

EXPERIMENTOS DE PENSAMENTO: UMA PROPOSTA ADJUNTA AO ESTUDO E COMPREENSÃO DE CONCEITOS FÍSICOS NÃO-EXPERIMENTÁVEIS EM AMBIENTES EDUCACIONAIS

THOUGHT EXPERIMENTS: AN ADJUNCT PROPOSAL TO THE STUDY AND UNDERSTANDING OF NON-EXPERIMENTAL PHYSICS CONCEPTS IN EDUCATIONAL ENVIRONMENTS

Guilherme Moisés Sampaio¹, Emerson Ferreira Gomes²

¹Universidade Federal de São Carlos / UFSCar - (Campus Sorocaba) / Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Materiais, E-mail: guilherme.sampaiol@ig.com.br

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo / IFSP - (Campus Boituva), E-mail: emersonfg@ifsp.edu.br

RESUMO

O uso da imaginação no ensino de Física poderia ser um dos recursos mais utilizados na prática da Física Moderna, especialmente porque na própria concepção de algumas hipóteses dessa área, observa-se o uso de idealizações. Pesquisas em Ensino de Física, sobre o uso didático de Experimentos de Pensamento, sugerem que essas experiências elaboradas no imaginário podem ser úteis na aprendizagem de fenômenos difíceis de serem observados em condições de laboratório físico. Assim, buscaremos neste artigo analisar algumas características destes experimentos teóricos, de forma que possamos aplicá-lo como um instrumento em potencial ao ensino de Física, de modo a criar um senso crítico sobre realizações experimentais, além da percepção e do raciocínio lógico que eles podem demonstrar.

Palavras-chave: Experimentos de Pensamento; Física Moderna; Ensino de Física.

ABSTRACT

The use of imagination to teach Physics could be one of the most used methods to teach Modern Physics, especially because in the conception of some hypotheses within this area, the use of imagination in mental experiments is observed. Research in Physics Teaching, on the didactic use of Thought Experiments, suggest that these experiences developed in the imagination may be useful in the learning process of difficult phenomena to be observed under lab physical conditions. Thus, this article will seek to analyze some features of these theoretical experiments, so we can apply it as a potential tool to teaching Physics, in order to create a critical sense about experimental achievement, beyond perception and logical reasoning that they can show.

Keywords: Thought Experiments; Modern Physics; Physics Teaching.

INTRODUÇÃO

Assim como em outros campos do conhecimento, a Física utiliza uma linguagem própria para traduzir seus conceitos e estabelecer relações entre suas grandezas. Contudo, muito mais do que se associar a Matemática para representar e “traduzir” suas definições e informações, permitindo a sua manipulação, a Física se utiliza do pensamento. Para os

físicos de um modo geral, é o pensamento lógico que permite uma compreensão mais abrangente do universo físico para além de cada fenômeno isolado. O raciocínio lógico permite uma expressão de maneira sintética e precisa do conhecimento da natureza por meio de leis físicas. Nessa perspectiva, a escrita deste artigo tem por intenção apresentar algumas concepções históricas dos Experimentos de Pensamento (EP.) bem como, abordar um experimento teórico clássico a fim de que possamos ressaltar a importância da experimentação pensada como proposta adjunta ao ensino de Física dentro do contexto educacional.

A IMPORTÂNCIA DOS EXPERIMENTOS AO ENSINO

Na contemporaneidade, com o advento da tecnologia e a sua incorporação no processo de ensino nas aulas experimentais de Física, procura-se uma maior eficiência na compreensão de conceitos, fazendo com que os estudantes despertem interesses pelo funcionamento de aparelhos que utilizam os mais variados princípios físicos (MENEZES, 2005). Porém, às vezes, nos deparamos com situações dentro da Física onde a simulação em laboratório torna-se inviável, representações de situações onde não seria possível desenvolver as experiências sobre uma óptica real em função de questões ligadas à segurança, tempo ou mesmo acesso. Tais situações coincidem com a abordagem prevista neste trabalho, pois recaem sobre um tema que instiga a imaginação e cujas comprovações empíricas só estão sendo possíveis devido às inovações tecnológicas que têm sido elaboradas e aprimoradas nas últimas décadas.

CONCEPÇÕES HISTÓRICAS DOS EXPERIMENTOS DE PENSAMENTO

Utilizado muito dentro do campo da Filosofia, o processo de “experimentar em pensamento” constitui um raciocínio lógico sobre um evento ou um episódio não realizável na prática, mas cujas consequências podem ser exploradas pela imaginação, pela Física ou pela Matemática. Desde a Antiguidade, o homem vem se deparando com EP. onde tem de imaginar, com uma linha de raciocínio coerente e uma base matemática, situações complexas, nas quais a razão nos leva a compreender fatos que muitas vezes não conseguimos ainda expor de forma visual a todos os observadores.

Portanto, é viável pensar que tais experimentos são em suma o primeiro passo de uma análise para a fundamentação e sustentação de uma ideia e posterior teoria científica. A noção ou mesmo a utilização dos EP. ou *gedankenexperiment*, expressão utilizada pelo físico e filósofo austríaco Ernst W. J. W. Mach (MACH, 1960) nos remete à tradição grega.

Um famoso exemplo é a alegoria do Mito da Caverna descrita por Platão em seu livro *A República*, datada do século IV a.C. . Outros exemplos clássicos encontram-se nas reflexões de Sócrates. Os EP. em Física nos reportam ao menos à época de Galileu Galilei (KIOURANIS, SOUZA e SANTIN FILHO, 2010, p. 1507-1).

Talvez, uma das experiências chave na história da Ciência Moderna tenha sido a demonstração feita por Galileu de que objetos em queda devem cair na mesma proporção, independentemente de suas massas. Esta concepção é amplamente pensada e, sua divulgação envolve o mito de que o cientista teria subido à famosa Torre inclinada de Pisa e soltado dois corpos de massas diferentes de uma mesma altura. Nessa perspectiva, podemos depreender que sua dedução física a respeito de que as massas dos corpos não deveriam ter qualquer influência na velocidade de queda, estando todos sujeitos a uma mesma aceleração gravitacional (g), têm em sua essência uma sustentação baseada em uma experimentação pensada (uma demonstração que utilizava-se da técnica dos EP.) e não propriamente de um ensaio prático.

Sob esse panorama, verifica-se que muitas dessas lendas e mitos que circundam a Física acabam por ter sua natureza ligada aos EP., ou seja, estão pautadas em um raciocínio, *a priori*, muito mais intuitivo do que propriamente empírico (MOURA e CANALLE, 2001, p. 244).

CONSIDERAÇÕES SOBRE OS EXPERIMENTOS DE PENSAMENTO PARA A CIÊNCIA

Não é difícil de encontrarmos exemplos dentro da Ciência onde os suportes da imaginação atrelados a consequências de equações matemáticas forneceram aos cientistas um guia seguro para a natureza das coisas que ainda não fomos capazes de ver, observar ou de fazer ensaios, mas que mesmo assim, buscam por um entendimento mais profundo da natureza e de sua realidade.

A mentalização de experimentos são mecanismos importantes para a história da Ciência, pois permitem que as anomalias chamem a atenção dos cientistas, fazendo-os refletir sobre os paradigmas inadequados e, assim, com a ajuda da Ciência normal, entrar em fase revolucionária (KIOURANIS, SOUZA e SANTIN FILHO, 2010, p. 1507-3).

Entretanto, há autores que possam discordar dessa técnica quando aplicada ao ensino, podendo argumentar que se podemos imaginar algo, não significa que esse algo seja possível ou, o que uma pessoa pensou e caracterizou como certa, outra pode considerar

obviamente errada, dessa forma as experiências imaginárias nos levariam muito longe do mundo real (KIOURANIS, SOUZA e SANTIN FILHO, 2010, p. 1507-3).

É fato que visões divergentes, debates sobre diferentes percepções são comuns em meios acadêmicos, e não precisam ser tomados como fatores negativos, pelo contrário, eles podem e devem sim serem levados as salas de aula como estímulo a questões que possam viabilizar o emprego destes EP. à educação.

Assim, é de extrema importância não apenas para a Ciência do laboratório como também, que os estudantes e os próprios professores busquem entender como funcionam as bases e a fundamentação deste método que tenta analisar não só as causas para os efeitos, como também, os efeitos das causas, tentando explorar desta forma, uma linha de deduções e raciocínios coerentes, com o objetivo de nos conduzir a resultados adequados à realidade da natureza.

O PARADOXO DOS GÊMEOS: UMA SÍNTESE DE SEUS ASPECTOS

Dentro da Física, especialmente no que diz respeito ao estudo da Física Moderna, cujos trabalhos foram desenvolvidos e estruturados principalmente no início do século XX, o Paradoxo dos Gêmeos é um experimento teórico "contido" na Relatividade Especial envolvendo gêmeos idênticos, um dos quais faz uma viagem ao espaço em um foguete de alta velocidade (próximo à velocidade da luz) e retorna para casa, descobrindo para sua surpresa que o gêmeo que permaneceu na Terra movendo-se a velocidades cotidianas envelheceu mais do que ele.

Este resultado nos parece intrigante, contrariando o senso comum ao qual estamos acostumados a viver diariamente. Tal abstração foi sugerida, em 1911, pelo físico francês Paul Langevin e ainda hoje, é um dos principais meios para compreendermos a essência da dependência no estado de movimento do observador com relação às noções de espaço e de tempo (FALCIANO, 2007, p. 19).

Se pensarmos no contexto histórico, essa alegação só foi possível com base no experimento "fracassado" de Michelson-Morley de não se conseguir detectar o éter que se tinha como senso permeiar o Universo como um todo. Com o insucesso de tal comprovação, cujos resultados mostravam-se conflitantes com as previsões da Mecânica Clássica, o físico irlandês George F. FitzGerald e o holandês Hendrik A. Lorentz propuseram que corpos movendo-se no "éter" tenderiam a se contrair e que os relógios por sua vez, tenderiam a um retardo. Esta contração dos comprimentos e, conseqüente dilatação no tempo medido pelos relógios seriam tais que, todas as pessoas acabariam medindo sempre uma mesma

constante, ou seja, uma mesma velocidade para o movimento da luz, independentemente de como se movessem no espaço. (Vale ressaltarmos aqui, que ambos os cientistas FitzGerald e Lorentz ainda não tinham abandonado por completo a ideia da existência de um éter como uma substância efetiva no Universo) (HAWKING, 2009, p. 6).

Contudo, foi somente em um artigo escrito em junho de 1905, que Albert Einstein apontou que se ninguém podia detectar se estava movendo-se ou não no espaço, a concepção de um éter permeando o Universo seria desnecessária. Em vez disso, ele partiu do postulado de que as leis da Física deveriam parecer as mesmas para todos os observadores movendo-se livremente. Em particular, todos eles deveriam medir a mesma velocidade para o movimento da luz, não importando o quão rápido fosse o seu próprio movimento. A velocidade da luz é independente do movimento do observador, e é uma invariável da natureza, não importando as direções (HAWKING, 2009, p. 9).

Este novo entendimento de uma velocidade limite no Universo, velocidade esta que restringe nossa falsa percepção até então de acontecimentos (eventos) instantâneos, nos mostrou um modo inteiramente novo de encarar a dinâmica do espaço e do tempo ao qual estamos todos inseridos, uma vez que, nada pode superar os aproximadamente 300.000 km/s.

Essa formulação foi confirmada por diversos experimentos posteriores à dedução do físico alemão, inclusive um no qual dois relógios atômicos precisos (de césio) foram colocados em outubro de 1971 a bordo de dois aviões comerciais em voos de direções opostas ao redor do mundo e retornaram mostrando tempos ligeiramente diferentes, cujas disparidades foram consistentes com as previsões descritas pela Teoria da Relatividade (HAWKING, 2009, p. 9). Esse experimento que testou e confirmou a nova conexão entre espaço e tempo ficou conhecido como o "Experimento Hafele-Keating".

Baseado nestas questões fica evidente desta forma, que os princípios básicos e aspectos que levariam ao famoso Efeito do Paradoxo dos Gêmeos e suas conclusões não são decorrentes de uma experimentação cotidiana, mas sim, embasadas na premissa de postulados, desenvolvimento matemático aliado a esses experimentos idealizados no imaginário, os quais mostram-se como ferramentas poderosas e dinâmicas no processo de ensino/aprendizagem quando aplicadas nas aulas de Física, principalmente nos tópicos referentes à Física Moderna e Contemporânea, com o propósito de mostrar aos nossos estudantes que dentro da Relatividade Especial o princípio essencial que devemos tomar como lei é o fato da invariância da velocidade da luz, quanto ao tempo e ao espaço não precisamos nos preocupar, Einstein nos diz que eles são ajustáveis!

UMA ANÁLISE DA PERCEPÇÃO IMAGINÁRIA DO TEMPO

Não poderíamos deixar de citar mesmo que em um tópico breve, um comentário sobre a percepção deste que foi chamado por Einstein de uma ilusão persistente, nada mais, nada menos que o tempo.

Isaac Newton, na oitava definição dos seus Princípios Matemáticos da Filosofia Natural (*Principia*), precisamente em seu escólio respectivo, nos oferece claramente sua concepção de tempo e espaço. Em relação ao tempo, ele se refere de duas maneiras distintas:

O tempo absoluto, verdadeiro e matemático flui sempre igual por si mesmo e por sua natureza, sem relação com qualquer coisa externa, chamando-se com outro nome “duração”; o tempo relativo, aparente e vulgar é certa medida sensível e externa de duração por meio do movimento (seja exata, seja desigual), a qual vulgarmente se usa em vez do tempo verdadeiro, como são a hora, o dia, o mês, o ano (NEWTON, 1979, p. 8).

Se analisarmos dentro de um histórico mais formal, iremos perceber que tanto Galileu quanto Newton e a maioria dos cientistas até o século XX, acreditavam que o tempo era o mesmo para todos e, em todos os lugares. Isto é, a base para um cronograma, onde o tempo era encarado como um parâmetro. Visões mais questionadoras para com estas concepções de (absoluto), só começariam a ganhar forma no final do século XIX, podemos perceber, que pouco tempo antes de Einstein.

Estas novas noções apareceriam justamente com o físico e filósofo Ernst Mach, o mesmo ao qual mencionamos anteriormente e, cujos estudos permitiram solidificar os *gedankenexperiments* como uma prática válida e colaboradora de resultados que estavam em ressonância com a realidade. É interessante e de importante valor debatermos em salas de aula que esses novos entendimentos a respeito do tempo, demonstram-se estar longe de nossa esfera cotidiana e, exigem muito mais da nossa abstração e capacidade de reflexão do que de nossas apreensões triviais da natureza.

Assim, pensando melhor, poderíamos dizer que o tempo tornou-se parte de uma coordenada do ponto de vista da Relatividade. Os físicos acreditam que todo o Universo e, portanto, o próprio tempo teve início a cerca de 13,8 bilhões de anos atrás, no Big Bang. Se ele vai chegar a um fim algum dia é uma questão em aberto, que não cabe a nós neste trabalho tentarmos explorar, mas, dependendo da resposta, ela poderia mudar toda a nossa forma de visualizar o funcionamento do cosmos.

A ESTRANHA VIAGEM DOS GÊMEOS: UMA EXPLORAÇÃO DIDÁTICA DO PARADOXO

Sobre a sua perspectiva da imaginação criativa e original ser despertada pela capacidade de fantasiar a realidade, Vigotski nos aponta:

A imaginação criadora é resultante da capacidade de fantasiar situações. O indivíduo irá criar segundo a sua capacidade de imaginar e fantasiar com base numa série de fatores, entre eles, a experiência acumulada, enquanto um produto de sua época e seu ambiente (VIGOTSKI, 1982, p. 31).

Buscando evidenciar a importância dessas deduções mentais ao ensino, podemos nos apoiar nesta citação do pensador bielorrusso Lev S. Vigotski sobre como a imaginação e a abstração, associadas aos conhecimentos prévios são fatores essenciais na construção gradativa das ideias e do saber de uma forma geral. A visão defendida por Vigotski de que o indivíduo acaba criando modelos de entendimento, moldados em sua mente por meio do exercício do pensamento, buscando uma compreensão dos fenômenos naturais que o cerca mostra-se fundamental nesta geração onde propostas de modelos construtivistas de ensino/aprendizagem são incentivadas na educação.

Neste cenário, esses experimentos projetados no campo da imaginação seriam importantes para os estudantes, mas o ganho com este método se mostraria de grande valor também para os professores, pois possibilitariam a eles conhecer as ideias e identificar os conceitos fundamentais precedentes que os estudantes trazem sobre os conhecimentos das novas informações que serão abordadas em sala de aula.

Para alguns estudantes, a análise de questões e exercícios propostos poderá parecer óbvia, enquanto outros poderão pressupor resultados não usuais ou até mesmo mais estranhos (KIOURANIS, SOUZA e SANTIN FILHO, 2010, p. 1507-6).

Analisando por este ponto de vista mais didático, o emprego destes aspectos contribui para a identificação ou mesmo, a interpretação de conhecimentos muitas vezes fundamentais na trajetória cognitiva dos estudantes e nas suas necessidades de aprendizagem. Desse modo, a utilização de alguns EP. clássicos durante o processo de ensino/aprendizagem de Física, poderiam se mostrar instrumentos promissores quando dirigidos de forma elaborada e coerente.

Como forma de reforçar o entendimento e as habilidades cognitivas, propomos neste ponto do artigo, analisar uma aplicação presente nos materiais didáticos sobre estes Experimentos de Pensamento, em conexão com o Currículo Oficial do Estado de São

Paulo para o Ensino de Física, e com a Matriz de Referência para o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

Retornando ao nosso foco principal abordado sobre o Efeito do Paradoxo dos Gêmeos e suas implicações no tempo que se mostra relativo a elevadas velocidades, vamos analisar uma questão proposta no 4º Volume da Apostila de Física do Sistema Positivo de Ensino, p. 40, (3º Ano do Ensino Médio), sobre Teoria da Relatividade. O tópico é abordado no material didático com a nomenclatura de Entretenimento Científico, e nos apresenta o seguinte texto descritivo, juntamente com a questão a ser considerada:

"Suponha, por exemplo, que a velocidade da nave do gêmeo astronauta corresponda a 80% da velocidade da luz no vácuo (0,8c) e que se passem 70 anos para o gêmeo que ficou na Terra. Nesse caso, usando a transformação de Lorentz, descubra-se que, no retorno do gêmeo que foi ao espaço, ele aparenta ter 42 anos a mais do que quando viajou e seu irmão, 70 anos a mais". Veja os cálculos abaixo:

$$\Delta t_1 = \Delta t_2 \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad \rightarrow \quad \Delta t_1 = 70 \cdot \sqrt{1 - \frac{(0,8c)^2}{c^2}} \quad \rightarrow$$

$$\Delta t_1 = 70 \cdot \sqrt{1 - \frac{0,64c^2}{c^2}} \quad \rightarrow \quad \Delta t_1 = 70 \cdot \sqrt{0,36} \quad \rightarrow$$

$$\Delta t_1 = 42 \text{ anos.}$$

Ainda sobre a questão abordada, há outro item que faz o seguinte questionamento ao estudante como um método de reflexão ao experimento imaginado:

"A respeito do Paradoxo dos Gêmeos, o gêmeo que foi ao espaço poderia ter uma velocidade tão grande a ponto de voltar à Terra antes de seu irmão ter nascido?"

A respeito desta pergunta, poderíamos trabalhar com os alunos algumas compreensões e estimulá-los a cogitar possíveis justificativas embasadas em seus raciocínios, e ao fim de algumas especulações, demonstrarmos que diferentemente do que algumas pessoas possam ter imaginado, o fenômeno da dilatação temporal não corresponde a uma inversão no “sentido” em que o tempo passa.

Desta forma, é impossível que o gêmeo que foi viajar volte antes do nascimento de seu irmão (e dele próprio). A dilatação do tempo não é uma viagem ao passado para quem está a elevadas velocidades, pois o tempo continua fluindo para o futuro, porém de forma mais lenta.

Como pudemos constatar, alguns conteúdos de Física Moderna, mesmo que de modo simplificado, são abordados dentro do programa proposto ao Ensino Médio, e cabe ao professor tentar direcioná-los da melhor forma possível, propondo nestas situações conceituais diversos debates, questionamentos e análises, com o objetivo de despertar nos estudantes a compreensão de fenômenos naturais, interações com o assunto estudado e a construção de argumentações consistentes a partir das informações fornecidas.

Alguns eixos cognitivos (competências e habilidades) são estimulados no desenvolvimento da cultura científica e com a aplicação desses instrumentos educacionais, tais como, a realização de observações, o estabelecimento de relações entre fenômenos, a verificação de hipóteses e o diagnóstico de situações problemas. Desta forma, o processo que envolve a experimentação pensada, propicia além da investigação científica um atalho mais curto e rápido para a percepção de resultados teóricos importantes, mesmo em situações que aparentemente contradizem a nossa intuição comum.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo buscou salientar que estudantes de um modo geral, podem utilizar o poder da abstração e da imaginação dentro do estudo de Física, para a construção de resultados lógicos e plausíveis, muitas vezes inviáveis de serem demonstrados empiricamente, pelo alto custo de suas realizações ou mesmo pela falta de tecnologia tangível de ser aplicada.

O foco adquirido pelo estudante em determinadas situações, poderia levá-lo a uma linha de raciocínio que o faria distinguir os resultados possíveis das conclusões errôneas, possibilitando assim, uma conexão vantajosa com o conhecimento, além de permitir fazer uso de informações sobre o mundo que estavam de alguma forma lá o tempo todo, e que com o auxílio de orientações, puderam ser extraídos resultados coerentes com a natureza e, comprovados por estudos matemáticos.

Procuramos evidenciar ainda, que a prática de exercícios mentais demonstram potencialidades didáticas que devem ser exploradas, no sentido de um forte ganho na

capacidade reflexiva e de aprendizado que eles proporcionam, contribuindo de certa forma também sobre as habilidades criativas que serão executadas no laboratório da mente.

Com o desejo sincero de contribuir com o aumento da qualidade educacional em nosso país, destacamos como última consideração, que a capacidade de observar os acontecimentos naturais a sua volta e essa característica puramente humana de imaginar, nos proporcionou um salto evolutivo sobre todas as demais espécies. O ato de imaginar nos permitiu não apenas o entendimento de grande parte da natureza, como nos forneceu subsídios para interpretar e descrever mecanismos de funcionamento do Universo que se encontravam muitas vezes ocultos.

Agora, outra questão mostra-se desafiadora no estudo destes Experimentos de Pensamento, pois afinal, eles poderiam ser tão promissores a ponto de propiciarem uma conexão (uma ponte) entre os conhecimentos já existentes e aqueles ainda a serem apreendidos?

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FALCIANO, F. T. Cinemática relativística: paradoxo dos gêmeos. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 19-24, 2007.

HAWKING, S. W. **O Universo numa Casca de Noz**. Tradução: Mônica Gagliotti Fortunato Friça. 10. ed. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 2009. 216 p.

KIOURANIS, N. M. M.; SOUZA, A. R.; FILHO, O. S. Experimentos mentais e suas potencialidades didáticas. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 1507-1 - 1507-10, Mai. 2010.

MACH, E. **The Science of Mechanics**. Tradução: Thomas J. McCormack. 6. ed. LaSalle, Illinois: Editora Open Court, 1960.

MENEZES, L. C. De Corpo Inteiro e Viva, a Física. **Física na Escola**. v. 6, n. 1, p. 27-30, 2005.

MOURA, R.; CANALLE, J. B. G. Os Mitos dos Cientistas e suas Controvérsias. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 238-251, Jun. 2001.

NEWTON, I. Princípios Matemáticos da Filosofia Natural. In: **Os Pensadores**. Tradução: Carlos Lopes de Mattos e Pablo Rubén Mariconda. 2. ed. São Paulo: Editora Abril Cultural, 1979. 237 p.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. **Currículo Oficial do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas tecnologias / (3. Currículo de Física para o Ensino Médio) / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; coordenação de área, Luis Carlos de Menezes. - 1. ed. atual. - São Paulo: SE, 2011. 152p.**

Ensino, Saúde e Ambiente - V9 (2), pp. 1-11, Ago, 2016.

SILVA JÚNIOR, E. F. **Física: Ensino Médio, 3ª Série**. Curitiba: Editora Positivo Ltda., v. 4, 2013. (Apostila).

VIGOTSKI, L. S. **La imaginación y el arte en la infancia**. Madrid: Editora Akal, 1982. 128 p.