o porquê ensinar e aprender ciências até a formação básica e formação continuada.

São diversos os desafios encontrados e a formação de professores acabam permeando todos eles, inclusive a questão da aprendizagem. De acordo com Carvalho e Sasseron (2018), quando se pensa em ensino e aprendizagem de Física e formação de professores, é necessário ir além dos conteúdos a serem ensinados, é preciso que o professor consiga planejar a maneira de ensinar para que os alunos aprendam.

A formação de professores deve abordar não só os aspectos relacionados à aprendizagem, saberes e conteúdo curricular, de acordo com Carvalho e Gil-Pérez (2011), existem algumas necessidades formativas do professor de Ciências, sendo que, entre elas, estão questionar as ideias de senso comum, romper com a visão simplista, saber preparar atividades, conduzir o trabalho dos alunos, avaliar etc. e esses são aspectos que precisam ser abordados durante as formações, sejam iniciais ou continuadas.

Durante o processo de formação docente, é preciso apresentar aos professores (ou futuros professores) que a Física não visa formar novos físicos no Ensino Médio, na verdade, essa é uma oportunidade que os estudantes recebem de ter contato com o conhecimento físico formalmente, porém é importante apresentar que, a partir desse estudo, é possível compreender o mundo e que esses saberes passaram por um processo histórico, pois, muitas vezes, o caminho percorrido e as dificuldades encontradas durante esse percurso não aparecem, o que pode gerar uma crença de que basta memorizar uma fórmula ou os principais conceitos para compreender o contexto que foram produzidos.

Sendo assim, para ensinar Física, os professores precisam saber além dos conteúdos que vão ensinar, é preciso despertar o interesse dos alunos, envolvê-los em situações que possibilitem o entendimento do mundo em que eles vivem, propor problemas que despertem a curiosidade e a vontade de aprender. Professores e alunos parecem entender “que a Física é uma

ciência da natureza e que relatos de experiências, observações, laboratórios e dados empíricos, etc.” (PIETROCOLA, 2002, p.92). Porém, deparamo-nos com aulas e atividades que acabam se restringindo a exercícios numéricos e com grande apelo de aplicações de fórmulas, o que gera a falsa afirmação de que o aluno que sabe Matemática vai ter sucesso na aprendizagem da Física.

Um exemplo do que foi exposto, é que, nos cursos de licenciatura em Física, ainda se tem um ensino tradicional, com o foco em resolução de listas de problemas e com aulas expositivas. Ainda se tem o foco na Física clássica e iniciam-se os estudos com a Cinemática, momento que gera resistência dos alunos, pois eles começam a não gostar de Física, já que ainda se tem um modelo de aprendizagem baseado na memorização. Isso acaba refletindo nas aulas dos alunos no Ensino Médio, no qual eles também se deparam, inicialmente, com o ensino de Cinemática e acabam não gostando de Física, pois esse primeiro contato recebe por parte dos seus professores as mesmas aulas tradicionais, descontextualizadas e baseadas em resolução de exercícios com aplicação e memorização de fórmulas.

O ensino de Cinemática normalmente aparece no primeiro ano do Ensino Médio e apresentado em uma sequência que foi constituída tradicionalmente, sempre nos primeiros capítulos dos livros didáticos, que são repletos de exercícios de fixação. Esse modelo acaba refletindo a influência social dos exames e vestibulares sob os conteúdos a serem ensinados. Sendo assim, acreditamos que novas formas de ensinar a Cinemática devem surgir para que esse conteúdo deixe de ser um problema para os professores ensinarem e para os alunos aprenderem. Se formos refletir sobre a aplicação da Cinemática no dia a dia, é possível identificar que essa é uma tarefa fácil, pois são conhecimentos presentes no cotidiano.

Apresentar problemas aplicados ao cotidiano do aluno é a melhor maneira de começar a despertar o interesse deles, além de romper com a prática de memorização ainda tão utilizada, abrindo espaço para que os professores possam propor atividades que possibilitem reflexões e situações práticas aplicadas ao dia a dia e ao meio social em que vivem. Acreditamos que estudar o estudo dos movimentos a partir de situações cotidianas pode ser uma maneira de aproximar os alunos dos conceitos físicos, já que estes vão sendo apresentados de forma natural durante as reflexões e análises das situações.

A partir do exposto, nossa proposta é apresentar o exemplo de uma atividade que contribua para o processo de ensino e aprendizagem da Cinemática e que rompa com os modelos tradicionais que ainda são utilizados para ensinar Física. Para isso, utilizamos a Teoria

da Objetivação como aporte teórico para os planejamentos das atividades. No próximo item, apresentamos os principais pressupostos dessa teoria.

A Teoria da Objetivação como Aporte Teórico

A Teoria da Objetivação – TO – é uma teoria com sua origem em um movimento que se iniciou na Educação Matemática na década de 90. Esse movimento apareceu como uma resposta às necessidades de repensar a aprendizagem da Matemática. A TO surgiu a partir da ideia de que a cultura é fundamental na formação dos indivíduos e com o objetivo de romper com as correntes construtivistas, individualistas e tradicionais que ainda predominam na educação matemática.

A teoria da objetificação se inscreve em um projeto educacional diferente: propõe o objetivo da Educação Matemática como um esforço político, social, histórico e cultural, voltado à criação dialética de sujeitos éticos e reflexivos que se posicionam criticamente em práticas matemáticas históricas e culturalmente constituídas e que ponderam novas possibilidades de ação e pensamento. (RADFORD, 2018a, p. 137)

Partindo do fato que todo processo de ensino e aprendizagem produz não só saberes, mas também subjetividades, a TO sugere uma concepção precisa de aprendizagem, baseada em dois eixos - saber e ser. Considera que esses dois eixos coexistem entrelaçados e afetam-se mutuamente. Dessa maneira, aprender na TO aparece relacionado tanto ao saber quanto ao devenir. A partir dessa ideia, a TO propõe uma concepção de aprendizagem como um processo social, coletivo, no qual os alunos deparam-se e posicionam-se criticamente com formas de ações e pensamentos já construídos historicamente dentro de determinada cultura. Para redefinir a aprendizagem dessa maneira, foi necessário ressignificar dentro da TO algumas ideias, tais como: saber, conhecimento e o papel da atividade de ensino e aprendizagem. Iniciamos discutindo a seguir esses conceitos no contexto da TO.

O saber

Na TO, o saber se concebe como uma entidade histórico-cultural, dinâmica, em transformação contínua, algo que já existe antes mesmo do nosso nascimento e que encontramos ao longo das nossas vidas. De maneira mais precisa, o saber é definido como “um sistema de processos corpóreos, sensíveis e materiais de ação e reflexão, constituídos histórica e culturalmente” (RADFORD, 2020, p.16).

Ao redefinir o saber na TO, existe uma ruptura com a ideia do saber como algo que se constrói, apropria-se ou possui. “O saber aparece como uma capacidade generativa histórico-cultural, uma capacidade latente para fazer coisas e pensar de certas maneiras” (RADFORD, 2018c, p.8). Essas formas de fazer e agir mudam de cultura para cultura. Podemos considerar a evolução cultural do saber como a ascensão do abstrato ao concreto, isto é, como um refinamento progressivo cada vez mais sofisticado e complexo do saber cultural, como, por exemplo, formas de pensar sobre o espaço ou o movimento.

A aprendizagem na perspectiva da TO

Como mencionamos anteriormente, a TO baseia-se na ideia fundamental de que a aprendizagem é tanto conhecer como “devenir” (devenir) ou vir a ser. Essa teoria afasta-se aqui de outras teorias educacionais que estão interessadas apenas na dimensão do conhecimento. Ele também se afasta de outras teorias em sua concepção de aprendizagem, como um processo social e coletivo *mediado por relações sociais* de natureza cultural, histórica e política.

Nessa teoria, portanto, a aprendizagem acontece “como o encontro consciente e deliberado com formas históricas e culturalmente codificadas de pensamento e ação” (RADFORD, 2017, p. 133). Esses processos em que os sujeitos encontram os saberes culturais é denominado Objetivação, sobre a qual explicamos a seguir.

Processos de Objetivação e Processos de Subjetivação

Do ponto de vista do aluno, a objetivação é o *encontro* com as formas de agir e pensar já instituídas histórica e culturalmente. É o encontro com o novo, com algo que nos objeta. É a partir dessa objeção, que é a expressão e manifestação do Outro, pelo outro, da alteridade, que a teoria leva seu nome. “A objetivação é um processo ativo e dinâmico no qual o sujeito se dá conta de um objeto conceitual da cultura e o transforma em um objeto de sua consciência” (GOMES, 2016, p.16). Objetivar não é, no entanto, construir algo; é ter consciência de algo (uma forma de pensamento, uma forma de expressão, um modo de agir) e cuja lógica e sentido vão se abrindo progressivamente à compreensão do sujeito, à medida que o sujeito, trabalhando com os outros, tenta apreendê-lo. Esse processo acontece por meio das relações dos sujeitos com objetos culturais. Sendo assim, ao encontrar os saberes, os sujeitos também são transformados e modificados.

Uma das ideias fundamentais da TO é que somos seres em constante transformação e, a partir da interação com o mundo, vamos nos constituindo a partir dos modos de vida culturais que nos cercam. Essa transformação do ser é o que ocorre nos processos de subjetivação. Mais precisamente, os *processos de subjetivação* são os processos em que os sujeitos estão se coproduzindo em um contexto histórico e cultural, no qual vão se tornando presença no mundo, passando a ocupar um espaço com fala e escuta dentro de determinado grupo social. Dentro do contexto escolar, professores e alunos “são considerados subjetividades em formação, projetos de vida inacabados e em constante transformação em busca de si mesmos, comprometidos juntos no mesmo esforço onde sofrem, lutam e encontram prazer e satisfação juntos” (RADFORD, 2018c, p.10).

Os processos de objetivação e subjetivação são, respectivamente, a materialização do saber e a transformação do ser por meio da atividade. Esses processos são indissociáveis e acontecem simultaneamente na realização das atividades.

Figura 1 - Processos de objetivação e subjetivação dentro da atividade são indissociáveis



Fonte – PLAÇA-VARGAS (2020): adaptada de RADFORD (2017, p.149)

A aprendizagem na TO é o resultado dos processos de objetivação e subjetivação. Esses processos acontecem por meio da atividade humana sensível e concreta e é a partir dessa atividade que encontramos objetos da cultura, tornamo-nos conscientes deles e ao mesmo tempo somos transformados durante esse processo. É essa atividade humana que a TO apresenta como *labor conjunto*, item que discutimos a seguir.

Atividade como labor conjunto

Outra ideia fundamental da TO é que a “qualidade” da aprendizagem está diretamente relacionada à “qualidade” da atividade de ensino-aprendizagem da qual o aluno participa. É por isso que a atividade na TO possui um papel fundamental para os processos de objetivação e subjetivação. Na TO, é a atividade que se desdobra como um esforço conjunto e genuinamente social por meio do qual se produz algo coletivamente e ao mesmo tempo os indivíduos são transformados. Em geral, a atividade é uma forma de vida. “A atividade é a unidade mínima que reproduz a sociedade como um todo.” (RADFORD, 2015, p. 553). Se a atividade for alienante, então, indivíduos alienados serão produzidos. A TO busca promover atividades de ensino-aprendizagem que, ao invés de alienantes, conduzam à realização individual e coletiva dos alunos (RADFORD, 2020).

Como o termo atividade é muito utilizado em vários contextos e com diferentes significados, a TO apresenta uma concepção muito específica de atividade. E para evitar confusão com o uso habitual de atividade como algo operacional e funcional, essa atividade específica é denominada como labor conjunto. “O labor conjunto é a principal categoria ontológica da teoria da objetivação” (RADFORD, 2018a, p. 141).

Para a TO, o labor conjunto tem um significado muito específico, pois trata de uma forma de vida, em que professores e alunos envolvem-se, engajam-se e desprendem energias para resolver os problemas de forma *coletiva*. E, dentro dessa dinâmica, professores e alunos preocupam-se e solidarizam-se uns com os outros para responder a uma necessidade que é resolver um problema apresentado pela atividade de ensino e aprendizagem (AEA).

A atividade em sala de aula como labor conjunto é uma maneira de romper com as práticas que são comuns no ensino tradicional. A TO propõe novas formas de ações “nas quais o professor e os alunos trabalham juntos para alcançar níveis profundos de conceituação” (RADFORD, 2020, p. 26). Professores e alunos possuem papéis e ações diferentes, mas estão em uma mesma atividade (labor conjunto), em busca da resolução de problemas, ou seja, com um mesmo objetivo. O conceito de labor conjunto não leva a reconceituar o processo de ensino e aprendizagem. Na TO esse processo não é concebido como atividades separadas em que o aluno realiza uma e o professor outra. Além disso, o professor não aparece como o detentor do saber e nem os alunos como receptores passivos. Ambos estão trabalhando em conjunto, buscando resolver algo comum, um problema que interessa a todos e, durante essa interação,

no desenvolvimento dessa obra coletiva, acontece a transformação dos sujeitos e a tomada de consciência dos saberes.

O conceito de labor conjunto repousa em formas muito particulares de interação (são formas de cooperação de um certo tipo, como veremos mais adiante). As formas de interação que ocorrem na aprendizagem foram estudadas de vários ângulos. Por exemplo, em uma perspectiva construtivista, a interação tem sido estudada na investigação de normas sociais e matemáticas que operam em sala de aula (Yackel e Cobb, 1996). Brousseau (2005), partindo de outras premissas, investigou a interação entre o professor e o aluno por meio do que chama de contrato didático (um contrato implícito que rege a forma como o professor e o estudante se relaciona). Ao contrário, as formas de interação como problema ético ainda não receberam muita atenção. A TO proporciona uma nova contribuição neste sentido.

Em efeito, a TO se interessa em promover um caso particular das formas de interação: as formas de colaboração. Estas formas (ao contrário das formas de interação em geral) são orientadas para favorecer a solidariedade entre alunos e entre alunos e professores por meio de uma *ética comunitária*, em que cada um desses indivíduos importa-se com o próximo e torna-se responsável em colaborar para que todos aprendam (RADFORD, 2021).

Contribuição da TO para a Formação de Professores

A TO busca contribuir para que os sujeitos ao longo do processo de aprendizagem tornem-se sujeitos reflexivos, éticos e críticos. Para pensar em atividades e sequências didáticas que podem auxiliar no processo de aprendizagem dos alunos, é necessário ir além da dimensão do saber, é preciso explorar outros aspectos relevantes para que os professores ou futuros professores estejam imersos no processo de ensino e aprendizagem. Para que isso aconteça, é preciso que os professores também sejam sujeitos reflexivos, éticos e críticos para poder contribuir com os seus alunos. Sendo assim, os professores também precisam passar por formações que contribuam para o desenvolvimento dessas características.

Acreditamos que uma formação baseada na TO vai além do que ensinar, já que contempla a dimensão do ser e apresenta um espaço para a discussão, reflexão sobre a prática docente e análise crítica sobre o modelo de Educação que ainda é predominante. Um olhar analítico às propostas trazidas pelas esferas educacionais e governamentais superiores também é algo para pensar, pois quando pensamos no currículo escolar, não é apenas aceitar o que o governo apresenta como proposta, é ter um olhar crítico sobre esse currículo. Assim, nos cursos

de formação de professores, é preciso trazer uma reflexão em torno do *que se ensinar*, pois vários conteúdos selecionados existem nos currículos para satisfazer as necessidades econômicas de um mercado e o professor precisa refletir sobre o que isso significa para os alunos.

Nos cursos de formação de professores, é preciso também trazer uma reflexão sobre *como se ensina*. Os professores devem ser capazes de refletir sobre suas ideias, sobre o que é ser um bom professor e questionar os pressupostos por trás dessas ideias. Infelizmente, os professores são frequentemente reduzidos a simples técnicos de currículo; são concebidos como docentes técnicos, muitas vezes, seguindo modelos de produção industrial, e acabam sendo vistos como aplicadores de preceitos pedagógicos padronizados. Em resumo, na TO, a formação de professores deveria incluir uma reflexão profunda sobre o que o sistema escolar pede aos professores para ensinar e como o ensinam.

Uma formação de professores deveria ser baseada no labor conjunto. Formadores de professores e futuros professores deveriam constituir um espaço de transformação e reflexão crítica em torno das práticas escolares cotidianas e suas origens históricas e culturais. Assim, os professores tornam-se capazes de promover ações e atividades que possam ser trabalhadas conjuntamente com seus alunos, visando, principalmente, às situações da vida cotidiana e com reflexões coletivas que atinjam objetivos comuns.

Ainda é um desafio pensar em um professor crítico, sensível às questões políticas, econômicas e históricas, que pense além de atividades predominantes que privilegiam apenas a dimensão do saber. Outro ponto que pode ser causar certa resistência ou estranhamento aos professores é a questão de trabalhar em conjunto para atingir objetivos coletivos, pois ainda é comum que exista certa hierarquia dentro da sala de aula, onde os professores são os responsáveis por ensinar e os alunos acabam sendo colocados como receptores. Por isso, é fundamental que, ao propor para professores atividades baseadas na TO, trabalhe-se os conceitos básicos da teoria, assim como orientações e planejamentos coletivos, só assim os professores poderão pensar em situações em que os alunos possam expor suas ideias, debater e tornarem-se ativos no processo.

Um exemplo aplicado ao Ensino de Física

Nesta seção, apresentamos um exemplo sobre a interpretação do movimento. Trata-se de uma aula em uma classe do 8º ano (alunos de 13 a 14 anos) em uma escola pública

localizada nos arredores de Sudbury, Ontário, Canadá. Nosso exemplo tem como tema um contexto familiar da cultura norte-americana: Drácula.

Em geral, nossas aulas centram-se em um tema em torno do qual são formuladas perguntas de dificuldade conceitual crescente. As perguntas são colocadas dentro de um contexto significativo e são conceitualmente organizadas no que chamamos de tarefa. Nessa ocasião, o contexto é formulado em termos de uma história e de um vídeo (o vídeo pode ser visto na seção “Accompanying material (Material de acompanhamento)” do livro “Processus d'abstraction en mathématiques (Processos de abstração em Matemática)”, “Vídeo - Drácula”, no seguinte link: <http://luisradford.ca/books/>)³:

“Era uma vez uma aldeia cheia de crianças. Neste vilarejo, Drácula tomou conta de uma calçada, que as pessoas chamavam de calçada assombrada. Todas as noites, Drácula esperava pacientemente para lançar um feitiço sobre qualquer criança que se aventurasse a caminhar por uma seção AB de 10 metros da calçada assombrada (ver Figura 2).

³ No mesmo link, o leitor pode encontrar uma pasta chamada "Portuguese Translation" que contém uma tradução da tarefa para o português, bem como três versões brasileiras do Drácula. Este material pode ser usado livremente nas salas de aula.

Figura 2 - Extraída do vídeo do Drácula que acompanha a história



Fonte: RADFORD (2009)

“Lucie, uma jovem imprudente, caminhava ao longo da seção AB da calçada assombrada. Enquanto caminhava, Lucie percebeu que suas chaves haviam caído no chão. Ela se virou, pegou rapidamente suas chaves e fugiu, porque ouviu alguns ruídos muito estranhos.”

A princípio, pede-se aos estudantes para que eles assistam ao curta-metragem de Drácula e Lucie. As primeiras perguntas são:

a) Usando o filme, representar graficamente a caminhada de Lucie, identificando corretamente os eixos.

b) Preencher uma tabela de valores.

A história continua dessa maneira:

“O Drácula tinha uma restrição. Quando uma criança andava na seção AB, ele só podia tentar pegá-la três vezes com seu feitiço. Ninguém, na aldeia, sabia que Drácula sempre lançava seu feitiço em três momentos específicos, contando a partir do momento em que a criança pisou na seção AB. Ninguém sabia que, para que o feitiço tivesse efeito, a criança tinha que estar a uma distância do ponto A, como mostrado na Tabela 1.”

Tabela 1 - Momentos em que o Drácula aparece para lançar o feitiço

Momento do feitiço	Tempo	Distância do ponto A
1	3 segundos	1,4 m
2	8 segundos	2,3 m
3	10 segundos	6 m

A pergunta feita aos alunos é:

c) O Drácula consegue pegar a Lucie? Justifique sua resposta.

Após essas três perguntas, um novo personagem é introduzido na história: “André, o corajoso”:

“André, um garotinho ousado, percorreu o trecho AB com velocidade constante de 0,25 m/s. De repente, precisamente 8 segundos depois de passar por A, ele viu Drácula e fugiu a uma velocidade de 2 m/s”.

As perguntas feitas aos alunos são:

d) Represente graficamente a trajetória de André, identificando convenientemente os eixos.

e) Drácula consegue pegar André? Justifique sua resposta.

A última pergunta da tarefa é a seguinte:

f) Se Lucie não tivesse perdido suas chaves e continuasse a andar como começou, o Drácula a teria capturado? Justifique sua resposta com argumentos científicos convincentes.

Observações sobre a atividade ensino-aprendizagem

A atividade de ensino-aprendizagem é o fenômeno espaço-tempo constituído por interações sociais, ideias, ações, discussões etc. dado na sala de aula para responder às perguntas da tarefa. Dado que a TO propõe um conceito de aprendizagem *coletiva*, não basta propor uma tarefa adequada do ponto de vista conceitual para que os alunos encontrem o saber cultural (neste caso, formas culturais de pensamento científico sobre o movimento). Também é necessário configurar a sala de aula de ciências como um espaço público de debates e intercâmbios. A partir desse relato, nesta aula, a turma é organizada em pequenos grupos de dois a três alunos, que são convidados a trabalhar em conjunto, a discutir entre si, sendo críticos e ao mesmo tempo respeitosos, solidários e inclusivos.

Observações sobre a estrutura da tarefa

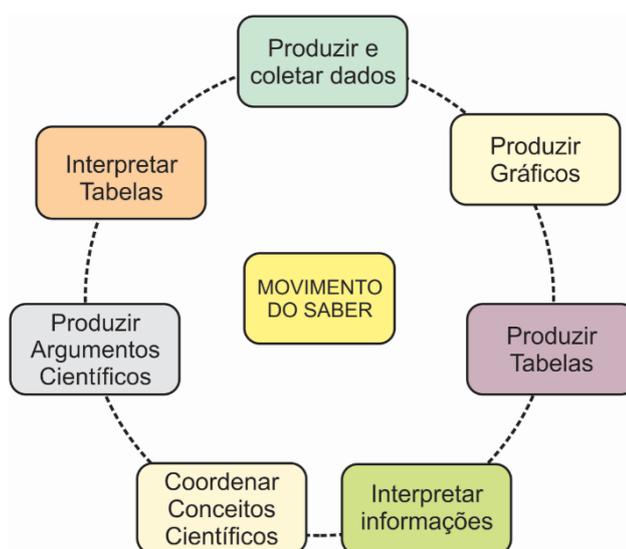
Como pode ser visto, a tarefa envolve vários aspectos do estudo científico do movimento dos corpos:

1. Elaboração de um gráfico (perguntas *a* e *d*);
2. Elaboração de uma tabela de valores (pergunta *b*);
3. Determinar se os pontos dados pertencem ou não ao gráfico (perguntas *c* e *e*);
4. Interpretar informações para extrapolar um gráfico (pergunta *f*)

Além disso, para responder à pergunta *a*, os alunos devem coletar seus próprios dados. Na questão *d*, pelo contrário, os dados devem ser gerados a partir do conceito de *velocidade* para construir o gráfico. A resposta às perguntas *c* e *e* requer que os alunos *interpretem* uma tabela de valores. Em seguida, eles devem *coordenar a informação* contida na tabela com a informação contida nos gráficos para responder às perguntas *c* e *e*. Na verdade, nossa ideia não é fazer com que os alunos simplesmente construam gráficos ou tabelas de valores. Na perspectiva da TO, o saber científico não pode ser adquirido pelos alunos se não for colocado em movimento pela atividade de ensino-aprendizagem. Esse movimento de saber que é alcançado por meio da atividade de ensino-aprendizagem deve ser um movimento rico e profundo conceitualmente.

A atividade de ensino-aprendizagem deve dar aos alunos a oportunidade de apreciar o valor científico do saber, mostrando quais os problemas resolvem e a que perguntas responde. Do ponto de vista da aprendizagem, o movimento do saber científico não pode ser apreciado se não apoiar a reflexão e a resolução de problemas. O saber científico também deve revelar a racionalidade que o acompanha. É por isso que pedimos para os alunos justificarem suas respostas. Com isso, a tarefa torna-se um meio para que os alunos aprendam a inserirem-se nos processos de produção de argumentos científicos. Esses elementos aparecem na Figura 3 graficamente.

Figura 3 - O movimento do saber visto por meio dos componentes que mobilizam a atividade de ensino-aprendizagem



Fonte: Os autores (2021)

O movimento dos conceitos científicos

Para dar uma ideia mais clara ao leitor da TO em ação, nesta seção, mostramos o movimento dos conceitos científicos, apresentando alguns trechos da atividade de ensino-aprendizagem.

Como mencionamos anteriormente, a tarefa começa com uma coleta de dados pelos alunos. Cada grupo de alunos tinha um computador pessoal para que pudessem ver o vídeo do Drácula. A Figura 4 mostra um dos grupos da turma.

Figura 4 - Esquerda: o grupo de A₁, A₂ e A₃. Os alunos assistem ao vídeo do Drácula e discutem a caminhada de Lucie. Direita: A₁ escreve os "pontos-chave" do percurso.



Fonte: Os autores (2021)

À direita, dentro do vídeo, aparece uma janela que indica o tempo, enquanto a distância é indicada por uma seta vermelha (ver Figura 2). Os alunos devem decidir sobre seu procedimento de coleta de dados para poderem construir o gráfico de deslocamento de Lucie, bem como os dados necessários para construir a tabela de valores para as duas variáveis de movimento: tempo e distância.

No grupo de A₃, A₁ e A₂, os alunos assistem ao vídeo várias vezes e começam determinando os “pontos-chave” da jornada: o ponto de partida, o ponto de repouso e o final da caminhada de Lucie:

1. A₃ primeiro temos que [encontrar informações] para fazer o gráfico ...
2. A₁: Ok, começa em zero metros. . . e vai até 3 metros e retorna 3 metros ...
3. A₂: ... termine em 10 metros. A 10 metros você está a 15 segundos de distância, certo?

4. A₁: (referindo-se ao ponto onde Lucie supostamente retorna para recolher as chaves, corrigindo o que foi dito acima). Ela vai para um metro [e não 3 como ela disse na linha 2] e depois volta [e vai até] 10 [metros].

5. Vamos ver se funciona.

6. A₂: Comece o vídeo novamente...

Vemos que, no início, a atenção de A₃ e A₁ está voltada para o espaço. A₂ é o único, no início, que menciona o tempo. Os alunos geram uma primeira hipótese global, que é verificada assistindo ao vídeo novamente. Então, um período de refinamento começa, no qual a variável *tempo* torna-se mais importante:

7. A₁: A três metros, quanto tempo demorou para chegar lá? Quanto tempo ficou lá?

8. A₁, A₂ e A₃: um, dois, três, quatro ...

Trabalhando juntos, os estudantes respondem às perguntas que vão formulando. A₁ registra seus dados em uma folha. (ver Figura 4, direita).

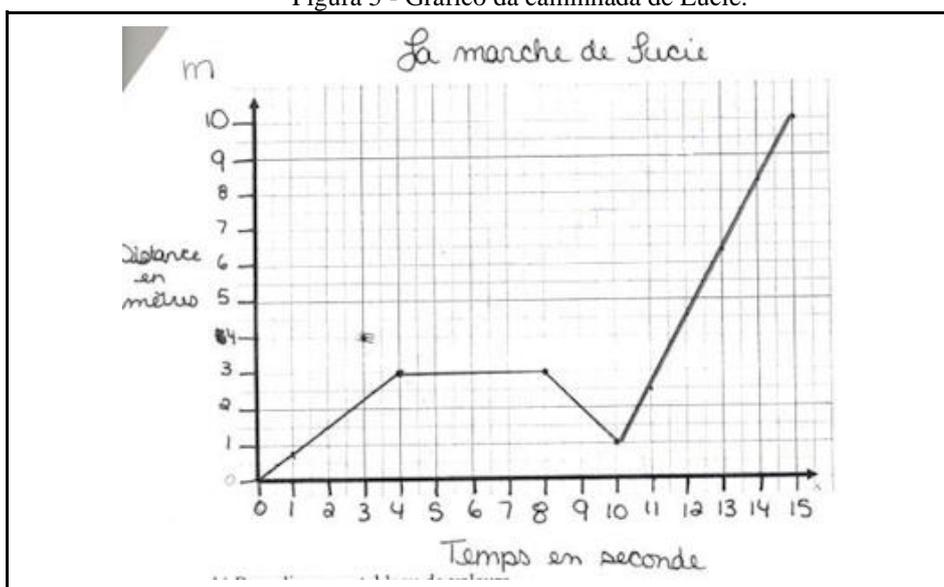
A anotação de A₁ é uma espécie de "aide memoire" que ainda contém traços de discurso oral. Na segunda, linha lemos: “- 3m - 4 sec se queda [allí] 4 sec” (“- 3m -4 seg permanece [lá] 4 seg”).

Até o momento, as variáveis não são tratadas cartesianamente, ou seja, os valores de distância e tempo são pensados fenomenologicamente, como *caminhadas* entre pontos (distância) e *intervalos de tempo* decorridos nessas caminhadas. Em outras palavras, os valores de distância e tempo não são estabelecidos em relação a uma origem espacial (linhas 2 e 4) e a uma origem temporal (linha 8).

Na construção do gráfico cartesiano, os alunos devem decidir qual será o eixo do tempo e qual será o eixo do espaço, bem como a faixa de valores.

Depois de discutir os eixos por um tempo, eles concordam em atribuir o eixo horizontal ao tempo e o vertical à distância. O gráfico de A₁ aparece na Figura 5.

Figura 5 - Gráfico da caminhada de Lucie.



Fonte: Os autores (2021)

Os alunos passam a fazer a tabela de valores. A tabela de valores é um signo semiótico-científico complexo. Sua sintaxe não é óbvia para os alunos, que estão apenas começando a familiarizarem-se com ela. Existem convenções científicas sobre a localização das variáveis independentes e dependentes na tabela. Os alunos começam colocando os dados já coletados que correspondem a 0, 3, 1 e 10 metros, e seus respectivos tempos. Em seguida, eles geram uma tabela (ver Figura 6). Em alguns casos, obtêm os valores a partir do gráfico; em outros casos, por meio de um procedimento numérico “unitário” (por exemplo, para a primeira etapa, se em 4 segundos Lucie caminhou 3 metros, que distância percorreu em 1 segundo? Os alunos descobrem que Lucie percorre 0,75 m a cada segundo na primeira etapa de sua caminhada).

Figura 6 - Tabela de valores de A₁.

+	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
m	0,75	1,5	2,25	3	3	3	3	3	2	1	3	4,5	6,4	8,2	10

3 4,5
2,55

Fonte: Os autores (2021)

Produção de argumentos científicos

O processo de produção de argumentos científicos é uma parte central da tarefa, uma vez que é um componente fundamental do saber científico. A complexidade desse processo vai além da experiência cotidiana dos alunos, como atesta a seguinte passagem:

9. A₁: Você tem que explicar, eh ... Você tem que explicar

10. A₂: Explicar o quê?

11. A₁: Você tem que dizer por que dizemos isso

12. A₂: Sim. Porque ele não estava no mesmo lugar

13. A₁: Isso não explica.

Os alunos chamam o professor que estava passando naquele momento. Eles explicam suas dificuldades para o professor:

14. Professor: Para justificar, vocês disseram que não [Drácula não captura a Lucie]. Vocês podem justificar dizendo que Drácula lançou seu feitiço em determinado tempo e nesse tempo Lucie estava em tal lugar.

15. A₁: Fazemos como uma tabela?

16. Professor: Claro, dessa maneira vocês podem justificar sua resposta.

Nesse diálogo, vemos como o professor formula a ideia que A₂ já expressa na linha 12. Mas, em sua formulação, o professor explicita ideias que estavam implícitas na opinião de A₂: o professor menciona a necessária articulação do tempo e do espaço, possibilitando, assim, uma consciência mais profunda dos alunos sobre a forma de pensar cientificamente o movimento.

Após essa troca, os alunos escrevem: “*Não. Drácula falhou em pegar Lucie, pois ela não estava no mesmo lugar quando ele [Drácula] lançou seus feitiços.*” E fazem, a título de teste, a tabela mostrada na Figura 7.

Figura 7 - Um quadro que apoia o argumento dos alunos.

Sort 1			Sort 2			Sort 3		
	Temp	Distance		Temp	Distance		Temp	Distance
Dracula:	3 sec	1.4m	Dracula:	8 sec	2.3m	Dracula:	10 sec	6m
Lucie	3 sec	2.25m	Lucie	8 sec	3 m	Lucie	10 sec.	1 m

Fonte: Os autores (2021)

O papel do professor na TO

A passagem anterior leva-nos à questão do papel do professor na TO. Como foi expresso em uma seção anterior, a TO não é uma teoria construtivista, então o papel do professor não é concebido como um guia ou um auxílio para a aprendizagem do aluno. A TO também não é uma teoria behaviorista, portanto, o papel do professor não é concebido como o detentor do conhecimento que é transmitido ao aluno. O professor, na TO, participa, ombro a ombro, da

circulação do saber em sala de aula: o professor trabalha com os alunos para que o conhecimento cultural apareça em sala de aula, por meio de discussões, debates, análises e interpretações na resolução de problemas. O professor dá uma visão do saber, mas não o impõe: ele *oferece-o* aos alunos, garantindo que os alunos tenham um espaço para pensar diferente, garantindo que haja espaço para a diversidade e a subversão.

No diálogo acima, vemos como os alunos não têm certeza sobre como formular um argumento científico. Os alunos preveem que o argumento científico não pode limitar-se a uma resposta. Você tem que explicar. Mas, como A₂ diz na linha 10, "*Explicar o quê?*". Em seguida, ele propõe uma explicação: "*Porque ele não estava no mesmo lugar*". O argumento ainda não é tão preciso quanto requer o argumento científico. O professor ouve o dilema em que os alunos encontram-se. Sua intervenção começa reformulando o que os alunos concluíram: "*Para justificar, você diz não [Drácula não captura Lucie]*". Na sequência, oferece uma ideia: "*Vocês podem justificar dizendo que Drácula lançou seu feitiço em determinado tempo e nesse tempo Lucie estava em tal lugar*".

A intervenção do professor é a resposta a uma necessidade expressa pelos alunos. A₁ leva a ideia ainda mais longe e propõe-se a fazer uma tabela. É nessa troca discursiva que uma possível estrutura do argumento científico começa a aparecer. E, por meio dessa aparição fenomenológica, o saber científico pode revelar-se à consciência dos alunos. O que aparece é o resultado do trabalho conjunto do professor e dos alunos. É um exemplo de *processo de objetivação*. Mas também é um exemplo de *processo de subjetivação*, uma vez que os alunos situam-se e posicionam-se em relação aos outros.

Os alunos aprendem a ouvir uns aos outros, a entenderem-se, a respeitar uns aos outros, a trabalhar juntos. Por exemplo, A₂ oferece ideias para seu grupo, A₁ esclarece e até opõe-se à ideia de A₂ na linha 13, para convencer-se, mais tarde, que talvez a ideia não fosse ruim e que valia a pena contemplá-la. Em um processo de subjetivação, alunos e professores tomam lugares ou perspectivas sobre o que está sendo discutido; alunos e professores posicionam-se ativamente em relação uns aos outros e ao saber.

Considerações Finais

Na primeira parte deste artigo, abordamos a problemática do Ensino e Aprendizagem da Física no Brasil. Em seguida, apresentamos brevemente alguns conceitos-chave da Teoria da Objetivação e qual poderia ser sua contribuição para a formação de professores de ciências.

Na última parte do artigo, apresentamos uma aula de Cinemática em torno do estudo científico do movimento dos corpos. A lição ilustra o que, em teoria, chamamos de *encontro* dos alunos com o saber científico. Esse encontro ocorre graças ao *movimento do saber* por meio da *conexão* de seus componentes que a AEA aciona (Figura 3).

Procuramos destacar três elementos importantes do movimento do saber: (a) o papel da tarefa, que deve ser elaborada de forma que o encontro com o saber seja rico e profundo conceitualmente; (b) o papel da organização social da classe; (c) o papel do professor. Esses três elementos desempenham um papel importante na qualidade dos processos de objetivação e subjetivação.

Parece-nos que a formação de professores para o ensino de ciências não pode restringir-se à única dimensão do saber. Essa dimensão é essencial, mas deve, segundo nosso entender, ser complementada com a atenção à dimensão do ser. Mencionamos que um dos dois desafios mais importantes da formação de professores de ciências é romper com as ideias tradicionais que transformaram o professor técnico no currículo e na aprendizagem.

Na perspectiva da TO, é necessário oferecer aos professores em serviço e aos futuros professores espaços de reflexão crítica e conjunta, para superar aquelas concepções limitantes que só fazem da escola e da sala de ciências uma réplica da sociedade. É a partir da consideração dessas duas dimensões que acreditamos que uma sólida formação em ciências pode ser realizada, oferecendo aos alunos e aos professores possibilidades de encontro profundo com saberes científicos culturais, mas também possibilidades de construção de relações humanas orientadas para a constituição de subjetividades críticas e éticas que exercem a prática do respeito, da responsabilidade, do cuidado com o outro e da solidariedade na escola.

Referências

- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria da Educação Básica, 1999.
- BROUSSEAU, G. **Theory of didactical situations in mathematics**. Dordrecht: Kluwer, 2005.
- CARVALHO, A. M. P. de; SASSERON, L. H. Ensino e aprendizagem de Física no Ensino Médio e a formação de professores. **Estudos Avançados**, [S. l.], v. 32, n. 94, p. 43-55, dez. 2018. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/152655>. Acesso em: 5 abr. 2021.
- CARVALHO, A. M. P., GIL-PÉREZ, D. **Formação de Professor de Ciências**. 10. Ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- GOMES, S.C. **Teorias de aprendizagem em matemática: um estudo comparativo à luz da Teoria da Objetificação**. Natal, 2016. 134f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade

Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação.

MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 32, n. 94, p. 73-80, dez. 2018.

PIETROCOLA, M. A matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.19, n.1, p.89-109, ago. 2002.

RADFORD, L. La ética en la teoría de la objetivación [Ethics in the theory of objectification]. In: RADFORD, L. & SILVA ACUÑA, M. (Eds.), **Ética: Entre educación y filosofía**, p. 107-141. Bogota: Universidad de los Andes, 2021.

RADFORD, L. Methodological Aspects of the Theory of Objectification. **Perspectivas da Educação Matemática**, v. 8(18), p. 547-567, 2015.

RADFORD, L. Un recorrido a través de la teoría de la objetivación [A journey through the theory of objectification]. In S. Takeco Gobara & L. Radford (Eds.), **Teoria da Objetivação: Fundamentos e aplicações para o ensino e aprendizagem de ciências e matemática**. São Paulo, Brasil: Livraria da Física, p. 15-42, 2020.

RADFORD, L., MIRANDA, I., & DEMERS, S. **Processus d'abstraction en mathématiques**. Ottawa: Centre franco-ontarien de ressources pédagogiques, Imprimeur de la Reine pour l'Ontario, 2009.

RADFORD, L. A cultural-historical approach to teaching and learning: The theory of objectification. In: **Proceedings of the 8th ICMI-East Asia Regional Conference on Mathematics Education**, Taipei-Taiwan, v. 1, p. 137-147, 2018a.

RADFORD, L. Algunos desafíos encontrados en la elaboración de la teoría de la objetivación. **PNA (Revista de Investigación en Didáctica de la Matemática)**, Granada - España, v.12, nº2, p. 61-80, jan., 2018b.

RADFORD, L. Saber, aprendizaje y subjetivación en la Teoría de la Objetivación. In: Iran Abreu Mendes (Ed.), **Anais do 5º Simpósio Internacional de Pesquisa em Educação Matemática – 5º SIPEMAT**, Belém, - Brasil, p. 1-22, jun., 2018c.

VARGAS-PLAÇA, J. S. **O uso de Tecnologia Assistiva como artefato cultural no atendimento educacional especializado para alunos cegos ou baixa visão**. 2020. 252f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2020.

YACKEL, E., & COBB, P. Sociomathematical norms, argumentation, and autonomy in mathematics. **Journal for Research in Mathematics Education**, 27(4), 458-477, 1996.