

A FILOSOFIA POPPERIANA E A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA: UM TRATAMENTO DE VISÕES DEFORMADAS DA CIÊNCIA EM SALA DE AULA

Popperian Philosophy and Scientific Literacy: A Treatment of Deformed Views of Science in the Classroom

Diego Rodrigues de Souza [diegosouza@iftm.edu.br]

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro
Rodovia MG 188, s/n, Paracatu (MG)*

Cristina Fátima de Jesus Silva Pires [crispires09@gmail.com]

*Colégio Estadual Tancredo de Almeida Neves
Area 4 Tropical Verde, Tv. 11, Lot. Tropical Verde, Goiânia (GO)*

Marcelo Castanheira da Silva [marcelo.silva@ufac.br]

*Universidade Federal do Acre
Rodovia BR 364, Km 04, Distrito Industrial, Rio Branco (AC)*

Eloi Benício de Melo Junior [eloibmj@gmail.com]

*Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas
Rua Lauro Müller, 455, Botafogo, Rio de Janeiro (RJ)*

Luiz Gonzaga Roversi Genovese [lgenovese@ufg.br]

*Universidade Federal de Goiás
Av. Esperança, s/n, Chácaras de Recreio Samambaia, Goiânia (GO)*

Recebido em: 25/01/2022

Aceito em: 25/04/2023

Resumo

A partir de um tratamento das Visões Deformadas da Ciência, “visão aproblemática e ahistórica” e “concepção empírico-indutivista e ateórica” com base na filosofia da ciência de Karl Popper, expomos uma descrição reflexiva da intervenção realizada com alunos de um terceiro ano do ensino médio de um colégio público de Goiânia, Goiás, Brasil, , assim como a escolha por certa graduação pelo primeiro autor, incluindo o início do exercício da docência e dos grupos de trabalho que fizera parte. Para sistematizar as atividades, elaboramos uma sequência didática em torno da evolução da ideia de movimento e do entendimento de construção da ciência de Popper, objetivando senão a superação de tais Visões Deformadas da Ciência, ao menos a problematização, para possibilitar crítica, posicionamento, motivação e, conseqüentemente, mudança de postura dos estudantes numa perspectiva de Alfabetização Científica. A intervenção teve bons resultados, dado que incentivou a manifestação livre dos estudantes sobre conceitos estudados ao longo desse trabalho. A aplicação dessa pesquisa propiciou uma modificação da visão experimental e observacionista dos participantes para conceitos defendidos do racionalismo crítico de Popper.

Palavras-chave: Visões Deformadas da Ciência; Epistemologia Popperiana; Natureza da Ciência.

Abstract

From a treatment of the Deformed Views of Science, "unproblematic and ahistorical view" and "empirical-inductivist and atheoretical conception" based on Karl Popper's philosophy of science, we present a reflective description of the intervention carried out with students from a third year of high school at a public school in Goiânia, Goiás, Brazil. To systematize the activities, we developed a didactic sequence around the evolution of Popper's idea of movement and understanding of the construction of science, aiming at overcoming such Deformed Views of Science, at least the problematization, to enable criticism, positioning, motivation and, consequently, a change in students' posture in a perspective of Scientific Literacy. The intervention had good results, as it

encouraged the free expression of students about concepts studied throughout this work. The application of this research provided a modification of the experimental and observational view of the participants to concepts defended by Popper's critical rationalism.

Keywords: Deformed Views of Science; Popperian Epistemology; Nature of Science.

Introdução

Problemas sócio-tecno-científicos característicos da contemporaneidade exigem dos cidadãos conhecimentos, habilidades e valores não contemplados por uma educação pautada na transmissão asséptica da ciência e na aplicação redentora de tecnologias. Desta forma, a Alfabetização Científica, impulsionada pelo movimento democrático “Ciência para todos” (Reid & Hodson, 1993), tornou-se uma meta educacional importante e desafiadora, visto que é inadmissível pensar num cidadão, no sentido pleno do termo, que seja incapaz de tomar decisões fundamentadas e críticas sem pressupostos científicos, tecnológicos e humanistas (Auler & Delizoicov, 2001; Auler, 2003; Sasseron & Carvalho, Almejando a alfabetização científica na educação: a proposição e a procura de indicadores, 2008; Cachapuz, Pérez, Carvalho, Praia, & Vilches, 2011; Sasseron & Carvalho, 2011a; Sasseron & Carvalho, 2011b).

Nesse sentido, a Alfabetização Científica tem servido como meio para evitar e lutar contra a exploração indiscriminada, principalmente daqueles que estão alheios a ela e sutilmente envolvidos nas correntes científicistas e tecnicistas. Ademais, numa de suas múltiplas dimensões, combate às desigualdades sociais (Cachapuz, Pérez, Carvalho, Praia, & Vilches, 2011) e de poder, uma vez que parte da premissa de um analfabetismo científico e tecnológico (Auler & Delizoicov, 2001; Nascimento-Schulze, 2006) para a posterior sistematização nos ambientes escolares e nos espaços educativos não formais (Lorenzetti & Delizoicov, 2001).

Sasseron & Carvalho (2008), ao fazerem um delineamento histórico dos pressupostos para considerar um cidadão alfabetizado cientificamente, expõem três confluências estruturantes da Alfabetização Científica: primeira, a compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais; depois, a compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam a sua prática e, por último, o entendimento das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente.

Tais eixos são igualmente importantes e interdependentes, porém é notável a preocupação com o segundo (Silveira, 1992; Fourez, 1995; Matthews, 1995; Harres, 1999; Pérez, F., Alis, Cachapuz, & Carvalho, 2001; Villani, 2001; Silveira & Ostermann, 2002; Meglhioratti, Bortolozzi, & Caldeira, 2005; Köhnlein & Peduzzi, 2005a; 2005b; Praia, Gil-Pérez, & Vilches, 2007; Chinelli, Ferreira, & Aguiar, 2010) devido, principalmente, ao desenvolvimento e transmissão de Visões Deformadas da Ciência que comprometem o ideal formativo almejado pela Alfabetização Científica.

A respeito desse tema, Pérez, Montoro, Alis, Cachapuz, & Carvalho (2001) e Cachapuz, Pérez, Carvalho, Praia, & Vilches (2011) acrescentam que as Visões Deformadas da Ciência são responsáveis pelo fracasso e desinteresse de um bom número de estudantes. Eles ainda enumeram as seguintes deformações no entendimento de ciência como as mais frequentes: concepção empírico-indutivista e ateórica; visão rígida; visão aproblemática e ahistórica; visão exclusivamente analítica; visão acumulativa de crescimento linear; visão individualista, elitista e visão socialmente neutra da ciência.

Segundo Harres (1999) e Praia, Gil-Pérez, & Vilches (2007), as Visões Deformadas da Ciência são despercebidas e, por vezes, ignoradas nos meios escolar e universitário. Situação que pode ser sustentada pelo desconhecimento da natureza da ciência ou ainda pela dificuldade de abordá-la fora ou dentro de sala de aula, haja vista a complexidade de se dominar uma, ou mesmo,

conciliar as variadas perspectivas filosófico-científicas que chegam a divergir na compreensão do que seja ciência (Chalmers, 1993).

Karl Popper desenvolveu a teoria do racionalismo crítico, ou teoria popperiana, onde analisou a importância do pensamento crítico e da experimentação na investigação científica. Para ele, o conhecimento é refutável, ou seja, deve ser sujeito a falseabilidade através de testes rigorosos. As ideias defendidas por Popper se opõem ao positivismo, dado que este se apoia na verificação de evidências para fundamentar uma teoria (Popper, 1985).

O trabalho de Karl Popper, na natureza de Karl Popper, que se destaca pela amplitude e profundidade com que procura caracterizar as fronteiras do conhecimento científico, não é um dos mais lembrados e valorizados pelos educadores em ciências. É o que sinaliza a falta de pesquisas empíricas e a pequena quantidade de pesquisas teóricas apoiadas nesse epistemólogo em somente duas das mais famosas revistas brasileiras dirigidas ao ensino de ciências: Filho (1995) e Chibeni (2005) na Revista Brasileira de Ensino de Física e de Silveira (Silveira, 1989; 1996) no Caderno Brasileiro de Ensino de Física.

A natureza da ciência pode ser entendida como o processo de construção da ciência (Krupczak & Aires, 2020) e para Popper (1985) esse processo se baseia não nas conclusões e induções pertinentes desse processo, mas sim na refutação e experimentação. Para o autor a teoria deve ter uma necessidade e ser seguida de experimentação. Dessa forma, Popper (1985) afirma que o processo de tentativa e erro deva ser valorizado na construção da ciência, pois todas as etapas podem gerar conhecimentos pertinentes a sociedade. Além disso, ele apresenta o conceito de falseção da ciência que é construir os conceitos científicos de maneira que possa ser criticada de forma isenta, a fim de eliminar potenciais fraquezas desses conceitos e teorias.

O reduzido emprego e a pouca relevância atribuída à natureza da ciência de Popper na área de ensino de ciências podem ser fruto de uma ampla gama de fatores. Dentre eles destacam-se: a preferência por naturezas da ciência contemporâneas ou da “moda”; a desconsideração de elementos históricos da ciência na construção de seu racionalismo crítico; o equivocado rótulo como neopositivista (Oliveira, 2012) oriundo do valor que atribui à observação e experimentação (Chalmers, 1993) e, ainda, a sua difícil classificação, de modo que é frequentemente caracterizado como tendo tanto elementos da Nova Filosofia da Ciência quanto da concepção herdada (Positivismo Lógico) (Echeverria, 1995).

Contudo, apesar de criticado, Popper é um daqueles epistemólogos que mais contribuíram para a ruptura com a ciência de cunho positivista (Silveira, 1989; 1992; 1996; Kosminsky & Giordan, 2002; Köhnlein & Peduzzi, 2002; Silveira & Ostermann, 2002; Rufatto & Carneiro, 2009) ao servir de ponte da transição do Positivismo Lógico para a Nova Filosofia da Ciência. É justamente por isso que seus entendimentos podem se mostrar frutíferos para o rompimento com determinadas Visões Deformadas da Ciência dos alunos em sala de aula, já que ele mesmo iniciou essa travessia e, portanto, teve que enfrentar tais visões de ciência.

Assim, considerando a concepção de natureza da ciência de Popper sobre as Visões Deformadas da Ciência, visão aproblemática e ahistórica e concepção empírico-indutivista e atórica, apontamos que esse trabalho relata de forma reflexiva a escolha de determinada graduação pelo primeiro autor, assim como o começo do exercício da docência e dos grupos de trabalho aos quais pertenceu, também inclui a análise de uma sequência didática que foi realizada junto a alunos de uma turma de terceiro ano do ensino médio noturno de um colégio público de Goiânia, Goiás. Apoiada na evolução da ideia de movimento, a sequência didática tinha como objetivo central senão a superação das Visões Deformadas da Ciência, ao menos a problematização, com o intuito de possibilitar aos alunos o exercício da crítica, da tomada de posicionamento e motivação para

aprendizagem na perspectiva de Alfabetização Científica.

Origem, contexto e ações da Sequência Didática

Longe de ser um problema meramente teórico e acadêmico, as Visões Deformadas da Ciência podem se manifestar muito cedo na trajetória escolar dos estudantes. Não por acaso, a presença incômoda das Visões Deformadas da Ciência no processo formativo do autor principal deste relato reflexivo remonta às aulas de física, química, biologia e matemática que cursou no Ensino Médio e às informações sobre ciência e tecnologia veiculadas pelos meios de comunicação em massa que tinha acesso.

Os fatos relatados no parágrafo acima eram justificados porque a “ciência presente nos exercícios repetitivos e maçantes de vestibular” sinalizava uma ciência neutra (Lacey, 2008), ahistórica, individualista, elitista e sobretudo sem graça desenvolvida por seus professores de ciências (McComas, 1998), assim como os estereótipos de genialidade e “loucura” associadas aos cientistas que ficam “enfurnados” em seus laboratórios que são divulgados pelos meios de comunicação (Tomazi, Pereira, Schuler, Piske, & Tomio, 2009). Tais fatos não coadunavam com a visão de cientista que ele tinha e queria ser, a saber, criativo, esforçado, colaborativo e transformador do mundo. Dissonância que, inicialmente, o incomodava e fez com que diminuísse, mas não desistisse de seu interesse em ser cientista e pela ciência.

Emerge desse afastamento do universo do fazer ciência a opção do primeiro autor desse trabalho em cursar física no Ensino Superior na modalidade licenciatura, numa universidade pública federal do estado de Goiás.

O exercício da docência nas disciplinas de física e matemática, já nos primeiros anos do curso de licenciatura em física, em regime de trabalho temporário pela Secretaria de Estado da Educação de Goiás, fez com que novamente se defrontasse com as Visões Deformadas da Ciência. Todavia, não mais pelas atividades desenvolvidas por seus ex-professores ou meios de comunicação com que teve contato, mas pelas atitudes e falas dos alunos no transcorrer do ano letivo. Situação que lhe colocou a pensar de forma especulativa, precária e difusa em possíveis ações didático-pedagógicas que promovessem a superação de tais Visões Deformadas da Ciência dos alunos, até porque não podia compactuar com uma situação que tanto o incomodava. Entretanto, nesse momento, não acreditava que tinha condições e apoio para enfrentar tal desafio.

Concomitante à essas reflexões sobre Visões Deformadas da Ciência vinculadas à docência, o então professor, em regime temporário de trabalho, e licenciando começa a cursar a disciplina de estágio. Mais especificamente, num Pequeno Grupo de Pesquisa de uma escola com a qual a universidade mantém um trabalho colaborativo de formação inicial e continuada de professores da educação básica e superior (Genovese & Genovese, 2012), que também engloba a disciplina de estágio.

E é esse Pequeno Grupo de Pesquisa que, dentre outros aspectos, não somente lhe proporcionou um ambiente reflexivo, crítico e transformador da docência e da escola (Souza & Genovese, 2013), bem como ofereceu a possibilidade de elaborar e manter uma investigação conjunta com seus colegas estagiários experientes e iniciantes (futuros professores), professores supervisores e pesquisadores em torno de problemáticas escolares relevantes e desafiantes (Genovese L. G., 2013) para si e seus colegas, neste caso, sobre as Visões Deformadas da Ciência que há tempos lhe incomodava.

Cabe aqui ressaltar que esse Pequeno Grupo de Pesquisa tem como temática central de investigação e ação a caracterização de aspectos que motivam e mobilizam os alunos num processo de Alfabetização Científica, faz parte de um conjunto denominado de Grande Grupo de Pesquisa (Genovese & Genovese, 2012) que visa a promoção de práticas docentes de autonomia elevada por

meio da produção, divulgação e validação de conhecimentos produzidos (Genovese L. G., 2016).

Faz-se necessário indicar ainda que a temática desse Pequeno Grupo de Pesquisa foi construída no decorrer de um longo processo de compreensão das necessidades da escola e da professora supervisora que coordena os trabalhos do referido grupo. Temática que desenvolve suas atividades num ambiente escolar rotulado por alunos e professores como bastante desfavorável, principalmente para as turmas de terceiro ano do Ensino Médio noturno que não veem mais como a escola poderiam auxiliá-las. Não por acaso era comum ver os alunos do noturno fora das salas em horário de aula, e, aqueles que assistiam as aulas, muitos dos quais apáticos, desrespeitando e desobedecendo professores, gestores, funcionários e colegas, ou ainda, se queixando do cansaço de um dia inteiro de trabalho.

Contudo, para além dessas reclamações e da falta de infraestrutura da escola e de professores da área de ciências naturais outros aspectos chamaram a atenção dos integrantes do Pequeno Grupo de Pesquisa.

A primeira delas é a insatisfação dos estudantes frente às aulas maçantes e aos conteúdos descontextualizados. Havia, portanto a necessidade de se realizar atividades diferentes em sala de aula, tal como assegurou o Aluno 07:

“Ah, as aulas são sempre a mesma coisa! Primeiro copia, depois explica e fazemos a tarefa. Podia mudar. Mostrar uma coisa interessante. um experimento... sei lá!” (Gravação de áudio).

Reclamações como essas faz cogitar provável relação entre a insatisfação com as aulas e a indisciplina desses alunos, já que gente inteligente não gosta de coisa chata, mas sim de coisas estimulantes e desafiadoras.

A segunda delas apontava que alguns alunos do terceiro ano do ensino médio noturno apresentavam Visões Deformadas da Ciência, haja vista que era comum expressarem entendimentos do tipo: “Quem faz física é um gênio”, ou ainda, “Vocês poderiam fazer um algum experimento para provar alguma teoria e mudar a rotina das aulas”.

Tais aspectos tanto indicavam a relevância da temática do Pequeno Grupo de Pesquisa quanto sinalizavam para a possibilidade de investigar e agir tendo em vista a modificação das Visões Deformadas da Ciência. Mais precisamente, abriu a possibilidade de o autor principal deste trabalho dar encaminhamento ao seu incomodo e/ou desafio de se ensinar a natureza da ciência, de forma a modificar a postura apática e a compreensão dos alunos, ao menos de uma turma de terceiro ano do Ensino Médio noturno sobre o processo de construção do conhecimento, numa visão não positivista da natureza da ciência, no caso a popperiana. Cabe aqui indicar que a escolha da turma mencionada se deu em grande medida por evidenciar as Visões Deformadas da Ciência, ser considerada pelos professores e alunos da escola “uma turma custosa” (difícil de lidar).

Para tanto, ao longo do ano letivo foram estudadas e desenvolvidas ações no interior do Pequeno Grupo de Pesquisa que permitissem encaminhar essa problemática na referida turma, assim como possibilitasse abordar a evolução histórica e outras nuances da ideia de movimento, considerando a visão aproblemática e ahistórica e a concepção empírico-indutivista e atórica. Notadamente foi desenvolvida uma sequência didática levando-se em conta tais entendimentos e, posteriormente, trabalhada durante três semanas totalizando oito aulas de 45 minutos.

O quadro 1 apresenta as ações e as ideias desenvolvidas no presente trabalho.

Contribuições da filosofia popperiana para o rompimento com as visões deformadas da ciência.	1. Visão aproblemática e ahistórica.	O pensamento de Aristóteles, a explicação para o movimento e os limites da teoria.
		A ascendência do <i>impetus</i> e o limite da explicação.
		Copérnico, Kepler e Galileu no rompimento com o aristotelismo.
		A dificuldade de sobrevivência do modelo copernicano e a tentativa de solucionar problemas.
		O método científico de investigação da natureza.
		Isaac Newton e os “gigantes”: a união das explicações dos fenômenos celestes e terrestres.
	2. Visão empírico-indutivista e ateórica.	O sucesso de Newton, a física do século XIX e o fenômeno chamado Einstein.
		O empirismo-indutivismo e características.
		Críticas ao empirismo-indutivismo.
		Argumentos lógicos contra o princípio de indução.
	3. Filosofia de Karl Popper.	A lógica dedutiva como concorrente ao indutivismo.
		Popper e a ruptura com a ciência indutiva.
		A falseabilidade: demarcação entre ciência e pseudociência.

Quadro 1: organograma das atividades aplicadas no trabalho. Fonte: Autoria própria.

Tais ações e aquelas realizadas anteriormente no Pequeno Grupo de Pesquisa foram registradas em fotografias, gravações de áudio e num diário com notas de campo dos pesquisadores numa perspectiva qualitativa (Bogdan & Biklen, 1994). Posteriormente, tal material passou por reflexões no interior do Pequeno Grupo de Pesquisa e a análise que agora se apresenta na forma de relato reflexivo foi validada junto aos participantes do Pequeno Grupo de Pesquisa, ou seja, por agentes do campo escolar e campo universitário (Genovese L. G., 2013). Num momento posterior a sistematização aqui apresentada, as análises serão também postas à crítica e à apropriação dos

membros de outros Pequenos Grupo de Pesquisa, ou seja, no Grande Grupo de Pesquisa.

O quadro 2 descreve a forma como foi organizada a sequência didática do trabalho, dividida em três etapas de intervenção.

Etapa	Denominação	Objetivo
1	Primeiro dia de intervenção – Visão aproblemática e ahistórica (3 aulas)	Compreensão de uma algumas características da Natureza da Ciência.
2	Segundo dia de intervenção - Concepção empírico-indutivista e ateórica (3 aulas)	Questionar a validade do empirismo-indutivismo na pesquisa científica.
3	Terceiro dia de intervenção - A filosofia de Karl Popper (2 aulas)	Apresentar a concepção da ciência segundo Popper.

Quadro 2: descrição da sequência didática aplicada.

Primeiro dia de intervenção – Visão aproblemática e ahistórica (3 aulas)

O objetivo desta intervenção foi propiciar o entendimento de determinados fatos da Natureza da Ciência, onde os alunos foram envolvidos com atividades relacionadas a História e Filosofia da Ciência, no qual foi buscado verificar a não existência de verdades absolutas na ciência, a partir dos conceitos de movimento tratados no decorrer do tempo.

Nesse dia, os alunos conversavam bastante, observamos uma resistência às mudanças, bem como uma acomodação ao método de ensino, que fora construída ao longo dos anos escolares, mas pararam gradualmente com a chegada dos integrantes do Pequeno Grupo de Pesquisa na sala. Após se acalmarem, apresentamos os objetivos e as etapas da intervenção que seguiríamos dali em diante. Esboçaram interesse, mas notamos outras reações:

“O Aluno 15 levantou-se de sua cadeira, cruzou os braços e sentou-se sobre a mesa da professora como quem não acreditasse na proposta que fora feita. Já a Aluna 4 perguntou-me em tom de ironia: ‘Vai valer nota?’” (Notas de campo).

Mesmo diante de tais posicionamentos indicamos que a história da ciência seria um dos pilares sobre o qual nos assentariamos a atividade. Tal sinalização ajudou a acalmar os ânimos dos alunos. E, aí pudemos apresentar a temática movimento e as questões que norteariam aquele encontro. As questões eram: “A ideia de movimento sempre foi semelhante à que temos hoje?”, “Existiram outras teorias tratando o movimento?” e “As falhas e os problemas de possíveis teorias foram preponderantes para a aceitação do que entendemos hoje por movimento?”.

Durante a apresentação das questões percebemos que os alunos tinham atividades atrasadas de outras disciplinas. A maneira encontrada para não dispersarem com essas atividades, e mesmo com conversas, foi criar no decorrer da intervenção uma outra atividade mais chamativa. Assim, pedimos para que eles destacassem uma folha de caderno e escrevessem suas dúvidas e os pontos importantes da apresentação, além de comentários que os ajudassem a refletir sobre as perguntas feitas inicialmente. Nesse instante, lembramo-los da importância e da liberdade que tinham para elaborar e apresentar suas colocações. Foi estabelecido então, um ambiente de colaboração e respeito mútuo, os alunos ficaram envolvidos com a exposição a ponto de se sentirem à vontade em tecer comentários e questionamentos acerca da temática trabalhada. De fato, tal estratégia foi capaz de promover o envolvimento de boa parte dos alunos na atividade, não sem espanto. Ao menos é isso que indica a fala do Aluno 17: “Como assim, falar o que pensamos!? Não tem resposta certa para nós respondermos? Os professores pedem que a gente responda o que eles querem!”

Já mostrando slides, chamamos a atenção para o quadro “A escola de Atenas” do pintor renascentista Rafael Sâncio. Baseados na literatura (Ben-Dov, 1996; Peduzzi, 1996; Pietrocola, 2002; Braga, Guerra, & Reis, 2004; Figueiredo, et al., 2006; Carvalho Filho & Germano, 2007), discorremos sobre seus dois personagens do centro, Aristóteles e Platão. Contudo, enfatizamos o pensamento de Aristóteles sobre o movimento dos corpos em direção ao seu lugar natural.

Foi interessante observar uma aceitação da turma, assim como alertou Peduzzi (1996), às explicações aristotélicas acerca dos movimentos naturais e violentos, da inexistência de movimento sem força e de que força e velocidade são proporcionais:

“Expus que a teoria de Aristóteles, sobre certos aspectos do movimento, embora fosse apenas qualitativa, tratava de uma teoria científica bem elaborada e coerente e estava de acordo com a percepção e experiência cotidiana das pessoas. E, eles faziam movimento com a cabeça concordando com as ideias de movimento de Aristóteles. Mas, antes disso, indaguei-os: ‘Será que essa teoria explica tudo sobre o movimento? Nunca tinha observado aquela sala tão quieta... Eles avaliavam em silêncio o que fora dito.’ (Notas de campo).

Outras características da física de Aristóteles foram lembradas durante o encontro: os elementos básicos do universo, o horror ao vácuo, o primeiro motor, características do universo geocêntrico etc. Mas, preocupados em fazer os alunos enxergarem os limites dessa teoria, indicamos, por meio de outras questões (Apêndice I) que versam sobre a física aristotélica, precisamente situações em que a teoria de Aristóteles apresentava dificuldades em relação ao tempo de queda de objetos de mesmo elemento, de massas diferentes, ao movimento sem força e, finalmente, à proporcionalidade entre força e velocidade.

Intencionávamos um desenvolvimento crítico dos alunos para com a física de Aristóteles e uma avaliação fundamentada dessa teoria como fornecedora de verdade absoluta. A ideia aqui era indicar, conforme a concepção popperiana, que as teorias ou leis científicas são conjecturais e efêmeras, ou seja, de que por mais aproximativa da verdade que seja uma teoria ou lei científica, ela é sempre passageira (Popper, 1972).

Enquanto os alunos realizavam as atividades, conversamos com alguns deles. Desses diálogos, observamos dois aspectos cabíveis de se relatar: a surpresa deles em poder expressar suas opiniões e juízos de valor ao invés de “respostas corretas, curtas e prontas”, já que não existia uma verdade absoluta (Köhnlein & Peduzzi, 2005a) e o entusiasmo com a história da ciência compreendida em frases do tipo: “Achei que esse Aristóteles fosse só da filosofia!” e “É interessante... Eu não sabia que existia uma história para a ciência também”, mostrando o quão benéfico pode ser a história da ciência no ensino da ciência (Arruda & Villani, 1996).

Com o entendimento de que podiam participar ativamente da aula já que não existia uma resposta verdadeira para as perguntas, os alunos propuseram vários entendimentos, demonstrando a reflexão causada:

“[...] Pegando um papel e um caderno, o caderno cairá primeiro [...]”. (Resposta do Aluno 12 à questão 1 do Apêndice I).

“Não, ele só explicava a força lançada, mas não explicava o movimento depois disso”. (Resposta da Aluna 6 à questão 2 do Apêndice I).

“É fato isso. Quanto mais forte eu joga uma pedra, mais rápido ela vai!”. (Resposta da Aluna 4 à questão 3 do Apêndice I).

Após o término dessa atividade, somamos argumentos sobre a ascendência e queda do *impetus* (impulso) como teoria adjacente à de Aristóteles para explicar a segunda questão do Apêndice I que versa sobre o movimento de objetos somente quando empurrados. Discriminamos, para um melhor entendimento do desenrolar histórico da ideia de movimento, as contribuições de Nicolau Copérnico com o universo heliocêntrico, de Johannes Kepler e Tycho Brahe nas

investigações astronômicas e de Galilei Galileu na primitiva ideia de inércia e o rígido método empirista-indutivista.

Ao ressaltar os aportes de Galileu relacionados à compreensão do movimento, enfatizamos, por meio de um pequeno filme-desenho (Barreto, 2013) a explicação da primeira questão que abordava a queda de corpos de massas diferentes (Apêndice I). Percebemos que a “resposta” dada pelo filme gerou desconforto nos alunos. Vejamos suas falas:

“Ah, moço... Isso é mentira! As pedras caem ao mesmo tempo?! (Aluno 4)” “_ Hum...É porque é um desenho, né professor? (Aluno 13)” Respondemos dizendo: ‘A solução dada por Galileu àquele problema pode ser feita por você, mas não confie tanto num experimento, hein!’”. (Notas de campo)

A exposição da teoria de Aristóteles e o filme-desenho instigaram nos estudantes a manifestação da Visões Deformadas da Ciência ahistórica e aproblemática, respectivamente, como percebe-se na fala do aluno descrita acima e retomada aqui “... Eu não sabia que existia uma história para a ciência também” e nas respostas dos alunos 4, 12 e 13 apresentadas acima. Destacamos o confronto das visões do aluno 4 com os aportes de Galileu, o ato de questionar as pedras caírem ao mesmo tempo é um indício do despertar de um sujeito crítico o que entendemos ser um requisito para a compreensão da natureza da ciência problemática e não estática.

Diante da situação quiseram saber a explicação física daquele fenômeno. Dissemos-lhes: “Daqui a pouco vocês terão essa resposta! Mas não sei se ela é uma verdade absoluta!” com o intuito de instigar curiosidade e maior aproximação dos estudantes com as aulas. No entanto, depois entendemos uma necessidade e adiantamo-nos à física newtoniana para explicar que a aceleração da gravidade é constante e igual para todos os objetos próximos à superfície terrestre, mas que o ar influencia no tempo de queda de tais objetos.

Em prosseguimento, versamos, por meio dos “Princípios matemáticos da filosofia natural”, resumido num artigo de Zanetic (1988), as realizações de Isaac Newton. Não esquecemos de relevar os “gigantes” de Newton, de forma conjunta, logo atingimos a segunda e terceira questão do Apêndice I que versava sobre a falha da teoria de Aristóteles para explicar os fenômenos terrestres, mas que eram bem encaminhados pelas leis de Newton.

Como final, propusemos outras duas questões (Apêndice II) com abertura para reforçarmos que as falhas das teorias em ciência são positivas para o progresso dela, além disso, que fazem da ciência um conjunto de conhecimentos adquiridos mediante revoluções com abandonos de teorias por outras mais abrangentes (Popper, 1985), ao longo do tempo.

Os alunos ao participarem dessa última atividade, conseguiram alcançar posicionamentos que merecem destaque:

“[...] tudo que sabemos hoje teve início com ideias muito primitivas como as de Aristóteles [...]” (Resposta do Aluno 5 à questão 1 do Apêndice II).

“Não, uma teoria nunca é verdade absoluta, o conhecimento científico é limitado e por vezes é falho. São gerações e gerações e todas elas com suas teorias” (Resposta da Aluna 6 à questão 2 do Apêndice II).

Nesse sentido, podemos indicar que, ao final dessa etapa de intervenção, os alunos, em boa medida, se envolveram com as atividades propostas na perspectiva da História e Filosofia da Ciência. Primeiro, porque foram capturados para as atividades quando surpreendidos com a ideia de que aula seria guiada pela História e Filosofia da Ciência. Segundo, a partir de tal situação de abertura para as atividades, os alunos começaram a se expressar sem se preocupar muito com erros, já que como viram não existem verdades absolutas na ciência. Terceiro, ao final da intervenção pode-se perceber que os alunos foram mostrando certa familiaridade com alguns entendimentos sobre movimento, e ainda, sobre como os modelos teóricos são problemáticos (limitados) e vão se

modificando ao longo do tempo (história). Neste caso, deram início a compreensão de certos aspectos da Natureza da Ciência.

Segundo dia de intervenção - Concepção empírico-indutivista e ateórica (3 aulas)

Foi um dia atípico no colégio por causa da visita de palestrantes do Centro de Seleção de uma Universidade Federal do estado de Goiás com a finalidade de divulgarem o vestibular. Enquanto o evento não começava, a algazarra no pátio era geral e maior que a de costume. Entretanto, tivemos a surpresa de encontrar 17 alunos do terceiro ano na sala de aula junto com a professora supervisora, o que nos deixou extremamente felizes, já que evidenciou certo interesse deles em mais um dia de atividades da proposta.

Tão logo, aproveitando a receptividade, revisamos pontos importantes e citamos, assim como no encontro anterior, algumas questões que seriam pensadas e comentadas, novamente numa folha de caderno. São elas: “Seria possível as leis de Newton falharem na explicação de questões pertinentes ao movimento?”, “Quais são as principais características do empirismo-indutivismo?” e “O empirismo-indutivismo é confiável?”.

Imediatamente constatamos certa antipatia dos estudantes para com os termos contidos nessas indagações, pois não estavam acostumados e julgaram ser de difícil entendimento. Por isso, no intuito de evitarmos aborrecimentos não planejados, desviamos a atenção dessa situação utilizando uma conexão com argumentos vinculados à mecânica clássica vista no tratamento da visão aproblemática e ahistórica.

Dessarte, por meio de entendimentos popperianos da natureza da ciência, enfatizamos que a mecânica de Newton, lapidada por nomes como Leonard Euler, Cristian Huygens e outros (Zanetic, 1988; Fitas, 1998), sofreu, desde o século XVII, vários testes que ambicionavam sua falseação, embora todos contribuíssem para um alcance experimental nunca concebido na ciência (Popper, 1972).

Abordamos as interpretações da teoria ondulatória que expressavam o movimento da luz unicamente no referencial inercial de um éter luminífero, o que causou estranhamento:

“A Aluna 6 lembrou-se: ‘Mas o senhor não tinha afirmado que a teoria de Aristóteles era limitada?’. Respondi, a partir de Pietrocola (2002), que os físicos reinventaram um meio material para a luz se propagar, embora diferente daquele das limitadas teorias idealizadas por Aristóteles e, depois, Descartes”. (Notas de Campo).

Nota-se que os alunos estavam envolvidos com a atividade e à vontade para realizar indagações e reflexões. Essa é uma evidência de que a etapa anterior foi importante para esta etapa subsequente.

Essa última pergunta serviu-nos como o gancho que precisávamos para alertar sobre alguns dos graves problemas na construção mecânica do éter que, naquela época, dava coesão à física e necessitava apenas de algumas medições para a sua comprovação. Dentre eles, destacamos o desconhecimento de sua constituição e a dúvida diante da pergunta: a luz se comporta como o som dependendo da densidade do éter para a sua propagação?

Para não deixar esse tema sem respostas aos estudantes abordamos a biografia de Albert Einstein, em seus experimentos mentais e em sua preocupação com o problema da fronteira mecânica-eletromagnetismo (Renn, 2005).

Adiante, discorreremos sobre o papel dos postulados de Einstein na mudança da compreensão dos conceitos de espaço e de tempo. Não aprofundamos no assunto, mas tocamos os seguintes desdobramentos dessa teoria: a mudança na perspectiva de simultaneidade; a dilatação do tempo; a contração do comprimento e a relação entre massa e energia.

Tal discussão deu-nos argumentos para colocarmos em xeque o método empirista-indutivista apresentado no encontro anterior. Então, indagamos: “O fato de Einstein não ter usado o ‘método científico’ tornou sua teoria ruim? A ciência é feita somente a partir do ‘método científico’?”.

As críticas esboçadas por alguns estudantes acerca dessas questões foram, no mínimo, curiosas:

“Se a teoria dele não foi feita pelo método, acho que não poderia ser aceita!” (Resposta do Aluno 3 às questões propostas)

“A teoria tem que ser experimentada para dizer se é verdade ou não. Só sei que o Einstein era um gênio” (Resposta do Aluno 5 às questões propostas).

“O método do Galileu resolveu o problema dele, mas não quer dizer que vai resolver o resto” (Resposta do Aluno 7 às questões propostas).

Em determinado momento, reparamos que os alunos já não estavam tão atentos à aula, principalmente, pelo barulho externo em consequência da palestra e pela complexidade do assunto. Decidimos, como meio para contornar essa situação, passar novas questões (Apêndice III), adaptadas do trabalho de Köhnlein & Peduzzi (2005a), com graus de liberdade para respostas tanto positivistas quanto construtivistas.

O questionário confirmou aquilo que observáramos: a visão de ciência daquela turma de terceiro ano era demasiadamente experimentalista e observacionista. Isto é, os alunos acreditavam num papel neutro da observação e da experimentação e deixavam de lado as intuições, os conhecimentos, as questões sociais e as hipóteses teóricas orientadoras da investigação. Não obstante, o questionário tenha propiciado essas informações relevantes a esse trabalho, consideramos que sua maior contribuição foi mobilizar os alunos para pensar sobre o processo de construção da ciência.

Avançamos no encontro ao colocarmos em dúvida mais características do método empirista-indutivista: a observação neutra e objetiva, a linearidade, a rigidez, a universalidade, a capacidade de produzir conhecimento válido e verdadeiro. Em suma, também reconhecemos a possibilidade de uma leitura com esse entendimento de episódios da história da ciência como defendido pelos filósofos Francis Bacon, John Lock e George Berkeley e vários outros modernos. Contudo, alertamos para o fato de que esse método científico não é uma fonte ou um caminho para conhecimento verdadeiro ou confiável (Popper, 1985).

Para fortalecer aspectos que exibem a limitação da corrente empírico-indutivista, utilizamos figuras de perspectivas reversíveis (figura 1) com a finalidade de realçar que a observação e mesmo a experimentação são repletas de teoria (Popper, 1972).

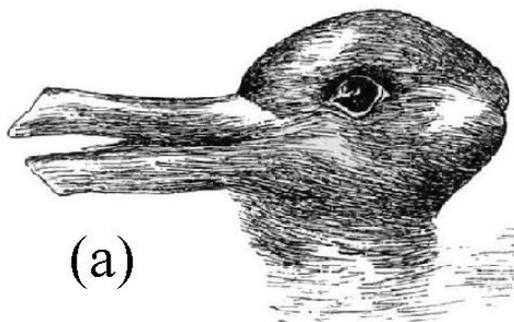


Figura 1: figuras de perspectivas reversíveis empregadas na atividade: (a) Pato ou coelho (Law, 2018) – (b) O gato está subindo ou descendo a escada? (Garcia, s.d.).

A estratégia, relatada no parágrafo anterior, mostrou-se bastante positiva, já que a participação dos alunos e as discussões em torno das variadas imagens se tornaram divertidas e empolgantes, bem como assinalamos que o empirismo-indutivismo só é válido psicologicamente (Popper, 1972).

Para finalizarmos, pedimos que os alunos refletissem sobre o que Chalmers (1993, p. 18) diz ser uma visão de ciência difundida:

“Conhecimento científico é conhecimento provado. As teorias científicas são derivadas de maneira rigorosa da obtenção dos dados da experiência adquiridos por observação e experimento. A ciência é baseada no que podemos ver, ouvir, tocar etc. Opiniões ou preferências pessoais e suposições especulativas não tem lugar na ciência. O conhecimento científico é conhecimento confiável porque é conhecimento provado objetivamente”.

A seguir, partes das anotações feitas pelos alunos a respeito dessa atividade:

“[...] Agora eu acho a ciência mais fácil de entender, pois é o ser humano que faz ela [...]. Ela não é confiável, mas é o conhecimento que temos do mundo”. (Aluno 2).

“[...] Acho que a parte de opiniões ou preferências pessoais está errada. O cientista é muito inteligente, mas é humano [...]”. (Aluna 4).

“Não entendi a parte do conhecimento provado objetivamente, mas acho que qualquer tipo de conhecimento não é confiável”. (Aluno 2).

Neste dia, apesar das dificuldades para o início da aula devido, dentre outros motivos, a divulgação do processo seletivo de uma universidade, vimos que os alunos estavam motivados, interessados pelos assuntos discutidos na aula anterior, haja visto o número de alunos que preferiram participar das discussões ao invés de assistir a referida divulgação. No entanto, ficou evidente que a terminologia empregada, a exemplo empírico-indutivista, limitou a participação dos alunos nas discussões. No entanto, a problematização das questões sobre indutivismo e as experiências sensoriais que apontam os limites da percepção neutra (desarmada teoricamente) das coisas, já que observamos o mundo através de “lentes” teóricas, proporcionou não só entendimento de tais questões como também resgatou aos alunos para a temática que estava sendo discutida em sala.

Terceiro dia de intervenção - A filosofia de Karl Popper (2 aulas)

Para esse último encontro, havíamos planejado alcançar mais críticas ao pensamento de cunho indutivo com a apresentação de uma síntese da importante proposta de compreensão da ciência de Popper.

Ora, como introdução, expomos parte da biografia de Popper. Enquanto avançávamos, percebemos, com base numa situação inusitada, o quão a maioria dos alunos estava interessada na intervenção, evidenciando a mudança de postura da maioria dos sujeitos com latente desejo de participar das reflexões de maneira conjunta:

“A Aluna 8 chegou bastante atrasada, fez muito barulho ao pegar sua mesa e ainda tentou conversar com a Aluna 4 causando bastante danos à fluidez da intervenção. Outros alunos, não satisfeitos com aquele comportamento, exigiram que ela respeitasse o esforço dos integrantes do PGP que lá se encontravam” (Notas de Campo).

Retornamos à abordagem destacando que Popper referia-se à própria epistemologia com o termo “Racionalismo Crítico” como indicação de seu afastamento do empirismo-indutivismo clássico na ciência. De forma mais precisa, o papel significativo da dedução na teoria de Popper foi indicado quando destacamos o importante papel das conjecturas, portanto, da imaginação na construção de teorias ou leis científicas em detrimento ao princípio da indução. Princípio da indução que pode ser assim descrito:

“Se um grande número de As foi observado sob uma ampla variedade de condições, e se todos esses As observados possuíam sem exceção a propriedade B, então todos os As têm a propriedade B (Chalmers, 1993, p. 27).

Mesmo com a explicação observamos que houve dificuldade em compreender as características da lógica dedutiva mediante as seguintes tomadas de partido:

“Acho que não acompanhamos essa parte porque não temos nem aula de filosofia direito”. (Trecho retirado dos comentários da Aluna 4 sobre o encontro).

“A lógica indutiva é mais fácil de entender. Seria uma relação entre duas coisas que se repetem e que poderá ser generalizada, entretanto acho difícil pensar difícil do ponto de vista dedutivo”. (Trecho retirado dos comentários do Aluno 7 sobre o encontro).

“As aulas que tinha história e da indução era de boa, mas essa ideia dedutiva de filosofia complicou a gente” (Trecho retirado dos comentários do Aluno 2 sobre o encontro).

Os comentários dos alunos 7 e 2 evidenciam que estes não conseguiram, nesse momento, se desprender do empirismo e compreender o racionalismo crítico de Popper, vale destacar que é utópico acreditar que em uma sequência didática conseguiríamos atingir todos os estudantes da mesma maneira e que seria possível desconstruir o empirismo por completo, uma vez que o empirismo é uma filosofia empregada ao longo de toda a vida escolar do estudante, tornando-se inclusive intuitiva. Essa reação já era prevista, já que, conforme nos lembra Shamos (1995), é muito difícil se ensinar a Natureza da Ciência *per si*. Em virtude disso, foi buscado mostrar aos participantes que não é possível verificar a verdade de um enunciado científico, por maior que seja a quantidade de resultados experimentais ou observações feitas com base nela. Nas palavras do próprio Popper (1985, p. 27):

Ora, está longe de ser óbvio de um ponto de vista lógico, haver justificativa no inferir enunciados universais de enunciados singulares, independentemente de quão numerosos sejam estes; com efeito, qualquer conclusão colhida desse modo sempre pode revelar-se falsa; independentemente de quantos cisnes brancos possamos observar, isso não justifica a conclusão de que todos os cisnes são brancos.

Intimamente ligada a problemática da indução, está a questão da demarcação entre ciência e pseudociência, assim apresentada para os alunos: “É possível separar o científico do não-científico?”. Em seguida, destacamos a crença dos positivistas no método de indução como um agente diferenciador entre ciência empírica e pseudociência ou, mais precisamente, metafísica. Partimos disso, para alertarmos que tal afirmação é infundada:

“[...] Com rejeitar o método de indução, - poder-se-ia dizer - privo a ciência empírica daquilo que constitui, aparentemente, sua característica mais importante; isto quer dizer que afastas as barreiras a separar a ciência da especulação metafísica. Minha resposta a tal objeção é a de que a razão principal de eu rejeitar a lógica indutiva consiste, precisamente, em ela não proporcionar conveniente sinal diferenciador do caráter empírico, não-metafísico, de um sistema teórico; em outras palavras, consiste em ela não proporcionar adequado “critério de demarcação” (Popper, 1985, p. 34).

Além do mais, expusemos que a linha divisória entre os sistemas físicos e metafísicos é tênue e que a indução atribui valor igual a ambos pelo fato de buscar a verificação de verdade ou falsidade com base na observação (Popper, 1985).

Nesse ponto, pedimos aos alunos que respondessem, em seus cadernos, a seguinte pergunta: “A astrologia faz diversas previsões em nosso cotidiano. Entretanto, poucos a consideram uma teoria científica. Qual o motivo disso segundo as nossas discussões?”. Percebemos interesse dos estudantes no assunto e, como resultado, obtivemos os seguintes posicionamentos:

“Não acredito na astrologia, porque não acontece igual pra todo mundo” (Trecho retirado da resposta do Aluno 3).

“Me identifico com o meu signo, pois ele me descreve muito bem [...]. Acho que tem um pouco de preconceito porque não tem matemática no meio” (Trecho retirado da resposta da Aluna 4).

“[...] Acho que é de cultura e as pessoas acreditam ou não!” (Trecho retirado da resposta do Aluno 10).

No posicionamento da aluna 4 percebemos que, pelas preposições genéricas, esta entende que a Astrologia pode ser considerada indutiva. Entretanto, esta mesma aluna não parece se atentar ao fato da falseação da ciência, o que indiretamente e intuitivamente o aluno 3 faz, pois destaca que “não acontece igual pra todo mundo” dando a entender que a faixa de eventos “explicados” pela Astrologia é limitada. Quanto ao comentário do aluno 10, este parece posicionar a Astrologia em uma linha diferente da ciência, uma vez que se refere a cultura pessoal em acreditar ou não.

Essa atividade serviu-nos para, em consonância com Popper, esclarecer que enunciados ligados às crenças supersticiosas podem ser verificados, assim como enunciados científicos, pois, na maioria das vezes, se baseiam no princípio de indução. Daí, o motivo dos astrólogos argumentarem que a sua “ciência” se apoia em grande abundância de observações e verificações, pois conseguem encontrar grande quantidade de fatos confirmadores da teoria astrológica (Silveira, 1996).

Haja vista a negação de Popper à verificação de teorias, assinalamos como critério para uma possível demarcação entre ciência e pseudociência, a falseabilidade, método em que um enunciado é falsificado se um fato logicamente possível entrar em conflito com ela:

“Contudo, só reconhecerei um sistema como empírico ou científico se ele for passível de comprovação pela experiência. Essas considerações sugerem que deve ser tomado como critério de demarcação, não a verificabilidade, mas a falseabilidade de um sistema. Em outras palavras, não exigirei que um sistema científico seja suscetível de ser dado como válido, de uma vez por todas, em sentido positivo; exigirei, porém, que sua forma lógica seja tal que se torne possível validá-lo através de recursos a provas empíricas, em sentido negativo: deve ser possível refutar, pela experiência um sistema científico empírico. Assim, o enunciado ‘Choverá ou não choverá aqui, amanhã’ não será considerado empírico, simplesmente porque não admite refutação, ao passo que será considerado empírico o enunciado ‘Choverá aqui amanhã’”. (Popper, 1985, p. 42).

Vale ressaltar que a observação pela observação de diversos eventos não garante a confirmação de teorias, como destacam Silveira (1996) e Popper (1985), como exemplo apontamos o conhecido caso estatístico da correlação entre a quantidade de afogamentos por ano com o número de aparições de Nicolas Cage em filmes. Na área da estatística esse caso é usado para exemplificar como a observação de dados e a correlação é diferente de causalidade. Ou seja, segundo Popper (1985) ainda que a Astrologia se apoie no discurso da observação sua teoria não pode ser falseada nem refutada.

Ainda, enaltecemos a concepção popperiana de que a falseabilidade e não a comprovação de teorias poderia contribuir para o progresso do conhecimento científico. Contudo, também expomos algumas deficiências de sua teoria, tais como: a exclusão da “reconstrução racional” das fases que conduziram o cientista à descoberta da teoria científica e episódios da história da ciência incompatíveis com a falseabilidade, como, por exemplo, a revolução copernicana.

Por fim, encorajamos os alunos a fazerem uma avaliação das atividades desenvolvidas durante a intervenção. Muitos nos indagaram quando voltaríamos para mais aulas, mostrando que foram, de certa forma, significativos os momentos passados juntos, como mostra as transcrições a seguir:

“Nunca tinha visto a física desse jeito. Foi bom, pois eu não entendia nada das fórmulas e agora sei que tem uma história e filosofia por trás do que estudamos”. (Trecho retirado da avaliação do Aluno 2).

“Mudei minha visão de ciência. Eu tinha um pensamento mais inocente e percebi que as aulas de física podem dar um conhecimento mais amplo do que acontece. Agora sei que não é só a comprovação que é importante, mas a refutação também”. (Trecho retirado da avaliação do Aluno 7).

“Mudei alguns conceitos que eu pensava que eram certos e tirei várias dúvidas que eu tinha. Confesso que não colaborei muito com as aulas (risos), mas foi muito eficiente a explicação dessa matéria”. (Trecho retirado da avaliação do Aluno 13).

Na intervenção do aluno 2 ficou evidente o quanto a História da Ciência é motivadora e capaz de envolver os alunos nas aulas (Matthews, 1995). Os alunos estavam lá, na sala de aula, participando e não como do costume, conversando no pátio ou ausente da escola. No entanto, ficou evidente que apesar de tal abordagem ser motivadora, o ensino de conceitos da Natureza da Ciência em si mesma, no caso a de Popper, é de difícil entendimento (Shamos, 1995), mesmo para conceitos introdutórios como, por exemplo, a dedução. No entanto, é louvável identificar o esforço e o empenho dos alunos no entendimento de tais conceitos e, em especial, a utilização, por eles, do que se evidencia na articulação entre o princípio da indução e a relação com conhecimentos de Astrologia, considerados pseudociências. Até porque, diferenciar afirmações e entendimentos científicos daqueles que não são, é um dos objetivos mais propalados por aqueles que defendem e procuram promover a tal alardeada alfabetização científica, mesmo que para tanto empreguem, como foi neste caso, a falseabilidade com o critério de demarcação.

Considerações finais

De modo a propiciar alfabetização científica, desenvolvemos uma sequência didática acerca da natureza da ciência apoiada na filosofia da ciência de Karl Popper para a superação ou, mesmo, a problematização acerca das Visões Deformadas da Ciência “visão aproblemática e ahistórica” e “concepção empírico-indutivista e atórica”. Além do posicionamento e crítica inerente à Alfabetização Científica, também tínhamos a motivação para aprendizagem dos alunos como objetivo desse trabalho, pois observáramos, nos diálogos com eles e com os professores, certo fracasso escolar e recusa à ciência.

No primeiro dia de intervenção foi notado que as atividades direcionadas segundo a História e Filosofia da Ciência tiveram um papel importante na participação dos alunos, entretanto proporcionou que adquirissem familiaridade com os conceitos de movimento e a limitação dos respectivos modelos teóricos. No segundo dia de intervenção, a aplicação de questões sobre indutivismo e das experiências sensitivas que indicavam o limite da percepção neutra dos objetos, levou a compreensão do que foi apresentado, dando uma noção do que seria relatado na próxima intervenção (a filosofia de Popper). Na terceira e última intervenção foi evidenciado a dificuldade de entendimento dos conceitos da Natureza da Ciência, como a falseabilidade e não comprovação de teorias defendidos por Popper, mesmo que tivesse sido interessante para os alunos.

Essa proposta mostrou-se bastante positiva, pois proporcionou uma participação ativa dos estudantes culminando com a livre expressão desses sujeitos durante as aulas, assim como apresentaram familiaridade com os conceitos de movimento abordados neste trabalho.

Além disso, percebemos a necessidade de uma adaptação da terminologia adotada para uma melhor compreensão do público-alvo da pesquisa, essa percepção é importante, pois a partir dela é possível aproximar mais os alunos dos conceitos a serem abordados.

Observamos ainda, que esta sequência didática permitiu a mudança, de parte dos estudantes, da visão experimentalista e observacionista para uma visão popperiana (racionalismo crítico), o que se mostra um resultado importante visto que o empirismo está enraizado no ensino de ciências e conseqüentemente na concepção de natureza da ciência por parte dos estudantes.

Referências bibliográficas

- Arruda, S. M., & Villani, A. (1996). Sobre as origens da relatividade especial: relações entre quanta e relatividade em 1905. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, pp. 32-47.
- Auler, D. (2003). Alfabetização científico-tecnológica: um novo “paradigma”? v. 5, n.1, p. 68-83, 2003. *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, pp. 68-83.
- Auler, D., & Delizoicov, D. (2001). Alfabetização científico-tecnológica para quê? *Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências*, pp. 122-134.
- Barreto, R. (10 de Novembro de 2013). *Contra o método: Galileu Galilei e Paul Feyerabend*. Fonte: YouTube: <http://www.youtube.com/watch?v=I5VPtHoLYtM>
- Ben-Dov, Y. (1996). *Convite à Física*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar.
- Bogdan, C. R., & Biklen, S. K. (1994). *Investigação Qualitativa em Educação*. Portugal: Porto, 1994. Porto: Portugal.
- Braga, M., Guerra, A., & Reis, J. C. (2004). *Breve história da ciência moderna, volume 2: das máquinas do mundo ao universo-máquina*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar.
- Cachapuz, A., Pérez, D., Carvalho, A. M., Praia, J., & Vilches, A. (2011). *A necessária renovação do ensino das Ciências*. São Paulo: Cortez.
- Carvalho Filho, J. C., & Germano, A. S. (2007). *Astronomia: interdisciplinar*. Natal: EDUFRN.
- Chalmers, A. F. (1993). *O que é ciência afinal?* São Paulo: Brasiliense.
- Chibeni, S. S. (2005). Certezas e incertezas sobre as relações de Heisenberg. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, pp. 181-192.
- Chinelli, M. V., Ferreira, M. V., & Aguiar, L. E. (2010). Epistemologia em Sala de Aula: A Natureza da Ciência e da Atividade Científica na Prática Profissional de Professores de Ciências. *Ciência e Educação*, pp. 17-35.
- Cupani, A., & Pietrocola, M. (2002). A Relevância da Epistemologia de Mário Bunge Para o Ensino de Ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino Física*, pp. 100-125.
- Echeverria, J. (1995). *Filosofía de la ciencia*. Madrid: Akal.
- Figueiredo, V., Filho, R. B., Rego, P. C., Mourinho, L. D., Neto, P. V., & Brandão, R. (2006). *Seis Filósofos na Sala de Aula*. São Paulo: Berlandis & Vertecchia.
- Filho, J. B. (1995). A unificação de Newton da física de Galileu com a astronomia de Kepler à luz da crítica Popperiana à indução. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 17, n. 3, set. 1995., pp. 233-242.
- Fitas, A. J. (1998). *Mach: o positivismo e as reformulações da mecânica no séc. XIX*. Actas do 3º Encontro de Évora sobre História e Filosofia da Ciência (pp. 115-134). Évora: Universidade de Évora.
- Fourez, G. (1995). *A construção das ciências: introdução à filosofia e a ética das ciências*. São Paulo: UNESP.
- Garcia, A. I. (s.d.). *Diario La Verdad on Twitter*. Fonte: Pinterest: <https://www.pinterest.pt/pin/474355773228581336/?d=t&mt=login>

- Genovese, L. G. (2013). *Obstáculos à consolidação da relação entre o campo escolar e o campo universitário: os Pequenos Grupos de Pesquisa de Goiás em foco*. Atas do IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Ciências. Águas de Lindóia.
- Genovese, L. G. (2016). *Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência: termos em reflexão à luz dos pressupostos do GGP-PIBID-Física do Instituto de Física-UFG*. Em L. G. Genovese, *Diálogo entre as múltiplas perspectivas na pesquisa em Ensino de Física* (pp. 345-397). São Paulo: Livraria da Física.
- Genovese, L. G., & Genovese, C. L. (2012). *Estágio Supervisionado em Física: considerações preliminares*. Goiânia: UAB.
- Harres, J. B. (1999). Uma Revisão de Pesquisas nas Concepções de Professores Sobre a Natureza da Ciência e Suas Implicações para o Ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, pp. 197-211.
- Köhnlein, J. F., & Peduzzi, L. O. (2005b). Uma Discussão Sobre a Natureza da Ciência no Ensino Médio: Um Exemplo Com a Teoria da Relatividade Restrita. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, pp. 36-70.
- Köhnlein, J. F., & Peduzzi, L. (2005a). *Uma Proposta de Abordagem Histórico-Filosófica da Teoria da Relatividade Restrita*. Atas... IV Encontro Ibero-Americano de Coletivos Escolares e Redes de Professores que fazem Investigação na sua Escola. Lageado: UNIVAT.
- Köhnlein, J. F., & Peduzzi, L. O. (2002). *Sobre a concepção empirista-indutivista no ensino de Ciências*. Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, VIII. Águas de Lindóia: Sociedade Brasileira de Física.
- Kosminsky, L., & Giordan, M. (2002). Visões sobre Ciências e sobre o Cientista entre Estudantes do Ensino Médio. *Química Nova na Escola*, pp. 11-18.
- Krupczak, C., & Aires, J. P. (2020). A natureza da ciência na formação de professores por meio das controvérsias sociocientíficas: o estado do conhecimento. *Revista Ciências & Ideias*, v. 11, n. 2, p. 01-16, mai./ago. 2020., pp. 1-16.
- Lacey, H. (2008). *Valores e atividade científica I*. São Paulo: Editora 34, 2008. São Paulo: 34.
- Law, S. (04 de Agosto de 2018). *Você vê um pato ou um coelho?* Fonte: Nexo: <https://www.nexojournal.com.br/externo/2018/08/04/Voc%C3%AA-v%C3%AA-um-pato-ou-um-coelho>
- Lorenzetti, L., & Delizoicov, D. (2001). Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, pp. 45-61.
- Matthews, M. (1995). História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, pp. 164-214.
- McComas, W. (1998). *The Nature of Science in Science Education Rationales and Strategies*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Meghioratti, F. A., Bortolozzi, J., & Caldeira, A. M. (2005). A construção da ciência e o ensino de ciências. *Revista Científica Eletrônica de Pedagogia*, pp. 1-13.
- Nascimento, T. G. (2005). Contribuições da Análise do Discurso e da Epistemologia de Fleck Para a Compreensão da Divulgação Científica e Sua Introdução em Aulas de Ciências. *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, pp. 127-144.

- Nascimento-Schulze, C. M. (2006). Um estudo sobre alfabetização científica com jovens catarinenses. *Psicologia: teoria e prática*, pp. 95-106.
- Oliveira, P. E. (2012). *Ensaio Sobre o Pensamento de Karl Popper*. Curitiba: Círculo de Estudos Bandeirantes.
- Ostermann, F. (1996). A epistemologia de Kuhn. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, pp. 184-196.
- Peduzzi, L. (1996). Física aristotélica: por que não considerá-la no ensino da mecânica? *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, pp. 48-63.
- Pérez, D. G., F., M. I., Alis, J. C., Cachapuz, A., & Carvalho, A. M. (2001). Para uma imagem não deformada da ciência. *Ciência & Educação*, pp. 125-153.
- Pérez, D. G., Montoro, I. F., Alis, J. C., Cachapuz, A., & Carvalho, A. M. (2001). Para uma imagem não deformada da ciência. *Ciência & Educação*, pp. 125-133.
- Pietrocola, M. (1999). Construção e Realidade: O Realismo Científico de Mário Bunge e o Ensino de Ciências Através de Modelos. *Investigações em Ensino de Ciências*, pp. 213-227.
- Pietrocola, M. (2002). O Espaço pleno e a concepção de éter. *Física na Escola*, pp. 7-8.
- Popper, K. R. (1972). *O conhecimento objetivo: uma abordagem evolucionária*. Belo Horizonte: Itatiaia.
- Popper, K. R. (1985). *Lógica da pesquisa científica*. São Paulo: EDUSP.
- Praia, J., Gil-Pérez, D., & Vilches, A. (2007). O papel da Ciência na Educação para a cidadania. *Ciência e Educação*, pp. 141-156.
- Reid, D., & Hodson, D. (1993). *Ciencia para todos em secundaria*. Madrid: Narcea, 1993. Madrid: Narcea.
- Renn, J. (2005). A física clássica de cabeça para baixo: como Einstein descobriu a teoria da relatividade especial. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, pp. 27-36.
- Rufatto, C. A., & Carneiro, M. C. (2009). A concepção de ciência de Popper e o ensino de ciências. *Ciência & Educação*, pp. 269-289.
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. (2008). Almejando a alfabetização científica na educação: a proposição e a procura de indicadores. *Investigações em Ensino de Ciências*, pp. 333-352.
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. (2011a). Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. *Ciência & Educação*, pp. 59-77.
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. (2011b). Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. *Ciência & Educação*, pp. 97-114.
- Shamos, M. (1995). *The Myth of Scientific Literacy*. New Brunswick: Rutgers University Press.
- Silveira, F. L. (1989). A filosofia da ciência de Karl Popper e suas implicações no ensino da ciência. *Caderno Catarinense de ensino de Física*, pp. 148-162.
- Silveira, F. L. (1992). *A Filosofia da Ciência e o Ensino de Ciências*. Brasília: Aberto.

- Silveira, F. L. (1996). A filosofia da ciência de Karl Popper: o racionalismo crítico. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, pp. 197-218.
- Silveira, F. L., & Ostermann, F. (2002). A insustentabilidade da proposta indutivista de “descobrir a lei a partir de resultados experimentais”. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, pp. 7-27.
- Souza, D. R., & Genovese, L. G. (2013). *O estágio supervisionado e suas contribuições acadêmicas para licenciandos em física*. Atas... XX Simpósio Nacional de Ensino de Física. São Paulo.
- Terra, P. S. (2002). O ensino de ciências e o professor anarquista epistemológico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, pp. 208-218.
- Tomazi, A. L., Pereira, A. J., Schuler, C. M., Piske, K., & Tomio, D. (2009). O que é e quem faz ciência? Imagens sobre a atividade científica divulgadas em filmes de animação infantil. *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, pp. 1-19.
- Villani, A. (2001). Filosofia da ciência e ensino de ciência: uma analogia. *Ciência & Educação*, pp. 169-181.
- Zanetic, J. (1988). Dos “Princípios” da mecânica aos “Princípios” de Newton. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, pp. 23-35.

APÊNDICE I

Colégio Estadual Tancredo de Almeida Neves

Professor: Diego Rodrigues de Souza

ALUNO

(A): _____ N° _____

Série/Turma: 3º Ano ____ Turno: Noturno

Assim como já acordado, as informações aqui coletadas JAMAIS serão utilizadas para qualquer fim que não seja aquele expressamente relacionado à pesquisa.

Questão 01: Segundo Aristóteles, os objetos mais pesados possuem uma tendência maior de atingir o seu lugar próprio original. Por exemplo, para ele, duas pedras de massas diferentes devem cair em intervalos de tempo diferentes.

Apresente um posicionamento concordando ou não com o pensamento de Aristóteles. Como faria para mostrar que seu posicionamento é verdadeiro?

Questão 02: Na física aristotélica, os objetos somente se movem enquanto são empurrados. Isso implica dizer que os objetos na terra devem parar seu movimento caso seja removida a força aplicada a ele. Mas Aristóteles conseguiria explicar o fato de uma flecha continuar se movendo no ar mesmo depois de deixar o arco?

Questão 03: Por fins didáticos, se pode expressar a lei de movimento de Aristóteles através da relação*:

$$F \propto \frac{v}{R}$$

em que F representa a intensidade da força aplicada ao corpo e R a resistência do meio. Ou seja, segundo Aristóteles, a velocidade de um corpo é diretamente proporcional à força motriz a ele aplicada e inversamente proporcional à resistência do meio no qual ele se movimenta.

Você acredita que essa afirmação condiz com aquilo observado em seu cotidiano? Justifique sua resposta com auxílio de exemplos.

* Aristóteles não tinha uma conceituação de força no sentido mais moderno deste termo. Ele, na verdade, falava em motor ou em causa do movimento. Portanto, a expressão acima apenas ilustra o pensamento de Aristóteles de maneira moderna.

APÊNDICE II

Colégio Estadual Tancredo de Almeida Neves

Professor: Diego Rodrigues de Souza

ALUNO

(A): _____ N° _____

Série/Turma: 3º Ano ____ Turno: Noturno

Assim como já acordado, as informações aqui coletadas JAMAIS serão utilizadas para qualquer fim que não seja aquele expressamente relacionado à pesquisa.

Questão 01: As falhas com teorias do movimento ao longo da história foram preponderantes para a aceitação do que entendemos atualmente por movimento? Justifique.

Questão 02: Uma teoria pode ser considerada uma verdade absoluta para sempre? O conhecimento científico é limitado e por vezes falho? Justifique.

APÊNDICE III

Colégio Estadual Tancredo de Almeida Neves

Professor: Diego Rodrigues de Souza

ALUNO

(A): _____ N° _____

Série/Turma: 3º Ano ____ Turno: Noturno

Assim como já acordado, as informações aqui coletadas JAMAIS serão utilizadas para qualquer fim que não seja aquele expressamente relacionado à pesquisa.

Notas aos avaliadores do trabalho: Este questionário fora apropriado de Könhlein e Peduzzi (2005a).

Das alternativas, indique aquela que mais se aproxima de seu entendimento.

A seguir, os respectivos códigos e seus significados: CF → concordo fortemente, C → concordo, I → indeciso, D → discordo, DF → discordo fortemente.

Questão 01: As teorias científicas são obtidas a partir dos dados da experiência, adquiridos por observação e experimento, ou seja, a experiência é a fonte do conhecimento.

CF C I D DF

Questão 02: Observações científicas são sempre o ponto de partida para a elaboração das leis e princípios em ciência.

CF C I D DF

Questão 03: O conhecimento científico não é provisório.

CF C I D DF

Questão 04: Qualquer investigação científica sempre faz parte de uma testagem experimental.

CF C I D DF

Questão 05: O modo como a ciência produz conhecimento segue rigorosamente a seguinte sequência: observação de fatos, elaboração de hipóteses, comprovação experimental das hipóteses, conclusões e estabelecimento de leis e teorias.

CF C I D DF

Questão 06: A elaboração de leis e princípios científicos obrigatoriamente dispensa a criatividade, a intuição e a imaginação do pesquisador.

CF C I D DF

Questão 07: Quando dois cientistas observam a mesma coisa, eles devem chegar necessariamente às mesmas conclusões.

CF C I D DF

Questão 08: O conhecimento científico é algo objetivo e confiável porque é provado.

CF C I D DF

Questão 09: Na ciência, todas as observações sempre são feitas com base em alguma teoria.

CF C I D DF

Questão 10: A natureza dá os fatos. É tarefa do cientista descobri-los. Para isso, é preciso que ele realize o seu trabalho com a mente 'purificada', livre de ideias sobre conhecimentos anteriores e sentimentos pessoais.

CF C I D DF