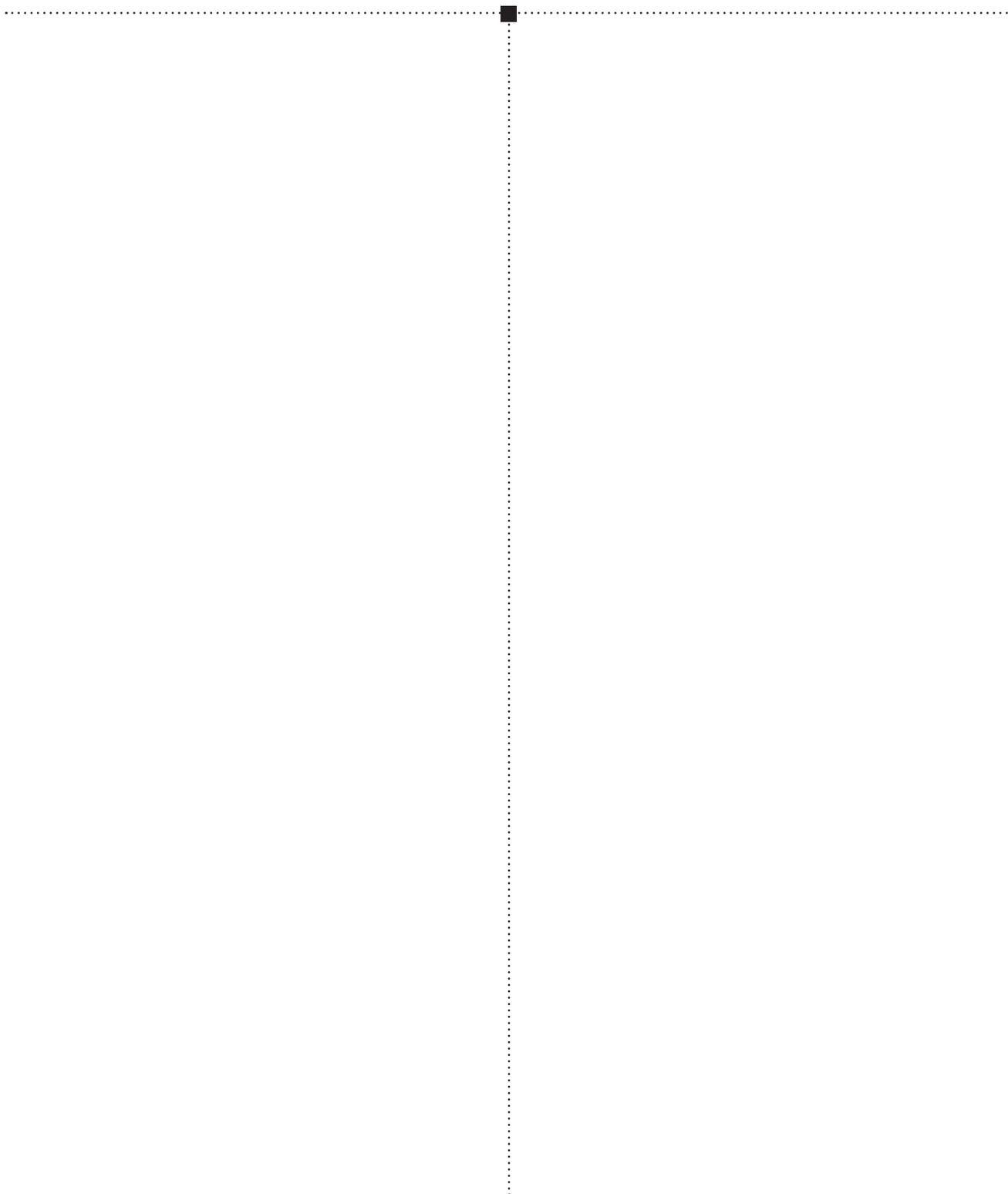


PESQUISA E DEBATE EM EDUCAÇÃO



Faculdade de Educação

Centro de Políticas Públicas e Avaliação da Educação
Programa de Pós-Graduação Profissional em Gestão e Avaliação da Educação Pública
Avenida Eugênio do Nascimento, 620 – Dom Orione CEP: 36038-330 – Juiz de Fora – MG
Telefone: (32) 4009-9326
Site: www.revistappgp.caedufjf.net
E-mail: revista@caed.ufjf.br

Conselho Editorial

Alexandre Chibebe Nicolella – USP
Beatriz de Basto Teixeira – UFJF
Bernadete A. Gatti – FCC
Clarilza Prado de Souza – USP
Fátima Cristina de M. Alves – PUC-RJ
Fernando M. Reimers – Harvard Graduate School of Education
Lina Kátia Mesquita de Oliveira – UFJF
Marcelo Tadeu Baumann Burgos – PUC-RJ
Nigel Brooke – UFMG
Robert Evan Verhine – UFBA
Tufi Machado – UFJF

Editor-chefe

Luiz Flávio Neubert

Colaboradores

Amanda Sangy Quiossa - CAEd/UFJF
Amélia Gabriela Thamer Miranda Ramos de Paiva - CAEd/UFJF
Juliana Alves Magaldi – CAEd/UFJF
Helena Rivelli – CAEd/UFJF
Leonardo Ostwald Vilardi - CAEd/UFJF
Luísa Gomes de Almeida Vilardi – CAEd/UFJF
Mayanna Auxiliadora Martins Santos – CAEd/UFJF
Priscila Campos Cunha - CAEd/UFJF
Daniel Eveling da Silva - CAEd/UFJF
Diovana de Paula de Jesus Bertolotti - CAEd/UFJF
Laura de Assis Souza e Silva - CAEd/UFJF
Vitor Fonseca Figueiredo - CAEd/UFJF
Marina Furtado Terra - CAEd/UFJF
Mônica da Motta Salles Barreto Henriques - CAEd/UFJF

Revisão de Língua Portuguesa

Carla da Silva Machado

Revisão técnica e coeditoração

Mayanna Auxiliadora Martins Santos

Projeto Gráfico

Edna Rezende S. de Alcântara

Diagramação/Capa

Coordenação de Design da Comunicação

Ficha catalográfica:

Revista Pesquisa e Debate em Educação – Programa de Pós-Graduação Profissional /
Gestão e Avaliação da Educação Pública / UFJF. v.8 n.2 (ago./dez. 2018) Juiz de Fora:
Universidade Federal de Juiz de Fora, 2018

Semestral

ISSN 2237-9444

1.Educação. 2.Gestão Educacional. 3.Educação – Avaliação.

CDU 371.26

SUMÁRIO

MICHEL FOUCAULT E O ENSINO DE FÍSICA: VEREDAS	172
Marcello Ferreira	
MICHEL FOUCAULT AND THE TEACHING OF PHYSICS: SIDEWALKS.....	194
Marcello Ferreira	
FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS A PARTIR DA PERSPECTIVA DO DESENVOLVIMENTO PROFISSIONAL	216
Letícia dos Santos Carvalho André Ferrer Pinto Martins	
AValiação AMPLA DE UMA PROPOSTA DIDÁTICA INOVADORA PARA INTRODUÇÃO À MECÂNICA NO ENSINO SUPERIOR	242
João Batista Siqueira Harres Marcela Vieira Kessler Guedes	
DESAFIANDO O PARADIGMA DO ENSINO DA QUÍMICA: O CONTRIBUTO DA UNIVERSIDADE ABERTA DE PORTUGAL	274
Carla Maria Bispo Padrel Oliveira Fernando José Pires Caetano	
MONUMENTOS DE UMA INTERVENÇÃO HÍBRIDA.....	291
Jardel Telles Rochele de Quadros Loguercio	
UMA PROPOSTA DE ENSINO INVESTIGATIVO SOBRE A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA: O EFEITO FOTOELÉTRICO	311
Marcello Ferreira Olavo Leopoldino da Silva Filho Alessandro Pinto Freitas Renato Lourenço Michel Lourenço	
CONSIDERACIONES SOBRE SOCIEDAD, CIENCIA Y TECNOLOGÍA EN EL TRABAJO EDUCATIVO: ASPECTOS CONTEXTUALES DE IMPORTANCIA EN EL USO DEL LENGUAJE MATEMÁTICO	357
Oscar Holguín Villamil Daniel Mill	

**FORMAÇÃO DE PROFESSORES: APROFUNDAMENTO
TEÓRICO-METODOLÓGICO DE EXPERIMENTOS INVESTIGATIVOS.....380**

Mara Elisângela Jappe Goi
Ricardo Machado Ellensohn
Sandra Hunsche

**IDENTIFICAÇÃO DE CONCEPÇÕES ERRÔNEAS EM MECÂNICA
ATRAVÉS DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS BASEADAS EM VÍDEO (AEBV)... 398**

Paulo Simeão Carvalho
Marcelo Dumas Hahn

**O PLANETÁRIO DA UNIPAMPA E A DIVULGAÇÃO DA CIÊNCIA
NA REGIÃO DA CAMPANHA SULRIOGRANDENSE.....422**

Guilherme F. Marranghello
Márcia Maria Lucchese
Rafael Kobata Kimura
Cecília Petinga Irala
Laura Menezes Eskasinki Dummer
Jéssica Penteado Machado

APRESENTAÇÃO

Caros Leitores,

É com muito gosto que lhes apresento o **Dossiê Ensino de Ciências da Natureza e Matemática**, que ocupa as páginas do segundo número de 2018 da Revista Pesquisa e Debate em Educação (RPDE). Esta composição surge de um convite da editoria, em atenção ao desenvolvimento e à relevância da área para o periódico, bem como às necessidades cada vez mais sobressalentes de investimento em pesquisas e produções que se coloquem a serviço da reflexão, das práticas e da formação de professores em ciências.

O Dossiê está composto de 11 manuscritos, dos quais 9 são em língua portuguesa, 1 em inglês e 1 em espanhol. Ao total, foram envolvidos 26 autores de 12 diferentes instituições de ensino superior; dentre os autores, há 5 estrangeiros, oriundos de 5 diferentes instituições de ensino internacionais. Os trabalhos decorrem de pesquisas transcorridas em Programas de Pós-Graduação integrantes do grupo de excelência da avaliação da Capes e de agências estrangeiras.

Do ponto de vista temático, buscou-se a diversidade das áreas no campo do ensino de ciências, perpassando discussões teóricas, epistemológicas, metodológicas e políticas, sobre a formação de professores, a experimentação, os materiais didáticos, além de temas científicos e de tendências conceituais etc.

Inaugura este Dossiê o artigo intitulado **Michel Foucault e o Ensino de Física: veredas**, de autoria deste prefaciante, Marcello Ferreira. No texto, buscou-se apresentar e problematizar perspectivas teóricas de Foucault, especialmente nos domínios do saber, do poder e da ética, articulando-as com possíveis campos de pesquisa e de práticas em ensino de física.

O artigo é seguido de versão traduzida para o inglês, intitulada **Michel Foucault and the Teaching of Physics: sidewalks**, o que consideramos relevante para ampliar a visibilidade internacional da RPDE – e do Dossiê, em particular –, colocando-os em contato mais direto com a produção científica global e com procedimentos metodológicos do tipo revisão de literatura, comumente corridos por pesquisadores estrangeiros interessados nas discussões teóricas que temos desenvolvido.

O artigo **Formação de Professores de Ciências a partir da Perspectiva do Desenvolvimento Profissional**, de autoria de Letícia dos Santos Coelho e André Ferrer Pinto Martins, traz uma importante contribuição para o pensamento contemporâneo sobre a formação de professores de ciências, problematizando aspectos teóricos, metodológicos e do campo das políticas públicas que dão concretude a uma perspectiva de desenvolvimento profissional.

No texto **Avaliação Ampla de uma Proposta Didática Inovadora para Introdução à Mecânica no Ensino Superior**, os autores João Batista Siqueira Harres e Marcela Vieira Kessler Guedes descrevem uma proposta para a oferta da disciplina de Introdução à Mecânica para alunos ingressantes de cursos superiores de bacharelado e licenciatura em uma instituição de ensino superior, tendo por mote atividades abertas e investigativas e a promoção evolutiva dos estudantes em perspectiva histórico-filosófica.

Carla Maria Padrel Bispo Oliveira e Fernando José Pires Caetano, no manuscrito **Desafiando o Paradigma do Ensino da Química: o Contributo da Universidade Aberta de Portugal**, buscaram apresentar o inovador modelo pedagógico da Universidade Aberta de Portugal, uma universidade pública portuguesa integralmente voltada à oferta de cursos na modalidade de Educação a Distância (EaD). Fizeram-no ilustrando o caso particular de uma aplicação de e-learning no ensino contextualizado de química, em um curso de Ciências do Ambiente, utilizando-se das estratégias do trabalho experimental, do acesso a laboratórios virtuais e do *feedback* para as atividades formativas e avaliativas.

Em **Monumentos de uma Intervenção Híbrida**, os autores Jardel Telles e Rochele de Quadros Loguercio argumentam sobre a possibilidade de uma produção híbrida que se encarregue de traduzir a ciência e um olhar artístico na intersecção com outros campos do conhecimento. Sustentam essa argumentação a partir da obra de Bruno Latour, propondo e analisando narrativas de temática jornalística de participantes de uma oficina temática em Química em atravessamento com artes híbridas. Os autores tomam essa produção como monumentos do campo discursivo, articulando ciência, artes e saberes.

No artigo **Uma Proposta de Ensino Investigativo sobre a Física Moderna e Contemporânea: o Efeito Fotoelétrico**, os autores Marcello Ferreira, Olavo Leopoldino da Silva Filho, Alessandro Pinto Freitas, Renato Lourenço Bastos e Michel Lourenço Bastos abordam o efeito fotoelétrico e o desenvolvimento de uma sequência didática com base no Três Momentos Pedagógicos de Delizoicov e Angotti, aplicada em turma de ensino médio de uma escola pública. Além disso, o texto apresenta, como material suplementar, uma proposta de material didático circunscrita na discussão teórico-metodológica desenvolvida.

Em **Consideraciones sobre Sociedad, Ciencia Y Tecnologia em el Trabajo educativo: Aspectos Contextuales de Importancia em el uso del Lenguaje Matemático**, Oscar Holguín Villamil e Daniel Mill desenvolvem reflexões analítico-metodológicas sobre a relação dialética entre ciência-sociedade-tecnologia e a matemática, discutindo em perspectiva das estratégias curriculares combinadas com o uso das tecnologias digitais da informação e da comunicação e as preocupações da agenda mundial 2030.

No texto **Formação de Professores: Aprofundamento Teórico-Methodológico de Experimentos Investigativos**, Mara Elisângela Jappe Goi, Ricardo Machado Ellensohn e Sandra Hunsche relatam aspectos teóricos e metodológicos da incorporação, à formação de professores de ciências da natureza, de competências sobre experimentação investigativa. A discussão, tal como apresentada, traz contribuições importantes à perspectiva de formação docente com enfoque prático-reflexivo.

Paulo Simeao Carvalho e Marcel Dunas Hahn, no manuscrito **Identificação de Concepções Errôneas em Mecânica através de Atividades Experimentais Baseadas em Vídeo (AEBV)**, definem e discutem o conceito de concepções errôneas nas perspectivas da aprendizagem em ciências, propondo o uso de vídeos de atividades experimentais como estratégia didática para sua identificação e correção. Esta discussão é mais uma contribuição da perspectiva de ensino de ciências portuguesa, nomeadamente de pesquisa transcorrida na Universidade

Para fechar o número, Guilherme Marranghello, Márcia Lucchese, Rafael Kimura, Cecília Irala, Laura Dummer e Jéssica Machada apresentam a discussão em torno de **O Planetário da Unipampa e a Divulgação da Ciência na Região da Campanha**. Em uma perspectiva de relato reflexivo, os autores apresentam o Planetário da Universidade Federal do Pampa (Unipampa), cuja sede situa-se no município Bagé, região da Campanha gaúcha. Ao fazê-lo, os autores retomam o histórico do desenvolvimento de planetários no Brasil e no mundo, avançando ao caso do programa de extensão Astronomia para Todos, iniciado naquela universidade no ano de 2009. O texto traz, como pano de fundo, uma discussão sobre a importância da divulgação científica e, em particular, a perspectiva dos planetários como espaços museológicos.

Três foram as palavras que marcaram a organização deste Dossiê: **gratidão**, **afirmação** e **esperança**. Gratidão aos inúmeros autores, alguns deles referências constituídas no campo do ensino de ciências no Brasil, pelas contribuições de qualidade apresentadas na forma dos artigos. Afirmção na perspectiva de que a tessitura das linhas que se seguem parece corroborar para as concepções e para o ideário de educação científica que temos academicamente desenvolvido e politicamente defendido nos últimos anos. Esperança porque é possível testemunhas, nas palavras de Foucault, outros modos de ver e agir a propósito do quadro educacional do ensino de ciências no Brasil, a partir da nossa própria história e dos modelos internacionais que se põem à comparação.

Espera-se que as contribuições deste Dossiê se direcionem e se integrem a inúmeros outros esforços que a grande comunidade de pesquisa e de ensino de ciências no Brasil e em outros países vêm fazendo à guisa da qualificação teórica, epistemológica e metodológica do campo. Há de esperar, portanto, uma profícua leitura e combustível para as mudanças que já se anunciam.

Brasília-DF, dezembro de 2018.

Prof. Marcello Ferreira

Instituto de Física

Universidade de Brasília

MICHEL FOUCAULT E O ENSINO DE FÍSICA: VEREDAS

Marcello Ferreira¹

Universidade de Brasília – UnB – Brasil
marcellof@unb.br

¹Professor do Instituto de Física e do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade de Brasília (UnB).

RESUMO: Michel Foucault é, sem sombra de dúvidas, um dos mais importantes e consagrados pensadores de todos os tempos, especialmente por suas contribuições contra a ordem. A sua obra tem características únicas, seja por suas concepções e por seus métodos, seja pela forma de abordar, em perspectivas histórico-filosóficas, temas fundantes da vida social. Este artigo busca apresentar e problematizar perspectivas teóricas de Foucault, especialmente nos domínios do saber, do poder e da ética, articulando-as com possíveis campos de pesquisa e das práticas em ensino de física. Não se propõe um método ou um manual para a aplicação de Foucault em temas da(o) pesquisa/ensino em física. Propõe-se, entretanto, um *novo modo de olhar*, necessário a um novo modo de ensinar.

Palavras-chave: Foucault. Ensino de Física. Ensino. Física. Educação.

ABSTRACT: Michel Foucault is undoubtedly one of the most important and consecrated thinkers of all time, especially for his contributions against order. His work has unique characteristics, either by its conceptions and its methods, or by the way of approaching, in historical-philosophical perspectives, foundational themes of social life. This article seeks to present and problematize Foucault's theoretical perspectives, especially in the domains of knowledge, power and ethics, articulating them with possible fields of research and practices in physics teaching. We do not propose a method or a manual for the application of Foucault in themes of research/teaching in physics. However, a new way of looking is proposed, necessary for a new way of teaching.

Keywords: Foucault. Physics Teaching. Teaching. Physics. Education.

RESUMEN: Michel Foucault es, sin lugar a dudas, uno de los más importantes y consagrados pensadores de todos los tiempos, especialmente por sus contribuciones contra el orden. Su obra tiene características únicas, sea por sus concepciones y por sus métodos, sea por la forma de abordar, en perspectivas histórico-filosóficas, temas fundantes de la vida social. Este artículo busca presentar y problematizar perspectivas teóricas de Foucault, especialmente en los dominios del saber, del poder y de la ética, articulándolas con posibles campos de investigación y de las prácticas en enseñanza de física. No se propone un método o un manual para la aplicación de Foucault en temas de la investigación/enseñanza en física. Se propone, sin embargo, un nuevo modo de mirar, necesario para un nuevo modo de enseñar.

Palabras clave: Foucault. Enseñanza de Física. Enseñanza. Física. Educación.

*O papel do intelectual é mudar alguma coisa
no pensamento das pessoas (FOUCAULT,
2006a, p. 295).*

1 INTRODUÇÃO

Figura 1 - A traição das imagens (isso não é um carimbo)¹



Fonte: Magritte, 1929.

A atualidade dos temas trabalhados por Foucault (que viveu entre os anos de 1926 e 1984) é algo que chama a atenção e que só pode ser melhor compreendida no transcurso do tempo e na assimilação circunstanciada da sua obra.

Parte importante de sua produção bibliográfica foi realizada nas décadas de 1960 (*História da Loucura; As Palavras e as Coisas; e A Arqueologia do Saber*) e de 1970 (*A Ordem do Discurso; A verdade e as formas jurídicas; Vigiar e Punir: nascimento da prisão; e o primeiro volume da História da Sexualidade - A Vontade de Saber*). Isso para, correndo-se o risco da redução que toda síntese promove, ficar naquelas de maior impacto acadêmico e de crítica.

O último volume de *História da Sexualidade* (subtitulado *Os prazeres da carne*), por exemplo, só foi publicado em fevereiro de 2018, na França. Parte de sua produção sobre a *Biopolítica, o Biopoder e a Governamentalidade* só foi publicada, no Brasil, no ano de 2014. Isso corrobora a atualidade de uma obra que, produzida na década de 1980 (ou mesmo antes), permanece relevante para as discussões filosóficas do Século XXI.

¹A obra *A traição das imagens*, de René Magritte, inspirou Foucault para escrever o livro *Isto não é um carimbo* (FOUCAULT, 2014a). Naquele texto, o filósofo realiza uma análise bem-humorada e irônica, mas, ao mesmo tempo, profunda e instigante, que problematiza a relação entre imagem, realidade e representação. A ideia de 'real' deriva do idealismo, "concepção filosófica segundo a qual existe uma realidade exterior, determinada, autônoma, independente do conhecimento que se pode ter sobre ela. O conhecimento verdadeiro, na perspectiva realista, seria então a coincidência ou correspondência entre nossos juízos e essa realidade [...] Quando certos filósofos idealistas se perguntam sobre a realidade do mundo exterior, estão se perguntando se o mundo possui uma existência efetiva exterior a nosso pensamento ou se não passa de um conjunto de representações de nosso pensamento" (JAPIASSÚ; MARCONDES, 2006, p. 162).

Muitas são as tentativas de tematizar, afiliar, categorizar e vincular Foucault. Embora sua obra seja, cronológica e substantivamente, associada aos domínios (VEIGA-NETO, 2014) sobre o ser-**saber**, o ser-**poder** e o ser-consigo (**ética**), conforme a organização ontológica de Morey (1991), é o próprio Foucault quem centraliza a subjetividade – e, mais do que isso, a busca por um sujeito livre – como o objeto da sua historização e da sua filosofia.

Em *O sujeito e o poder*, Foucault (2007, p. 1) afirma: “Meu propósito não foi analisar o fenômeno do poder, tampouco elaborar os fundamentos de sua análise, ao contrário, meu objetivo foi elaborar uma história dos diferentes modos pelos quais os seres humanos são constituídos em sujeitos”.

Ainda sobre a tentativa de rotular a obra de Foucault, Bourdieu fez constar que:

Sem pretender desvelar minha intuição acerca do que poderia ser a "intuição central" da obra de Foucault, numa tentativa de apropriação de que todas as grandes obras são objeto, eu gostaria, ao evocar essa espécie de **anticonformismo visceral**, de impaciência recalcitrante com toda categorização e classificação, que definia Michel Foucault, de contribuir para protegê-lo contra a redução a uma ou a outra de suas propriedades classificatórias: historiador do conhecimento, historiador da ciência, historiador das ciências sociais, social *scientist*, filósofo, historiador da filosofia, filósofo da história, filósofo da história das ciências – nenhuma dessas etiquetas abusivamente restritivas saberia defini-lo. Lembrar sua relação com o marxismo ou com a tradição francesa de epistemologia (Bachelard, Canguilhem), de história da filosofia ou de história das ciências (Guérout, Vuillemin), de antropologia ou de história estrutural (Lévi-Strauss, Dumézil), ou ainda com Nietzsche, Artaud ou Bataille, não implica reduzi-lo a "fontes" ou "influências", mas garantir os meios de captar as distâncias por intermédio das quais ele se construiu; não se trata de posicioná-lo na prisão classificatória com que se pretende confiná-lo, mas permitir-lhe escapar, como ele nunca deixou de fazer, como ele faria se estivesse ainda aqui; se trata de defendê-lo contra os classificadores, os burocratas do pensamento – Foucault é marxista ou antimarxista, ele é verdadeiramente um filósofo? – aquele que trabalhou com a energia derradeira e até o último momento **explorando os limites (intelectuais e sociais) de seu pensamento, tomando distância de si mesmo e de seu pensamento** – e com a imagem social de seu próprio pensamento (BOURDIEU, 2013, p. 170, grifo nosso).

Foucault foi um filósofo do diagnóstico do presente, da interrogação, da transgressão, do inconformismo, do contra poder, da luta por uma vida não fascista, da liberdade, da indignação e da demolição de evidências, por meio do que escrevia “com as mãos um pouco febris” (FOUCAULT, 1972a, p. 26). Ele desestabilizou evidências e pôs em questionamento, muitas vezes entre vírgulas, construções de verdades, até à sua época, inquestionáveis.

Fê-lo em temas dos quais a Filosofia não se ocupara até então, minuciando histórias nos domínios (i) da justiça (dissecando a prisão e confinamento, nas suas diversas aparições – a fábrica, o quartel, o hospital, o asilo, a escola etc.); (ii) do saber médico, psiquiátrico, mais propriamente, especialmente com a preocupação sobre a patologização da loucura como forma de dominação dos socialmente não enquadrados; (iii) da transversalidade científica, ao fazer história das ciências humanas e da filosofia, especialmente no tocante ao conceito de sujeito moderno – sujeito e objeto do conhecimento; e (iv) da análise da conduta sexual como um *dispositivo* de controle dos corpos. Mais do que trabalhar tais temas, Foucault renova e atualiza as respectivas áreas do conhecimento e suas tessituras.

Para Foucault (2004a, p. 295), seu “papel”, ainda que isso fosse demasiado para a forma como ele se projetara diante do conhecimento, seria “[...] mostrar às pessoas que elas são muito mais livres do que pensam; que elas tomam por verdadeiro, por evidentes, certos temas fabricados em um momento particular da História, e que essa pretensa evidência pode ser criticada e destruída”.

Encarando-a como modo de vida, Foucault entendia a filosofia, portanto, como meio de ressaltar ênfases e de tornar (ainda mais) visível o que é, *stricto sensu*, visível. Põe-se em paralelo, portanto, com uma tradição marxista do desvelamento, isto é, de que o real seria um objeto a lapidar e de que a essência das coisas se alcançava a partir do conhecimento e da ultrapassagem de uma ideologia dominante. Não se trata de buscar lá longe (na superestrutura, por exemplo), para além do sujeito e de uma certa *ordem* das coisas, o algoritmo de funcionamento do que se convencionou chamar de realidade. Essa explicação, se é que existente, sempre esteve, para Foucault, na materialidade dos objetos, no seu acontecimento, num campo muito preciso de operação, de aparecimento e desaparecimento.

Um exemplo muito concreto dessa visão são os temas da loucura, da prisão e da sexualidade, trabalhados por Foucault a partir de perspectivas históricas, contrapondo-se ao modo como filósofos importantes os haviam tratado. Nesses temas, Foucault executa, a rigor, aquilo que marca sua obra: a (re)construção de uma história, partindo do pressuposto de que a loucura, a prisão e a sexualidade, temas por ele historicizados, não foram sempre como hoje se colocam (e, ao seu tempo, se colocaram). Esses conceitos foram historicamente construídos, desde os gregos até a modernidade.

No trecho a seguir, apenas ilustrativamente, vê-se como Foucault abordou a construção histórica do conceito de loucura e suas intersecções com um modo de vida particular do século XVII. Foi ali que a loucura, até então não patologizada, não considerada uma doença ou mesmo uma ameaça à ordem pública, passou a sê-lo, num contexto de busca pela higienização da cidade e exclusão dos corpos socialmente distintos e economicamente não lucrativos.

A internação é uma criação institucional própria ao século XVII. Ela assumiu, desde o início, uma amplitude que não lhe permite uma comparação com a prisão tal como esta era praticada na Idade Média. Como medida econômica e precaução social, ela tem valor de invenção. Mas na história do desatino, ela designa um evento decisivo: o momento em que a loucura é percebida no horizonte social da pobreza, da incapacidade para o trabalho, da impossibilidade de integrar-se no grupo; o momento em que começa a inserir-se no texto dos problemas da cidade. As novas significações atribuídas à pobreza, a importância dada à obrigação do trabalho e todos os valores éticos a ele ligados determinam a experiência que se faz da loucura e modificam-lhe o sentido (FOUCAULT, 1972b, p. 78).

O pensamento foucaultiano busca desnaturalizar toda sorte de evidências. A própria arquitetura, para Foucault, é objeto de exercício de poder. A construção de uma cidade e sua definição urbanística segrega classes, dita os atravessamentos, organiza os encontros e impõe os focos de cultura, de violência, de locomoção; indica o centro e a periferia e, com isso, determina a violência, a marginalidade, a exclusão. A geografia define a vida.

Outro exemplo poderia ser o da arquitetura dos espaços disciplinares, especialmente a escola. Um tablado, cadeiras estrategicamente posicionadas em fileiras, à frente do tablado, uma mesa do professor ao centro e toda a possibilidade de exercício da disciplina e do controle. O que será que isso tem a ver com a forma como se organiza o ensino e a aprendizagem? O que Foucault faz é nos escancarar a ingenuidade que reside em pensar que nós e o poder nos separamos em polos distintos. Somos efeito do poder e Foucault quer indicar um desvio do olhar para uma análise da forma e das consequências desse poder. Seria inimaginável, até então, que a filosofia se ocupasse desses temas, tão distantes da sua tradição.

É por aí que vai a análise de Foucault, que rompe inércias do pensamento e escancara outros modos de enxergar e de ser, olhando para os nossos próprios modos de ser e para as nossas práticas muito concretas. Como chegamos até aqui? Antes de nós, os gregos, por exemplo, como pensavam? Partilhavam dos problemas e dos meios de solução desta época? Da mesma forma enxergavam as práticas sexuais? E as prisões, de que se constituem? E o discurso sobre a loucura – como e a propósito de que se constituiu? E as práticas de submissão e de confissão – a que se destinam? Todas essas questões reportam-nos à história e suas contingências e descontinuidades. Foi para isso que nos chamou a atenção Foucault.

Quanto ao motivo que me impulsionou foi muito simples. Para alguns, espero, esse motivo poderá ser suficiente por ele mesmo. É a curiosidade — em todo caso, **a única espécie de curiosidade que vale a pena ser praticada com um pouco de obstinação: não aquela que procura assimilar o**

que convém conhecer, mas a que permite separar-se de si mesmo. De que valeria a obstinação do saber se ele assegurasse apenas a aquisição dos conhecimentos e não, de certa maneira, e tanto quanto possível, o descaminho daquele que conhece? **Existem momentos na vida onde a questão de saber se se pode pensar diferentemente do que se pensa, e perceber diferentemente do que se vê, é indispensável para continuar a olhar ou a refletir.** Talvez me digam que esses jogos consigo mesmo têm que permanecer nos bastidores; e que no máximo eles fazem em parte desses trabalhos de preparação que desaparecem por si sós a partir do momento em que produzem seus efeitos. Mas o que é filosofar hoje em dia — quero dizer, a atividade filosófica senão o trabalho crítico do pensamento sobre o próprio pensamento? Se não consistir em tentar saber de que maneira e até onde seria possível pensar diferentemente em vez de legitimar o que já se sabe? **Existe sempre algo de irrisório no discurso filosófico quando ele quer, do exterior, fazer a lei para os outros, dizer-lhes onde está a sua verdade e de que maneira encontrá-la,** ou quando pretende demonstrar-se por positividade ingênua; mas é seu direito explorar o que pode ser mudado, no seu próprio pensamento, através do exercício de um saber que lhe é estranho. O "ensaio" — que é necessário entender como experiência modificadora de si no jogo da verdade, e não como apropriação simplificadora de outrem para fins de comunicação — é o corpo vivo da filosofia, se, pelo menos, ela for ainda hoje o que era outrora, ou seja, uma "ascese", um exercício de si, no pensamento (FOUCAULT, 1998 p. 13, grifo nosso).

O que se pretende neste texto, portanto, é problematizar perspectivas teóricas de Michel Foucault, especialmente nos domínios do saber, do poder e da ética, articulando-as com possíveis campos de pesquisa e das práticas em ensino de física. Não se trata de uma aproximação fácil, muito menos óbvia, embora haja uma zona de contato possível. Foucault e a Educação (GALLO, 1997; VEIGA-NETO, 2014) já é uma articulação produtivamente tecida.

Cabe-nos aqui, com as limitações e dificuldades de uma abordagem como essa, ensaiar e discutir a sua produtividade. Não se pretende, portanto, apresentar um resumo ou um método da análise foucaultiana aplicados à física. Isso seria demasiado audacioso para um texto desta natureza. De outro lado, pensamos ser possível apresentar alguns conceitos e teorizações de Foucault, como iscas para se buscar compreender mais e tentar conectar aos objetos do ensino da física.

A tese que se defende é a de que **aportes teóricos** do pensamento foucaultiano podem ser operados na **análise** de elementos constitutivos da **pesquisa no ensino de física** e, mais amplamente, do próprio **ensino de física**, na perspectiva de constituir caminhos, ainda que **veredas**, para *pensá-los de outros modos*.

2 DOMÍNIOS FOUCAULTIANOS

No quadro a seguir, busca-se a explicitação do que se pode denominar de “Domínios Foucaultianos” (VEIGA-NETO, 2014), organizados por critérios cronológicos, metodológicos (VEIGA-NETO, 2014) e ontológicos (MOREY, 1991).

Trata-se de uma tentativa de organização didática de um pensamento que, certamente, é mais pretensioso, transversal e produtivo do que esse modelo que o tenta encarcerar.

Quadro 1 - Domínios Foucaultianos por critérios cronológicos, metodológicos e ontológicos

Domínios Foucaultianos			
Elementos	Arqueologia	Genealogia	Ética
Tema	ser-saber (sujeito do conhecimento)	ser-poder (sujeito de ação externa)	ser-consigo (sujeito de ação sobre si)
Objeto	O que posso saber?	O que posso fazer?	Quem sou e quem posso ser?
Pergunta central	Como?	Por que?	Como nos tornamos quem somos?
Método	Como se forma o conhecimento.	Como surge determinado objeto (na relação saber/poder).	Como se constitui a subjetividade.
Principais Obras (ano de publicação)	História da Loucura (1961) O Nascimento da Clínica (1963) As Palavras e as Coisas (1966) A Arqueologia do Saber (1969)	História da Loucura (1961) A Ordem do Discurso (1971) Vigiar e Punir (1975) HS I - A Vontade de Saber (1976)	História da Loucura (1961) HS II - O Uso dos Prazeres (1984) HS III - O Cuidado de Si (1984) HS IV - Os Desejos da Carne (2018)

Fonte: Morey, 1991 e Veiga-Neto, 2014. Quadro elaborado pelo autor.

Nas seções a seguir, o exercício será o de expor uma breve síntese da proposta foucaultiana em cada um dos seus domínios ontológicos, buscando possíveis articulações com a pesquisa e com as práticas em ensino de física.

3 A ARQUEOLOGIA E O SER-SABER: ELEMENTOS PARA A PESQUISA E AS PRÁTICAS EM ENSINO DE FÍSICA

Foucault concebe o saber como decorrente de teorias sistematizadas, com assunção nos discursos científicos legitimados em dada sociedade², a partir

²[...] suponho que em toda sociedade a produção do discurso é ao mesmo tempo controlada, selecionada, organizada e redistribuída por certo número de procedimentos que têm por função conjugar seus poderes e perigos, dominar seu acontecimento aleatório, esquivar sua pesada e temível materialidade (FOUCAULT, 2012, p. 8).

de uma visão histórica: “o sujeito moderno não está na origem dos saberes, ele não é produtor de saberes mas, ao contrário, ele é um produto dos saberes” (VEIGA-NETO, 2014, p. 44).

O discurso como prática social aparece em *A arqueologia do saber*:

[...] gostaria de mostrar que o discurso não é uma estreita superfície de contato, ou de confronto, entre uma realidade e uma língua, o intrincamento entre um léxico e uma experiência; gostaria de mostrar, por meio de exemplos precisos, que, **analisando os próprios discursos, vemos se desfazerem os laços aparentemente tão fortes entre as palavras e as coisas, e destacar-se um conjunto de regras, próprias da prática discursiva.** [...] não mais tratar os discursos como conjunto de signos (elementos significantes que remetem a conteúdos ou a representações), mas como **práticas que formam sistematicamente os objetos de que falam.** Certamente os discursos são feitos de signos; mas o que fazem é mais que utilizar esses signos para designar coisas. É esse mais que os torna irreduzíveis à língua e ao ato da fala. É esse "mais" que é preciso fazer aparecer e que é preciso descrever (FOUCAULT, 2014b, p. 59-60, grifos nossos).

O discurso, portanto, não é um elemento oculto a ser desvelado, mas, enunciados e relações que nele tomam forma e por meio dele funcionam. O discurso integra e põe em movimento “produções históricas, relações políticas e práticas sociais concretas, construídas e construtoras do que se convencionou a chamar de realidade” (FERREIRA; LOGUÉRCIO, 2017, p. 7).

À tentativa de abordar os discursos científicos, para além de um método rigoroso e preciso, Foucault chamou de arqueologia – uma escavação das camadas, dos níveis descontínuos de discursos já pronunciados:

[...] uma análise comparativa que não se destina a reduzir a diversidade dos discursos nem a delinear a unidade que deve totalizá-los, mas sim a repartir sua diversidade em figuras diferentes. A comparação arqueológica não tem um efeito unificador, mas multiplicador (FOUCAULT, 2014b, p. 195).

Essa proposta foi operada por Foucault em *História da Loucura*, à medida que buscou desnaturalizar o discurso médico sobre a loucura e, em camadas, colocá-la como uma construção histórica e como um mecanismo de produção de sujeito no interior deste discurso. Em *A Arqueologia do Saber*, para buscar entender como o sujeito moderno assim se constituiu e foi constituído *sujeito* e *assujeitado* do conhecimento. De igual modo, em *As Palavras e as Coisas*, para minuciar como esse mesmo sujeito moderno, nos séculos XVIII e XIX, foi produzido no interior dos saberes das três grandes ciências: Linguística, Biologia e Economia.

O grande objeto da arqueologia, no sentido de investigar o ser-saber, é o de tentar “isolar os níveis das práticas discursivas e formular as regras de produção e transformação dessas práticas”³ (VEIGA-NETO, 2014, p. 45). Em outros termos, de escavar um saber, um discurso em sua materialidade, buscando compreender como apareceu e se transformou e, nele e a partir dele, alçar a sua contraordem, a sua superação.

Foucault (2014b, p. 157) aborda princípios de sua arqueologia, o que faz valer a não breve citação que se segue:

1. [...] busca definir não os pensamentos, as representações, as imagens, os temas, as obsessões que se ocultam ou se manifestam nos discursos, mas os próprios discursos, enquanto práticas que obedecem a regras. Ela não trata o discurso como documento, como signo de outra coisa, como elemento que deveria ser transparente, [...]; ela se dirige ao discurso em seu volume próprio, na qualidade de monumento. Não se trata de uma disciplina interpretativa: não busca um "outro discurso" mais oculto. [...]
2. A arqueologia não procura encontrar a transição contínua e insensível que liga, em declive suave, os discursos ao que os precede, envolve ou segue. [...] O problema dela é, pelo contrário, definir os discursos em sua especificidade; mostrar em que sentido o jogo das regras que utilizam é irreduzível a qualquer outro [...]
3. A arqueologia não é ordenada pela figura soberana da obra; não busca compreender o momento em que esta se destacou do horizonte anônimo. Não quer reencontrar o ponto enigmático em que o individual e o social se invertem um no outro. [...] Ela define tipos e regras de práticas discursivas que atravessam obras individuais, às vezes as comandam inteiramente e as dominam sem que nada lhes escape; mas às vezes, também, só lhes regem uma parte. A instância do sujeito criador, enquanto razão de ser de uma obra e princípio de sua unidade, lhe é estranha.
4. Finalmente, a arqueologia não procura reconstituir o que pôde ser pensado, desejado, visado, experimentado, almejado pelos homens no próprio instante em que proferiam o discurso; ela não se propõe a recolher esse núcleo fugidio onde autor e obra trocam de identidade; onde o pensamento permanece ainda o mais próximo de si, na forma ainda não alterada do

³ “[...] pela palavra *prática*, [Foucault] não pretende significar a atividade de um sujeito, [mas] designa a existência objetiva e material de certas regras a que o sujeito está submetido desde o momento em que pratica o ‘discurso’. Os efeitos dessa submissão do sujeito são analisados sob o título: ‘posições do sujeito’” (LECOURT, 1980, p. 90 apud VEIGA-NETO, 2014, p. 45).

mesmo, e onde a linguagem não se desenvolveu ainda na dispersão espacial e sucessiva do discurso. Em outras palavras, não tenta repetir o que foi dito, reencontrando-o em sua própria identidade. [...] Não é nada além e nada diferente de uma reescrita: isto é, na forma mantida da exterioridade, uma transformação regulada do que já foi escrito. Não é o retorno ao próprio segredo da origem; é a descrição sistemática de um discurso-objeto.

A arqueologia, no sentido de apoiar a composição histórica desse ser-saber, interroga o sistema de formação⁴ de um discurso, para dizer o que este **vem a ser**, em suas camadas, não para interpretá-lo, fazer hermenêutica ou encontrar um certo sentido oculto. Essa busca não é individual, nominal, autoral, em referência ao sujeito ou ao conjunto de sujeitos que proferiram certo discurso, mas, às relações que dão ordem ao discurso. Ela não se limita ao discurso e tangencia todos os acontecimentos discursivos

Na perspectiva da pesquisa e das práticas em ensino de física, vê-se possível que a abordagem arqueológica possa colaborar para a análise dos contextos de formulação de um epistema⁵, de um campo de constituição de saberes e de dispersões. Ela se apresenta como uma forma contundente de interrogação e uma tentativa de descrição de como se forma determinado conhecimento.

A pesquisa e a prática de ensino de física, assim como, de forma mais ampla, a Pedagogia, se valem de determinadas homogeneidades que remontam à formação discursiva de determinado saber. Os discursos que caracterizaram e que colocaram em sua ordem uma determinada forma de fazer ciência, certas prioridades científicas e determinadas práticas institucionalizadas (por exemplo, o currículo; a racionalidade técnica; a experimentação por roteiro; o livro-texto como centralidade didática; a arquitetura das classes; a narrativa como protagonista da instrução; a elitização do laboratório e das tecnologias digitais aplicadas ao ensino; a predileção pela demonstração e pelo exercício, em detrimento às perspectivas histórico-filosóficas etc.) requerem legitimações que:

passam pelo convencimento de agências de fomento, de pares institucionais e de iguais em competências. Por isso, os discursos se constituem, se mantêm e se reforçam (de dentro para fora da universidade e também no sentido contrário), tomando forma em documentos oficiais e em propostas de formação de cursos (FERREIRA; LOGUERCIO, 2017, p. 24).

⁴“um feixe complexo de relações que funcionam como regra: ele prescreve o que deve ser correlacionado em uma prática discursiva, para que esta se refira a tal ou tal objeto, para que empregue tal ou tal enunciação, para que utilize tal ou tal conceito, para que organize tal ou tal estratégia” (FOUCAULT, 2014b, p. 88).

⁵“um conjunto de relações que ligam diferentes modelos de discursos e correspondem a uma dada época” (REVEL, 2011, p. 48). Não se trata de um modelo totalizante do pensamento, mas, de uma dispersão, da articulação de múltiplos sistemas que se ligam uns aos outros. No desenvolver do seu pensamento, Foucault abandona a noção de epistema para adotar aquilo a que ele se referiu como noção mais abrangente, a de *dispositivo*, do que trataremos mais à frente neste artigo.

Entendendo a arqueologia, antes de tudo, como uma perspectiva, uma possibilidade de projetar lentes no mundo, alguns problemas lhe poderiam ser objeto, no âmbito da pesquisa e da prática de ensino de física: (i) *como esses temas (conteúdos) que hoje são ensinados na física assim se constituíram?* (ii) *Por que a produção dessa ciência institucionalizada teve por correspondência o ensino que aí figura?* (iii) *Em que momento e a partir de quais pressupostos as práticas de ensino de física (experimentação, uso de livro-texto, uso de tecnologias educacionais, metodologias alternativas, ensino por investigação, abordagens didáticas) se formataram?* (iv) *Em que momento a avaliação tomou tais contornos na física?* (v) E, mais importante que tudo: *como isso poderia ser diferente, tendo em vista o que é e como se constituiu?*

Pesquisas nesse campo e com esse viés devem auxiliar na busca pela compreensão, particularmente nos domínios da pesquisa e das práticas em ensino de física, de *como determinado saber se constituiu e se tornou regime de verdade, num dado contexto, passando a determinar a forma, inclusive, dos sujeitos desse conhecimento e de suas práticas.*

4 A GENEALOGIA E O SER-PODER: ELEMENTOS PARA A PESQUISA E AS PRÁTICAS EM ENSINO DE FÍSICA

Foucault não busca construir uma verdade das ciências, objetivá-las ou mesmo dar-lhes um estatuto. A questão foucaultiana é outra: ela passa por **fazer uma história das problematizações**⁶, a história da forma como as coisas produzem problemas em sua materialidade. Foi isso que ele denominou de *genealogia*.

A genealogia é encarada por Foucault como um método, cujo objeto central consistiria na busca por compreender a emergência de determinadas configurações, determinadas formas de ser, que poderiam ser atribuídas aos sujeitos, aos objetos e às relações de poder, a partir de práticas discursivas⁷ e não-discursivas. Isto é, a genealogia tem por interesse a analítica do processo (e não o momento) discursivo.

Em *História da Loucura, A Ordem do Discurso, Vigiar e Punir e História da Sexualidade I: A Vontade de Saber*, vê-se a expressão concreta do método genealógico. O que toma protagonismo nessas obras é o poder como *possibilidade de explicação* da forma como se produzem saberes e como nos constituímos na relação saber/poder.

⁶Problematização não quer dizer representação de um objeto preexistente, nem tampouco a criação pelo discurso de um objeto que não existe. É o conjunto das práticas discursivas ou não discursivas que faz alguma coisa entrar no jogo do verdadeiro e do falso e o constitui como objeto para o pensamento (seja sob a forma da reflexão moral, do conhecimento científico, da análise política etc.) (FOUCAULT, 2010, p. 242).

⁷[...] um conjunto de regras anônimas, históricas, sempre determinadas no tempo e no espaço, que definiram, em uma dada época e para uma determinada área social, econômica, geográfica ou linguística, as condições de exercício da função enunciativa (FOUCAULT, 2014b, p. 144).

A arqueologia teria, assim, uma perspectiva descritiva (isto é, *como* se constitui um campo de saberes, tendo em vista a rede de interconexões com outros saberes); já a genealogia, explicativa (buscando a origem – o porquê – desses saberes, como eles teriam se investido e se constituído como tal e quais seriam as condições de possibilidades externas a esses saberes, numa malha saber/poder).

Enquanto “a arqueologia pretende alcançar um modo de descrição (liberado de toda ‘sujeição antropológica’) dos regimes de saber em domínios determinados e segundo um corte histórico relativamente breve”, a genealogia “tenta, recorrendo à noção de ‘relações de poder’, o que a arqueologia deveria contentar-se em descrever” (MOREY, 1991, p. 4, tradução nossa)⁸. A genealogia, portanto, toma os saberes como elementos estratégicos, intimamente ligados às relações de poder, das quais derivam sua emergência e permanência.

De forma muito sutil, seria possível dizer que arqueologia e genealogia se confluem na busca pela interpretação – na arqueologia, pelo viés de quem questiona o saber; na genealogia, por quem domina os sistemas de interpretação numa rede de forças que ultrapassa o discurso e suas práticas.

A genealogia do sujeito moderno desdobra-se no exame de três dispositivos⁹ distintos: o disciplinar, que toma o corpo como foco de estratégias de saber-poder, desenvolvendo tanto uma microfísica do poder quanto uma anatomia política dos indivíduos; o dispositivo de segurança que desenvolve uma biopolítica das populações, considerando o ser humano como espécie; e o dispositivo da sexualidade, que emerge do questionamento e da intervenção em relação ao sujeito, considerando distintos modos de subjetivação [...] Em primeiro lugar, a genealogia é “dissociativa”, buscando refutar a existência de essências e identidades eternas, e procurando apresentar os acontecimentos múltiplos, heterogêneos e disparatados presentes na origem. Em segundo lugar, ela é “paródica”, destruindo os valores e as realidades aceitas, negando-se a venerá-los, o que permitiria a liberação de potências vitais e criativas. Finalmente, a genealogia é “disruptiva” do sujeito de conhecimento e da verdade, não se limitando a inquirir a verdade daquilo que se conhece e questionando também quem conhece, de modo a propor uma crítica do próprio fundamento antropológico do saber, isto é, do sujeito do conhecimento (MORAES, 2018, s/p).

⁸ “la diferencia entre arqueología y genealogía es la que media entre un procedimiento descriptivo y un procedimiento explicativo: que la arqueología pretende alcanzar un cierto modo de descripción (liberado de toda “sujeción antropológica”) de los regímenes de saber en dominios determinados y según un corte histórico relativamente breve; y que la genealogía intenta, por recurso a la noción de “relaciones de poder”, explicar lo que la arqueología debía contentarse con describir.

⁹ Entendemos por *dispositivo*, com base na obra de Foucault e a partir dos textos de Deleuze (1990) e Revel (2011), um conjunto heterogêneo (linguístico ou não) de proposições filosóficas, discursos, instituições, aparatos urbanísticos, regimentos, medidas de segurança etc., de natureza concreta e estratégica, que se justapõem e se coordenam para produzir efeitos de poder e normatizações, determinando a distinção entre o científico e o não-científico. São, em síntese, operadores do poder que se imiscui em saberes. No ensino de física, poderíamos exemplificar *dispositivos* como a lei, o currículo, o quadro negro, a nota de “participação”, as práticas laboratoriais ou de experimentação, o vestibular, a demonstração matemática.

A preocupação central de Foucault sempre foi a constituição do sujeito. A esse propósito, ele recorre à analítica do poder, tomando-o como operador da subjetivação¹⁰. Isso justifica a preocupação em examinar o que ele denominou de *instituições de sequestro* (a fábrica, o quartel, o hospital, o asilo, a escola), não na perspectiva de denunciá-las, mas, de compreender suas constituições, que efeitos poderiam produzir e como se poderia subvertê-las.

Da perspectiva dos discursos, a genealogia busca a explicação da formação efetiva

[...] quer no interior dos limites do controle, quer no exterior, quer, a maior parte das vezes, de um lado e de outro da delimitação. A crítica analisa os processos de rarefação, mas também de agrupamento e de unificação dos discursos; a genealogia estuda sua formação ao mesmo tempo dispersa, descontínua e regular (FOUCAULT, 2012, p. 61)

O que se mostra em Foucault é que não há uma contraposição entre discurso e poder.

Os discursos são elementos ou blocos táticos no campo das correlações de força; podem existir discursos diferentes e mesmo contraditórios dentro de uma mesma estratégia; podem, ao contrário, circular sem mudar de forma entre estratégias opostas (FOUCAULT, 1998, p. 112).

É no discurso e pelo discurso, portanto, que se veem manifestações do poder, sem que, com isso, haja compromisso ou estabilidade.

Deleuze (2008) pontua que Foucault, desdobrando Nietzsche, toma o poder, um dos pontos mais relevantes de sua obra, como o elemento analítico mais circunstancial para dissecar as formas de saber, no seu interior e exterior. Foi esse elemento que o caracterizou como microfísico, como a força ou as relações de força, para além de constituir-se elemento. O poder é amorfo, insidioso e muito sofisticado; requer atenção a tudo aquilo que o circunscreve.

Foucault faz genealogia das relações entre saber/poder que se relacionariam ao indivíduo, pelas vias do poder disciplinar, e à sociedade, pelo poder estatal.

Vimos que o grande objetivo das tecnologias de vigilância é, pela via disciplinar, fabricar corpos dóceis. [...] tal fabricação se dá por um duplo movimento: somos primeiramente objetivados numa rede disciplinar, composta por microscópicas divisões espaciais e temporais; quase ao mesmo tempo, vamos nos enxergando como sujeito nessa rede – uma rede que parece invisível

¹⁰ O termo 'subjetivação' designa, para Foucault, um processo pelo qual se obtém a constituição de um sujeito, ou, mais exatamente, de uma subjetividade. Os 'modos de subjetivação' ou 'processos de subjetivação' do ser humano correspondem, na realidade, a dois tipos de análise: de um lado, os modos de objetivação que transformam os seres humanos em sujeitos - o que significa que há somente sujeitos objetivados e que os modos de subjetivação são, nesse sentido, práticas de objetivação; de outro lado, a maneira pela qual a relação consigo, por meio de um certo número de técnicas, permite constituir-se como sujeito de sua própria existência (REVEL, 2011, p. 144).

para nós, motivo pela qual pensamos que o disciplinamento é natural. Como expliquei em outro lugar, a análise genealógica permite que se compreendam

as inúmeras práticas que acontecem no ambiente escolar como técnicas que se combinam e dão origem a uma verdadeira tecnologia, cujo fim é tanto alcançar os corpos em suas ínfimas materialidades quanto imprimir-lhes o mais permanente possível determinadas disposições sociais (VEIGA-NETO, 2014, p. 69).

Ainda segundo Veiga-Neto, a escola “foi sendo concebida e montada como a grande – e (mais recentemente) a mais ampla e universal – máquina capaz de fazer, dos corpos, objeto do poder disciplinar; e assim, torná-los dóceis” (VEIGA-NETO, 2000, p. 17).

Fazer genealogia, portanto, passa por captar o poder

[...] em suas extremidades, lá onde ele se torna capilar; captar o poder nas suas formas e instituições mais regionais e locais, principalmente no ponto em que, ultrapassando as regras de direito que o organizam e delimitam, ele se prolonga, penetra em instituições, corporifica-se em técnicas e se mune de instrumentos de intervenção material, eventualmente violentos (FOUCAULT, 1979, p. 182).

Somos constituídos por tecnologias políticas, técnicas do poder¹¹. O poder disciplinar é aquele talvez mais aparente e o que guarda mais íntima relação com as práticas cotidianas da escola, como o exame e a avaliação.

O outro lugar onde vemos aparecer esta nova tecnologia disciplinar é a educação. Foi primeiro nos colégios depois nas escolas secundárias onde vimos aparecer esses **métodos disciplinares nos quais os indivíduos são individualizados dentro da multiplicidade**. O colégio reúne dezenas, centenas e às vezes milhares de escolares, e trata-se então de exercer sobre eles um poder que será muito menos oneroso do que o poder do preceptor, que não pode existir senão entre o aluno e seu mestre. Ali temos um professor para dezenas de discípulos e é necessário, apesar da multiplicidade dos alunos, que logre-se uma **individualização do poder, um controle permanente, uma vigilância em todos os instantes**, daí a aparição deste personagem que aqueles que estudaram em colégios conhecem bem: o bedel [*surveillant*], que na pirâmide corresponde ao suboficial do exército; aparição também das notas quantitativas, dos exames, dos concursos etc., possibilidades, conseqüentemente, de **classificar os indivíduos de tal maneira que cada um esteja exatamente em seu lugar, sob os olhos do professor ou na classificação-qualificação ou no juízo que fazemos de cada um deles** (FOUCAULT, 1991, p. 30, grifos nossos).

¹¹ Apesar de, neste texto, enfatizarmos o poder disciplinar, é preciso ter em conta que Foucault desdobrou os *dispositivos* de controle também pelas óticas do: (i) *Biopoder* (as técnicas de disciplina não de um indivíduo, mas, de um conjunto deles; não atua sobre a consciências, mas, sobre o corpo, determinando socialmente, por exemplo, qual comportamento compete a grupos hierarquizados – crianças, mulheres, prostitutas, homossexuais, deficientes, idosos etc.); da (ii) *Biopolítica* (o poder envolvido no controle das pessoas, na regulamentação e na previsão de riscos em alimentação, higiene, saúde, sexualidade e natalidade, em que têm lugar ciências como a demografia, a estatística e a medicina sanitária); e (iii) da *Governamentalidade* (entendida como um conjunto de instituições, procedimentos, estratégias e práticas de gestão, realizadas pelo Governo sobre a população, com ênfase nos saberes econômicos e nos *dispositivos* de segurança) (FOUCAULT, 2004b; 2004c). Ver mais em Barrios (2014).

O exame e a avaliação, a propósito, são dois dos grandes pontos de contestação do atual ensino de física. Buscando sedentarizar, hierarquizar e normalizar condutas e conhecimentos, esses elementos do poder disciplinar se conjugam e atuam. O rito da avaliação em física é, portanto, preservado sob os aspectos da memorização, do medo e do fracasso. Esses instrumentos do poder e do controle, com todas as suas técnicas e seu papel decorrente na escola, não atuam somente a propósito do que já se sabe (da física que se sabe, do ensino que se pode operar), mas, ao nível de tudo o que ainda se pode saber. A quem isso tudo interessa?

Concretamente na pesquisa e nas práticas de ensino de física, a analítica do poder, o exame genealógico, poderia ser realizado a partir de duas categorias, se assim pudermos classificar:

- a) a primeira, no nível microscópico, buscando analisar, em âmbito escolar, *documentos* que orientam o ensino de física (parâmetros e diretrizes curriculares, projetos pedagógicos, leis e normativas etc.), *registros* (pesquisas, roteiros de laboratório, livros-texto, planos de aula etc.), *rituais* (metodologias, ênfases, descritores, normas, processos constituídos) e *práticas de avaliação* (pesos avaliativos, provas, trabalhos, exames de seleção para ingresso no ensino superior etc.), não apenas o funcionamento, mas, as relações de poder que movimentam na sua constituição como campo de saber;
- b) já a segunda, no nível macroscópico, teria por preocupação investigar processos pelos quais essas mesmas práticas escolares e os discursos sobre a pesquisa e sobre as práticas de ensino de física se desenvolveram e continuam a se desenvolver sob o caráter disciplinar das sociedades modernas, inclusive em sua transição para o caráter do controle, tendo em vista as perspectivas da *biopolítica* e da *governamentalidade*.

A rigor, uma genealogia requereria que se procedesse ao exame da origem, da forma de manifestação, das consequências e das relações não triviais de poder associadas à constituição dos respectivos campos de saber.

Nos domínios da pesquisa e das práticas em ensino de física, por exemplo, investigar quais as correlações de forças fizeram com que tivessem predominado determinadas sociedades científicas, certos vieses da publicação acadêmica, específicas áreas do conhecimento e linhas de pesquisa mais prestigiadas, algumas metodologias mais recorrentes e constatadas predileções, ênfases e certezas. Quem atuou, com quais forças e a partir de quais pressupostos, para que se assumisse determinada *ordem do discurso*?

5 A ÉTICA E O SER-CONSIGO: ELEMENTOS PARA A PESQUISA E AS PRÁTICAS EM ENSINO DE FÍSICA.

O conceito de ética, para Foucault, afasta-se da visão clássica de observância de preceitos morais e aproxima-se da ideia de uma honesta *relação de si para consigo*. A ética definiria, assim, as condições nas quais e os meios pelos quais o ser humano problematiza sua constituição (o que ele é) e o mundo que o cerca.

Para dissertar sobre a ética, na perspectiva do ser-consigo, Foucault vai à Grécia e a Roma buscar as diferenças entre a Era Clássica e a Idade Moderna. O que, para ele, as distingue consistentemente é o fato de os Gregos e o Romanos não terem tido a mesma preocupação sistemática que teve o homem moderno em se assujeitar, isto é, de se submeter copiosamente a um conjunto de determinações externas sobre o seu viver, especialmente aquelas da prescrição do cristianismo. Ele desenvolveu consistentemente essa visão em *História da Loucura* e nos três volumes de *História da Sexualidade – O Uso dos Prazeres, O Cuidado de Si e Os Desejos da Carne*.

A formação do jovem grego se dava pelas artes do viver, pela estetização de sua existência, pelo cuidado de si (não na perspectiva narcisística – o narcisista não é, a rigor, um sujeito que se conhece, mas, que se desconhece e, a partir disso, idolatra uma imagem que constrói de si).

O grego era, em essência, um sujeito que praticava a liberdade. Não para ser um empresário de si, como o capitalismo e as noções de governamentalidade vieram a esclarecer¹². Antes, um sujeito belo, equilibrado e temperante, que não se deixava dominar por seus instintos. E isso não pela renúncia de si, pela renúncia dos seus instintos, mas, pela administração emocional, não se permitindo escravizar pelas paixões (como o alcoólatra, o polígamo, o cleptomaniaco, o comprador compulsivo, o ninfomaniaco etc.).

Foi estudando os gregos que Foucault identificou que os gregos mantinham o amor entre homens não a partir do mesmo quadro (da doença, da transgressão ou do pecado) que a medicina moderna classificou. Os gregos entendia o amor como um ato entre iguais – e portanto, possível entre homens e não entre homens e mulheres ou homens e escravos, por exemplo. O amor, para eles, constituiria um ato de homens iguais e livres, uma prática de liberdade. E não é por outra razão que o dicionário grego não reconhece o termo “ho-

¹² É isto que faz o governo das condutas ao definir a normalidade social, as características dos diferentes (homossexuais, loucos, prostitutas etc.). O vigente código penal brasileiro, por exemplo, não tipifica, com clareza, os crimes contra prostitutas, ressaltando apenas infrações cometidas com “mulher honesta”. Essa visão ora higienista, ora moralista, faz com que a profissão, por exemplo, não seja regulada no Brasil (embora não seja considerada crime), além de ser retratada constantemente como caso de ordem pública, objeto do emprego de força policial como forma de controle e *dispositivo* de poder do Estado. Foi a esse tipo de assujeitamento histórico que Foucault deu especial atenção. Para saber mais sobre a relação entre a prostituição e a legislação brasileira, ver Rodrigues (2004).

mossexualidade”, que passou a ser utilizado, no discurso médico (datado do século XIX e com efeitos de poder) que sustenta a moral de um determinado tempo, para catalogar, patologizar e determinar os sujeitos (as palavras que definem os objetos de que falamos...). Essa desnaturalização, que foi obsessão de Foucault, trouxe claramente as rupturas entre o pensamento grego e o pensamento moderno, auxiliando a nos compreender a partir da reconexão com o passado e com as tradições.

Se, por um lado, o exercício do poder desenvolveu suas técnicas de dominação, por outro, os gregos detinham técnicas de si, do cuidado de si: a dieta, o esporte, a meditação, a escrita de si, o sexo etc. A ideia era a de que quem cuida de si está apto a cuidar da *polis*. Já na Era Moderna, ser cidadão implica em atender preceitos do Estado, da Igreja, da família, da escola e das demais instituições que jogam no campo do poder. Todos os ditos *delitos éticos* (o aborto, a traição etc.) foram, na visão de Foucault, minuciosamente colocados a serviço da dominação. A crítica, portanto, é o elo para a desobediência.

Essa desobediência pode ser organizada pela seguinte questão: *como produzir novas formas de subjetividade?* Para Foucault, a contraordem passaria, em primeiro plano, pela recusa da subjetividade que nos fora imposta. Para isso, é fundante interrogar-se de qual lugar proveem os conceitos que nos aprisionam e nos constituem. A resposta para essas interrogações passaria, pois, pela ideia de ligar-se a si (o ser-consigo), revigorando vínculos com a tradição e buscando, na nossa história e nos saberes constituídos, nossos enigmas e suas chaves. Para Foucault, podemos ser outro; não há essência que nos defina *a priori*, nem destino que nos condicione.

No âmbito da pesquisa e da prática de ensino de física, a perspectiva do ser-consigo de Foucault poderia ser implicada na busca por estratégias de descrição e de interrogação do sujeito produzido em suas práticas. Caberia, assim, analisar *dispositivos* pedagógicos (por exemplo, o julgamento, as técnicas de controle, as ações didáticas e os discursos) que organizam e justapõem na produção do sujeito que pesquisa, ensina e aprende física. O que se mostra mais contundente é que não há neutralidade nas técnicas operadas em favor da busca pelo controle, pela motivação, pela regulação e pela avaliação no ensino de física.

Veiga-Neto (2014, p. 86) coloca que “os documentos oficiais ocupam-se em propor poderosos exercícios de autonarrativa e autojulgamento, cujo resultado será a fabricação de determinadas subjetividades moldadas às demandas de uma sociedade neoliberal”. Em outros termos, o currículo e tudo que dele deriva estão à serviço de produzir determinado tipo de sujeito e é isso que precisa ser reconhecido e, em suas incongruências, combatido.

Que tipo de sujeito se produz (ou se quer produzir) pela perspectiva racionalista técnica com a qual se constituiu o ensino de física, particularmente no Brasil? Que sujeito é esse que deriva de uma didática baseada na narrativa e no ensino de física clássica (somente)? Como se constitui, em termos de sua aprendizagem de física, um sujeito submetido a conteúdos e técnicas de ensino que não recuperam os aspectos epistemológicos e filosóficos da ciência? Que sujeito e que coletividade se constituem a partir de um ensino que protagoniza o livro-texto, a experimentação roteirizada, ávida de demonstrações? Que sujeito se molda em uma avaliação persecutória, punitiva, classificadora e segregadora? Quais sujeitos ajudamos a se conhecer a partir de técnicas uniformizadoras, excludentes, sustentadas em referenciais teóricos ultrapassados e não adequados? Que sujeito resulta de uma pesquisa em ensino de física que não promove revolução necessário e de um ensino que não se vocaciona à finalidade básica do aprender e do transformar? E, por fim: que *perfil* de pesquisador, professor e aluno de física constituímos, obrigatoriamente, a partir das práticas muito concretas de subjetivação, de não fomento ao ser-consigo e de reprodução de determinada *ordem do discurso*?

É preciso, com muita atenção e com olhar sofisticado, reconhecer a produtividade, em termos de subjetivação, de atividades que são consideradas triviais no cotidiano da sala de aula. Ousemos questionar o que parece determinado.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Demos o subtítulo de “veredas” a esse texto como singela tentativa de colocá-la em alguma perspectiva com o romance Grande Sertão: Veredas (ROSA, 1994). Naquele brilhante texto, Guimarães Rosa se dedicou a problematizar e ressaltar o sertão brasileiro nos idos dos anos 1950, mitificando-o e desmitificando-o ao mesmo tempo.

No livro, Rosa pontua que “[...] o real não está na saída nem na chegada: ele se dispõe para a gente é no meio da travessia” (ROSA, 1994, p. 86). É nessa mesma perspectiva que tentamos, neste texto, expor o pensamento de Foucault: a de que esse suposto *real* não se encontra nem nas palavras, nem nas coisas que elas nomeiam; que elas não estão nem fora, nem dentro do discurso, mas, ao seu largo; que elas não são poder nem derivação dele, mas, sua trama. O *real*, tal como o concebemos, está *no meio da travessia*, nas ênfases e nos silêncios, em todos os lugares em que nosso olhar puder alcançar na perspectiva de duvidá-los e de redimensioná-los.

É essa, portanto, a vereda, o caminho, o atalho, a senda estreita que pretendemos encontrar no pensamento foucaultiano para iluminar tudo aquilo que já compreendemos ser a pesquisa e a prática de ensino de física.

A forma como nos habituamos a fazer pesquisa em ensino de física e em ensinar física, os *dispositivos* de que fazemos uso, os saberes que constituímos para e como consequência disso, não são neutras. Elas se situam num campo de determinação de saberes, num espaço de exercício de poder e numa zona de constituição de sujeitos. É a tentativa de organização dessas correlações que buscamos encontrar, em Foucault, nas perspectivas do ser-saber, do ser-poder e do ser-consigo.

Peço licença para, por fim, tentar resumir por uma imagem o que a obra de Foucault acaba por nos entregar.

Figura 2 - Reflexo



Fonte: Gnosis Brasil, 2018.

Foucault faz isso: nos coloca, à frente, um grande espelho e parece nos dar a mensagem para que nos olhemos, olhemos nossas verdades, nossas influências e nossas práticas. É a partir disso que, em qualquer campo, e particularmente na pesquisa e nas práticas em ensino de física, podemos buscar *outras formas de enxergar*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRIOS, E. V. Biopoder, Biopolítica y Gubernamentalidad: referentes de interpretación y crítica del poder managerial. **Organizações e Sustentabilidade**, Londrina, v. 2, n. 2, p. 3-37, jul./dez. 2014.

BOURDIEU, P. Um pensador livre: "Não me pergunte quem sou eu". **Tempo Social**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 169-175, 2013.

DELEUZE, G. **Michel Foucault, filósofo**. Barcelona: Gedisa, 1990.

_____. **Conversações**. São Paulo: Editora 34, 2008.

FERREIRA, M.; LOGUERCIO, R. Q. Enunciados em Propostas de Ensino-Pesquisa-Extensão em Cursos de Física a Distância: para além dos Conteúdos, os Discursos. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 19, n. 1, p. 1-33, 2017.

FOUCAULT, M. **A Arqueologia do Saber**. Rio de Janeiro: Editora Vozes, 1972a.

_____. **História da loucura na Idade Clássica**. São Paulo: Perspectiva, 1972b.

_____. **Microfísica do Poder**. Rio de Janeiro: Edições Graal, 1979

_____. **História da Sexualidade I: a vontade de saber**. Rio de Janeiro: Graal, 1988.

_____. **Vigiar e punir: história da violência nas prisões**. Petrópolis: Vozes, 1991.

_____. **História da Sexualidade II. O uso dos prazeres**. Trad. Maria Thereza da Costa Albuquerque. 8 ed. Rio de Janeiro: Edições Graal, 1998.

_____. **Ditos e escritos: ética, sexualidade, política**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2004a.

_____. **Nacimiento de la biopolítica**. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica, 2004b.

_____. **Seguridad, territorio y población**. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica, 2004c.

_____. Verdade, poder e si mesmo. In: MOTTA, M. B. Foucault: ética, sexualidade, política. Rio de Janeiro: Forense, 2006a. p. 294-300.

_____. A ética do cuidado de si como prática da liberdade. In: MOTTA, M. B. **Foucault: ética, sexualidade, política**. Rio de Janeiro: Forense, 2006b. p. 264-287.

_____. **El sujeto y el poder**. 2007. Available on: <http://www.campogrupal.com/poder.html>. Accessed on: 15 sep. 2018.

- _____. **Ditos & Escritos V: Ética, sexualidade, política.** Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2010.
- _____. **A ordem do discurso.** São Paulo: Loyola, 2012.
- _____. **Isto não é um cachimbo.** 1. ed. Travessa: São Paulo, 2014a.
- _____. **A Arqueologia do Saber.** Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2014b.
- GALLO, S. **Repensar a educação: Foucault.** Filosofia, Sociedade e Educação. Marília: UNESP, 1997.
- GNOSIS BRASIL. **Reflexo.** 2018. Available from: <http://gnosisbrasil.com/artigos/julgamos-demais/attachment/reflexo/>. Accessed on: 25 Sept. 2018
- JAPIASSÚ, H., MARCONDES, D. **Dicionário Básico de Filosofia.** 4. ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2006.
- MAGRITTE, R. **La trahison des images** (A traição das imagens). [Oil on canvas.]. Los Angeles: Los Angeles County Art Museum, 1929.
- MORAES, M. V. M. Genealogia - Michel Foucault. In: MARQUES, A. C. D. R. et al (org.). **Enciclopédia de Antropologia.** São Paulo: Universidade de São Paulo; Departamento de Antropologia, 2018.
- MOREY, M. La Cuestión del Método. In: FOUCAULT, M. **Tecnologías del Yo y Otros Textos Afines.** Barcelona: Paidós Ibérica, 1991. p. 9-44.
- REVEL, J. **Dicionário Foucault.** Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2011.
- RODRIGUES, M. T. O sistema de justiça criminal e a prostituição no Brasil contemporâneo: administração de conflitos, discriminação e exclusão. **Soc. Estado,** Brasília, v. 19, n. 1, p. 151-172, 2004.
- ROSA, J. G. **Grande Sertão:** Veredas. Rio de Janeiro: Nova Aguilar, 1994.
- VEIGA-NETO, A. Espaços, tempos e disciplinas: as crianças ainda devem ir à escola? In: ALVES-MAZZOTTI, A. et al. (org.). **Linguagens, espaços e tempos no ensinar e aprender.** Rio de Janeiro: DP/A, 2000. p. 9-20.
- _____. **Foucault & a Educação.** 3 ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2014.

MICHEL FOUCAULT AND THE TEACHING OF PHYSICS: SIDEWALKS



Marcello Ferreira¹

Universidade de Brasília – UnB – Brasil
marcellof@unb.br

¹Professor do Instituto de Física e do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade de Brasília (UnB).

ABSTRACT: Michel Foucault is undoubtedly one of the most important and consecrated thinkers of all time, especially for his contributions against order. His work has unique characteristics, either by its conceptions and its methods, or by the way of approaching, in historical-philosophical perspectives, foundational themes of social life. This article seeks to present and problematize Foucault's theoretical perspectives, especially in the domains of knowledge, power and ethics, articulating them with possible fields of research and practices in physics teaching. We do not propose a method or a manual for the application of Foucault in themes of research/teaching in physics. However, a *new way of looking* is proposed, necessary for a new way of teaching.

Key-words: Foucault. Physics teaching. Teaching. Physics. Education.

RESUMO: Michel Foucault é, sem sombra de dúvidas, um dos mais importantes e consagrados pensadores de todos os tempos, especialmente por suas contribuições contra a ordem. A sua obra tem características únicas, seja por suas das concepções e por seus métodos, seja pela forma de abordar, em perspectivas histórico-filosóficas, temas fundantes da vida social. Este artigo busca apresentar e problematizar perspectivas teóricas de Foucault, especialmente nos domínios do saber, do poder e da ética, articulando-as com possíveis campos de pesquisa e das práticas em ensino de física. Não se propõe um método ou um manual para a aplicação de Foucault em temas da(o) pesquisa/ensino em física. Propõe-se, entretanto, um *novo modo de olhar*, necessário a um novo modo de ensinar.

Palavras-chave: Foucault. Ensino de Física. Ensino. Física. Educação.

RESUMEN: Michel Foucault es, sin lugar a dudas, uno de los más importantes y consagrados pensadores de todos los tiempos, especialmente por sus contribuciones contra el orden. Su obra tiene características únicas, sea por sus concepciones y por sus métodos, sea por la forma de abordar, en perspectivas histórico-filosóficas, temas fundantes de la vida social. Este artículo busca presentar y problematizar perspectivas teóricas de Foucault, especialmente en los dominios del saber, del poder y de la ética, articulándolas con posibles campos de investigación y de las prácticas en enseñanza de física. No se propone un método o un manual para la aplicación de Foucault en temas de la investigación/enseñanza en física. Se propone, sin embargo, un *nuevo modo de mirar*, necesario para un nuevo modo de enseñar.

Palabras clave: Foucault. Enseñanza de Física. Enseñanza. Física. Educación.

The role of an intellectual is to change something in people's thinking (FOUCAULT, 2006a, p. 295).

1 INTRODUCTION

Figure 1 - The treachery of images (this is not a pipe)¹



Source: Magritte, 1929.

The actuality of the themes worked by Foucault (who lived between the years 1926 and 1984) is something that calls attention and can only be better understood in the course of time and in the detailed assimilation of his work.

An important part of his bibliographic production was made in the 1960s (History of Madness, Words and Things, and The Archeology of Knowledge) and 1970s (The Order of Discourse, Truth and Juridical Forms, Discipline and Punish: the birth of the prison, and the first volume of The History of Sexuality – The Will to Knowledge). This in order to, at the risk of the reduction that every synthesis promotes, stay in those works of greater academic and critical impact.

The last volume of *The History of Sexuality* (whose subtitle is Confessions of the Flesh), for example, was only published in February 2018 in France. Part of his work on *Biopolitics, Biopower and Governmentality* was published in Brazil only in 2014. This corroborates the actuality of a work that, produced in the 1980s (or even earlier), remains relevant to philosophical discussions in the 21st century.

¹The work "The treachery of images", by René Magritte, inspired Foucault to write the book "This is not a pipe" (FOUCAULT, 2014a). In that text, the philosopher performs a humorous and ironic but at the same time profound and instigating analysis that problematizes the relation between image, reality and representation. The idea of 'real' derives from idealism, "a philosophical conception according to which there is an external reality, determined, autonomous, independent of the knowledge one can have about it. True knowledge, in a realistic perspective, would then be the coincidence or correspondence between our judgments and this reality [...] When certain idealistic philosophers ask themselves about the reality of the outside world, they are wondering if the world possesses an effective existence external to our thinking or if it is only a set of representations of our thinking" (JAPIASSU; MARCONDES, 2006, p. 162).

There are many attempts to thematize, affiliate, categorize and link Foucault. Although his work is, chronologically and substantively, associated with domains (VEIGA-NETO, 2014) about being-**knowing**, being-**being** able and being-with-oneself (**ethics**), according to Morey's (1991) ontological organization, it is Foucault himself who centralizes subjectivity – and, more than that, the search for a free subject – as the object of his historization and philosophy.

In *The Subject and Power*, Foucault (2007, p. 1) states: “My purpose was not to analyze the phenomenon of power, nor to elaborate the foundations of its analysis, on the contrary, my objective was to elaborate a history of the different ways in which humans are constituted in subjects”.

Still on the attempt to label Foucault's work, Bourdieu pointed out that:

Without attempting to unveil my intuition about what might be the "central intuition" of Foucault's work, in an attempt of appropriation by which all the great works are objects, I would like, while evoking this kind of **visceral anti-conformism**, of recalcitrant impatience with all categorization and classification, which defined Michel Foucault, to contribute to protect him against the reduction of one or other of his classificatory properties: knowledge historian, science historian, social sciences historian, social *scientist*, philosopher, philosophy historian, history philosopher, science history philosopher – none of these abusively restrictive labels would know how to define it. Let's recall his relation to Marxism or the French tradition of epistemology (Bachelard, Canguilhem), of history of philosophy or history of science (Guérout, Vuillemin), anthropology or structural history (Levi-Strauss, Dumézil), or even with Nietzsche, Artaud, or Bataille, does not mean to reduce it to "sources" or "influences", but to guarantee the means of capturing the distances by which he built himself; it is not a matter of placing him in the classificatory prison with which one wishes to confine him, but to allow him to escape, as he never ceased to do, as he would do if he were still here; it is a matter of defending him against the classifiers, the bureaucrats of thought – is Foucault Marxist or anti-Marxist, is he truly a philosopher? – this who worked with the ultimate energy and until the last moment **exploring the (intellectual and social) limits of his thought, taking distance from himself and his thought** – and with the social image of his own thought (BOURDIEU, 2013, p. 170, bold marks added).

Foucault was a philosopher of the diagnosis of the present, interrogation, transgression, nonconformity, counter-power, struggle for a non-fascist life, freedom, indignation, and demolition of evidence, by means of which he wrote "with rather feverish hands" (FOUCAULT, 1972a, p. 26). He destabilized evidence and questioned, often between commas, up to his time unquestionable constructions of truth.

He did so in themes that philosophy had not dealt with until then, by detailing history in the domains of (i) justice (dissecting imprisonment and confinement in their various manifestations – factories, barracks, hospitals, asylums, schools, etc.); (ii) medical and more properly psychiatric knowledge, especially regarding the pathologization of madness as a form of domination of the socially not framed; (iii) scientific transversality, when making history of the human sciences and philosophy, especially with a regard upon the concept of modern subject – subject and object of knowledge; and (iv) the analysis of sexual conduct as a body control *device*. More than working on these themes, Foucault renews and updates his respective areas of knowledge and their weaving.

For Foucault (2004a, p. 295), his "role", even if that was too much for the way he had imagined himself before knowledge, would be "to show people that they are much freer than they think; that they take for granted certain themes fabricated at a particular moment in history, and that this alleged evidence can be criticized and destroyed. "

Facing it as a way of life, Foucault therefore understood philosophy as a means of outlining emphases and making (even more) visible what is, strictly, visible. One reaches a parallel, therefore, with a Marxist tradition of unveiling, that is, that the real would be an object to be stoned and that the essence of things was reached from knowledge and the overcoming of a dominant ideology. It is not a question of seeking far (in the superstructure, for example), beyond the subject and of a certain *order* of things, the operating algorithm of what is conventionally called reality. This explanation, if actually existing, has always been for Foucault in the materiality of objects, in their occurrence, in a very precise field of operation, of appearance and disappearance.

A very concrete example of this view are the themes of madness, imprisonment and sexuality, worked on by Foucault from historical perspectives, in contrast to the way important philosophers had treated them. In these themes, Foucault rigorously executes what marks his work: the (re)construction of history, based on the assumption that madness, prison and sexuality, themes historicized by him, were not always as they are today (and, in their own turn, put themselves). These concepts were historically constructed, from the Greeks to modernity.

In the following passage, only illustratively, one sees how Foucault approached the historical construction of the concept of madness and its intersections with a particular way of life of the 17th century. It was here that madness, hitherto not pathologized, not considered a disease or even a threat to public order, began to be so, in a context of seeking to sanitize cities and to exclude socially distinct and economically unprofitable people.

Hospitalization is an institutional creation proper to the seventeenth century. From the outset, it assumed a breadth that does not allow a comparison with prison as it was practiced in the Middle Ages. As an economic measure and social precaution, it has the value of invention. But in the history of folly, it designates a decisive event: the moment when madness is perceived in the social horizon of poverty, incapacity for work, inability to integrate into the group; the moment that begins to insert itself in the text of the city problems. The new meanings attributed to poverty, the importance given to the obligation to work, and all the ethical values attached to it, determine the experience of madness and change its meaning (FOUCAULT, 1972b, p. 78).

Foucauldian thinking seeks to denature all kinds of evidence. For Foucault, architecture itself is the object of the exercise of power. The construction of a city and its urbanistic definition segregates classes, dictates crossings, organizes meetings and imposes the focuses of culture, violence, locomotion; indicates center and periphery and by doing so, determines violence, marginality, exclusion. Geography defines life.

Another example could be the architecture of disciplinary spaces, especially schools. A platform facing chairs strategically placed in rows in front of it, a teacher's desk in the center and all possibility of exercising discipline and control. What does this have to do with how teaching and learning are organized? What Foucault does is to open the naiveté that lies in the thought that we and the power are separate in different poles. We are the effect of power, and Foucault wants to indicate a slight deviation for an analysis of the form and consequences of that power. It would be unimaginable, until then, for philosophy to deal with these themes, so far removed from its tradition.

This is where Foucault's analyticism breaks in, which in its turn cracks the inertia of thought and opens up other ways of seeing and being, looking at our own ways of being and our very concrete practices. How did we get here? Before us, the Greeks, for example, how did they think? Did they share the problems and means of solution at this time? Did they see sexual practices in the same way? And the prisons, what are they? And the discourse on madness – how and on what purpose was it constituted? And the practices of submission and confession – to which are they intended? All these questions relate to history and its contingencies and discontinuities. This is what Foucault has called our attention to.

As for the motive that propelled me, it was very simple. For some, I hope, this motive may suffice for itself. It is curiosity – at any case, **the only kind of curiosity that is worth practicing with a little obstinacy: not the one that seeks to assimilate what should be known, but the one that allows**

one to separate one from oneself. Of what use would have the obstinacy of knowledge if it asserted only the acquisition of knowledge, and not in a certain way and as far as possible, the mischief of the knower? **There are moments in life where the question of whether one can think differently from what one thinks, and being able to perceive differently from what one sees, is indispensable to continue to look or reflect.** Maybe they tell me that these self played games have to stay behind the scenes; and that at most they take part in the preparatory works which disappear on their own from the moment they produce their effects. But what is philosophizing nowadays – I mean, philosophical activity, but the critical work of thinking on one's own thought? If it does not consist in trying to know in what way and how far would it be possible to think differently rather than legitimize what is already known? **There is always something derisory in philosophical discourse when it wants from the outside to make the law for others, to tell them where its truth lies, and how to find it,** or when it pretends to demonstrate itself by naive positivity; but it is its right to explore what can be changed in its own thought through the exercise of a knowledge which is foreign to it. The "essay" – which must be understood as a self-modifying experience in the play of truth, and not as a simplifying appropriation of another one for communication purposes – is the living body of philosophy, if at least it is still what it once was, that is, an "ascetic", an exercise of self, in thought (FOUCAULT, 1998, p. 13, bold marks added).

What is intended in this text, therefore, is to problematize theoretical perspectives of Michel Foucault's thinking, especially in the domains of knowledge, power and ethics, articulating them with possible fields of research and practices in physics teaching. This is not an easy approach, much less obvious, although there is a possible contact zone. Foucault and Education (GALLO, 1997; VEIGANETO, 2014) is already a productively developed articulation.

It is up to us here, with the limitations and difficulties of such an approach, to rehearse and discuss its productivity. It is not intended, therefore, to present a summary or a method of Foucauldian analysis applied to physics. That would be too audacious for such a text. On the other hand, we think it is possible to present some concepts and theories of Foucault, like clues to seek to understand more and try to connect to the objects of physics teaching.

The thesis that is defended is that **theoretical contributions** of Foucauldian thought can be operated in the **analysis** of constitutive elements of **research in the teaching of physics** and, more broadly, of the **teaching of physics** itself, in the perspective of establishing paths, even **sidewalks**, in order to *think of them in other ways*.

2 FOUCAULDIAN DOMAINS

In the following table, we seek to explain what can be called "Foucauldian Domains" (VEIGA-NETO, 2014), organized by chronological, methodological (VEIGA-NETO, 2014) and ontological criteria (MOREY, 1991).

It is a didactic organization attempt of a thought that is certainly more pretentious, transversal and productive than this model which tries to delimit it.

Frame 1 - Foucauldian domains by chronological, methodological and ontological criteria

Foucauldian domains			
Elements	Archeology	Genealogy	Ethics
Theme	to be-to know (subject of knowledge)	to be – to be able (subject of external action)	to be with oneself (subject of action on oneself)
Object	What can I know?	What can I do?	Who am I and who can I be?
Central question	How?	Why?	How do we become who we are?
Method	How knowledge is formed.	How a certain object arises (in relation to knowledge/power).	How is subjectivity constituted?
Main Works (year of publication)	History of Madness (1961) The Birth of the Clinic (1963) Words and Things (1966) The Archeology of Knowledge (1969)	History of Madness (1961) The Order of Discourse (1971) Discipline and Punish (1975) HS I - The Will to Knowledge (1976)	History of Madness (1961) HS II - The Use of Pleasure (1984) HS III – The Care of the Self (1984) HS IV - The Desires of the Flesh (2018)

Source: Morey, 1991; Veiga-Neto, 2014. Frame elaborated by the author.

In the following sections, the exercise will be to present a brief synthesis of the Foucauldian proposal in each one of its ontological domains, seeking possible articulations with research and practices in physics teaching.

3 ARCHEOLOGY AND BEING-KNOWING: ELEMENTS FOR RESEARCH AND PRACTICES IN PHYSICS TEACHING

Foucault conceives knowledge as arising from systematized theories, with assumption in the scientific discourses legitimized in a given society², from a historical view: "the modern subject is not at the origin of the knowledge, he is not

²"[...] I suppose that in every society the production of discourse is at the same time controlled, selected, organized and redistributed by a number of procedures whose function is to conjure its powers and dangers, to dominate its random event, in order to dodge its fearsome heavy materiality" (FOUCAULT, 2012, p. 8).

a producer of knowledge but, on the contrary, he is a product of knowledge" (VEIGA-NETO, 2014, p. 44).

Discourse as a social practice appears in *The Archeology of Knowledge*:

[...] I would like to show that discourse is not a slender surface of contact, or confrontation, between a reality and a language (*langue*), the intrication of a lexicon and an experience; I would like to show with precise examples that **in analysing discourses themselves, one sees the loosening of the embrace, apparently so tight, of words and things, and the emergence of a group of rules proper to discursive practice.** [...] no longer treating discourses as groups of signs (signifying elements referring to contents or representations) but as **practices that systematically form the objects of which they speak.** Of course, discourses are composed of signs; but what they do is more than use these signs to designate things. It is this *more* that renders them irreducible to the language (*langue*) and to speech. it is this 'more' that we must reveal and describe (FOUCAULT, 2014b, p. 59, bold marks added).

Discourse, therefore, is not a hidden element to be unveiled, but rather statements and relationships that take form and work through it. Discourse integrates and sets in motion "historical productions, political relations and concrete social practices, constructed and constructive of what has been agreed to call reality" (FERREIRA; LOGUERCIO, 2017, p. 7).

In attempting to approach scientific discourses, in addition to a rigorous and precise method, Foucault called it archeology – an excavation of layers, the discontinuous levels of pronounced speeches:

[...] a comparative analysis that is not intended to reduce the diversity of discourses, or to delineate the unity that must sum them up, but rather to divide their iversity into different figures. Archaeological comparison does not have a unifying effect, but a multiplying one (FOUCAULT, 2014b, p. 195).

This proposal was operated by Foucault in the *History of Madness*, as he sought to denaturalize the medical discourse on madness and, in layers, place it as a historical construction and as a mechanism of subject production within this discourse. In *The Archeology of Knowledge*, in order to seek to understand how the modern subject thus constituted itself and was constituted *subject* and *subjected* of knowledge. Likewise, in *Words and Things*, in order to detail how this same modern subject, in the eighteenth and nineteenth centuries, was produced within the knowledge of the three great sciences: Linguistics, Biology and Economics.

The great object of archeology, in the sense of investigating being-knowledge, is to try to "isolate the levels of discursive practices and formulate the rules of production and transformation of these practices"³ (VEIGA-NETO, 2014, p. 45). In other words, to dig a certain knowledge, a discourse in its materiality, seeking to understand how it appeared and transformed and, in and from it, increase its counter order, its overcoming.

Foucault (2014b, p. 157) addresses the principles of his archeology, which justifies the not so brief following quotation:

1. [...] seeks to define not the thoughts, the representations, the images, the themes, the obsessions that are hidden or are manifested in the discourses, but the discourses themselves, as practices that obey rules. It does not treat discourse as a document, as a sign of something else, as an element that should be transparent, [...]; it addresses the discourse in its own volume as a monument. It is not an interpretive discipline: it does not seek a more hidden "other discourse". [...]

2. Archeology does not seek to find the continuous and insensitive transition that binds, in a soft slope, the discourses to what precedes them, involves or follows. [...] Its problem is, on the contrary, to define the discourses in their specificity; show in what sense the play of the rules they use is irreducible to any other [...]

3. Archeology is not ordered by the sovereign figure of the work; it does not seek to understand the moment in which it stood out from the anonymous horizon. It does not want to rediscover the enigmatic point where the individual and the social are reversed into each other. [...] It defines types and rules of discursive practices that go through individual works, sometimes commanding them entirely and dominating them without anything escaping them; but sometimes, also, they are governed only by a part. The instance of the creative subject, while the reason of being of a work and principle of its unity, is foreign to it.

4. Finally, archeology does not seek to reconstruct what could be thought, desired, aimed, experienced, sought by men at the very moment they uttered the discourse; it does not propose to collect this fugitive nucleus where author and work change their identity; where thought still remains the closest to itself, in the still unchanged form of it, and where language has not yet developed in the spatial and successive dispersion of discourse. In other words, it does not try to repeat what has been said, finding it again in its own identity. [...] It is nothing more than a rewriting: that is, in the maintained form of exteriority, a regulated transformation of what has already been written. It is not the return to the very secret of the origin; is the systematic description of a discourse-object.

³ [...] by the word practice, [Foucault] is not meant to mean the activity of a subject, [but] designates the objective and material existence of certain rules to which the subject is subjected from the moment he practices the 'discourse'. The effects of this subjection of the subject are analyzed under the heading: 'positions of the subject' "(LECOURT, 1980, p. 70 apud VEIGA-NETO, 2014, p. 45).

Archeology, in the sense of supporting the historical composition of this being-knowledge, questions the system of forming⁴ a discourse, to say what this **comes to be**, in its layers, not to interpret it, do hermeneutics or find a certain hidden meaning. This search is not individual, nominal, authorial, referring to the subject or to the set of subjects who gave a certain discourse, but to the relations that give order to the discourse. It is not limited to discourse and tangents all discursive events.

From the perspective of research and practices in physics teaching, it is possible that the archaeological approach can contribute to the analysis of the contexts of formulation of an epistemic⁵, of a field of knowledge and dispersion. It presents itself as a blunt form of interrogation and an attempt to describe how certain knowledge is formed.

The research and practice of teaching physics, as well as, more broadly, Pedagogy, use certain homogeneities that go back to the discursive formation of certain knowledge. The discourses that characterized and placed in their order a certain way of doing science, certain scientific priorities and certain institutionalized practices (for example, curriculum, technical rationality, experimentation by script, textbook as didactic centrality, architecture of the classes, the narrative as the protagonist of instruction, the elitism of the laboratory and the digital technologies applied to teaching, the predilection for demonstration and exercise, to the detriment of historical-philosophical perspectives, etc.) require legitimations that:

they pass through the conviction of development agencies, institutional peers and equals in skills. Therefore, the discourses are constituted, maintained and reinforced (from inside to outside the university and also in the opposite direction), taking form in official documents and in proposals of formation of courses (FERREIRA; LOGUERCIO, 2017, p. 24).

Understanding archeology, first of all, as a perspective, a possibility of projecting lenses in the world, some problems could be object to it, in the research and practice of physics teaching: (i) *how have these themes (contents) that today are taught in physics so constituted themselves?* (ii) *Why did the production of this institutionalized science correspond to the teaching that it contains?* (iii) *At what time and from what assumptions have the physical education practices (experimentation, use of textbooks, use of educational technologies,*

⁴"a complex bundle of relations that function as a rule: it prescribes what must be correlated in a discursive practice, so that it refers to such or such an object, to employ such or such enunciation, to use such or such a concept, for to organize such and such a strategy" (FOUCAULT, 2014b, p. 88).

⁵"a set of relationships that link different models of discourses and correspond to a given epoch" (REVEL, 2011, p. 48). It is not a totalizing model of thought, but a dispersion of the articulation of multiple systems that bind to one another. In developing his thinking, Foucault abandons the notion of epistemic to adopt what he referred to as the more encompassing notion, that of *device*, which will be discussed later in this article.

alternative methodologies, teaching by research, didactic approaches) been formatted? (iv) At what point did the evaluation take such contours in physics? (v) And, more important than all: how could this be different, in view of what it is and how it was constituted?

Research in this field and with this bias should aid in the search for understanding, particularly in the domains of research and practices in physics teaching, *how a given knowledge was constituted and become a regime of truth, in a given context, starting to determine the form, including the subjects of this knowledge and their practices.*

4 GENEALOGY AND BEING-BEING ABLE: ELEMENTS FOR RESEARCH AND PRACTICES IN PHYSICS TEACHING

Foucault does not seek to construct a truth of the sciences, to objectify them or even to give them a statute. The Foucauldian question is another: it goes on to **make a history of problematizations**⁶, the history of how things produce problems in their materiality. That's what he termed *genealogy*.

Genealogy is regarded by Foucault as a method whose central object would be the search for understanding the emergence of certain configurations, certain forms of being, which could be attributed to subjects, objects and power relations, from discursive⁷ and non-discursive practices. That is, genealogy is interested in the analytics of the discursive process (not the moment).

In the *History of Madness*, *The Order of Discourse*, *Discipline and Punish*, and the *History of Sexuality I: The Will to Knowledge*, one sees the concrete expression of the genealogical method. What takes a central stage in these works is power as the *possibility of explaining* how knowledge is produced and how we are constituted in the relation between knowledge and power.

Archeology would thus have a descriptive perspective (that is, how a field of knowledge is constituted, in view of the network of interconnections with other forms of knowledge); as for the genealogy, explanatory (seeking the origin – the *why* – of these forms of knowledge, how they would have been invested and constituted as such and what would be the conditions of possibilities external to these forms of knowledge, in a knowledge/power mesh).

⁶“Problematization does not mean representation of a preexisting object, nor the creation by discourse of an object that does not exist. It is the set of discursive or non-discursive practices that makes something enter into the play of true and false and constitutes it as an object for thought (whether in the form of moral reflection, scientific knowledge, political analysis, etc.)” (FOUCAULT, 2010, p. 242).

⁷“[...] a set of anonymous, historical rules, always determined in time and space, which defined, in a given epoch and for a given social, economic, geographical or linguistic area, the conditions for exercising the enunciative function” (FOUCAULT, 2014b, p. 144).

While "archeology intends to achieve a mode of description (liberated from all "anthropological subjection") of the regimes of knowledge in certain domains and according to a relatively brief historical cut", genealogy "tries, by using the notion of 'relations of power' what archeology should content itself to describe" (MOREY, 1991, p. 4, our translation)⁸. Genealogy, therefore, takes forms of knowledge as strategic elements, closely linked to the relations of power, from which its emergence and permanence derive.

In a very subtle way, it would be possible to say that archeology and genealogy converge into the search for interpretation – in archeology, by the bias of those who question knowledge; in genealogy, by those who master the systems of interpretation in a network of forces that surpasses the discourse and its practices.

The genealogy of the modern subject unfolds in the examination of three distinct devices⁹: disciplinary, which takes the body as the focus of knowledge-power strategies, developing both a microphysics of power and a political anatomy of individuals; the security device that develops a biopolitics of populations, considering the human being as a species; and the device of sexuality, which emerges from questioning and intervention in relation to the subject, considering different modes of subjectivation [...]. First, genealogy is "dissociative", seeking to refute the existence of eternal, essences and identities, and trying to present the multiple, heterogeneous and disparate events present at the origin. Secondly, it is a "parody", destroying accepted values and realities, refusing to venerate them, which would allow the release of vital and creative powers. Finally, genealogy is "disruptive" of the subject of knowledge and truth, not only asking the truth of what is known and questioning who knows it, in order to propose a critique of the anthropological foundation of knowledge itself, that is, of the subject of knowledge (MORAES, 2018, on-line).

Foucault's central concern has always been the constitution of the subject. In this regard, he resorts to the analytics of power, taking it as the operator of subjectivation¹⁰. This justifies the concern to examine what he called *kidnapping*

⁸ "la diferencia entre arqueología y genealogía es la que media entre un procedimiento descriptivo y un procedimiento explicativo: que la arqueología pretende alcanzar un cierto modo de descripción (liberado de toda "sujeción antropológica") de los regímenes de saber en dominios determinados y según un corte histórico relativamente breve; y que la genealogía intenta, por recurso a la noción de "relaciones de poder", explicar lo que la arqueología debía contentarse con describir" (MOREY, 1991, p. 4).

⁹ Based on the work of Foucault and from the texts of Deleuze (1990) and Revel (2011), we understand *device* as a (linguistic or not) heterogeneous set of philosophical propositions, discourses, institutions, urbanistic apparatus, regulations, security measures etc., of concrete and strategic nature, which are juxtaposed and coordinated to produce effects of power and standardization, determining the distinction between scientific and non-scientific. They are, in short, operators of power who imbue themselves with knowledge. In physics teaching, we could exemplify devices such as law, curriculum, blackboard, "participation" grades, laboratory or experimental practices, college entrance exams, mathematical demonstration

¹⁰ "The term 'subjectivation' designates, for Foucault, a process by which one obtains the constitution of a subject, or, more precisely, of subjectivity. The 'modes of subjectivation' or 'processes of subjectivation' of the human being correspond in reality to two types of analysis: on the one hand, the modes of objectification that transform human beings into subjects – which means that there are only objectified subjects and

institutions (factories, barracks, hospitals, asylums, schools), not from the perspective of denouncing them, but from understanding their constitution, what effects they could produce and how one could subvert them.

From the perspective of discourses, genealogy seeks the explanation of effective formation

[...] either within the limits of control, or outside them, or, more often than not, on both sides of the delimitation. Criticism analyzes the processes of rarefaction, but also of grouping and unification of discourses; genealogy studies its at the same time dispersed, discontinuous and regular formation (FOUCAULT, 2012, p. 61)

What is shown in Foucault is that there is no contraposition between discourse and power. "Discourses are elements or tactical blocks in the field of force correlations; there may be different and even contradictory discourses within the same strategy; they can, on the contrary, circulate without changing form between opposing strategies" (FOUCAULT, 1988, p. 112). It is in discourse and by discourse, therefore, that manifestations of power are seen, without existing, with this, compromising or stability.

Deleuze (2008) points out that Foucault, unfolding Nietzsche, considers power, one of the most relevant points of his work, as the most circumstantial analytical element to dissect the forms of knowledge, inside and outside. It was this element that characterized it as microphysical, as the force or the relations of force, besides constituting itself an element. Power is amorphous, insidious and very sophisticated; it requires attention to everything that circumscribes it.

Foucault makes a genealogy of the relations between knowledge/power that would relate to the individual, through disciplinary power, and to society, by state power.

We have seen that the great goal of surveillance technologies is, through disciplinary means, to manufacture docile bodies. [...] this is achieved by a double movement: we are first objectified in a disciplinary network, composed of microscopic spatial and temporal divisions; almost at the same time, we see ourselves as subjects in this network – a network that seems invisible to us, which is why we think that discipline is natural. As I have explained elsewhere, genealogical analysis allows one to understand "the many practices that take place in the school environment as techniques that combine and give rise to true technology, the purpose of which is both to reach the bodies in their smallest materialities and to print them as permanent as possible certain social provisions" (VEIGA-NETO, 2014, p. 69).

that modes of subjectivation are, in this sense, practices of objectification; on the other hand, the way in which the relation with itself, by means of a certain number of techniques, allows itself to be constituted as subject of its own existence" (REVEL, 2011, p. 144).

Still according to Veiga-Neto, the school "was conceived and set up as the great – and (most recently) the broadest and most universal – machine capable of making bodies subject to disciplinary power; and thus make them docile" (VEIGA-NETO, 2000, p. 17).

To do genealogy, therefore, is to capture the power

[...] at its extremities, where it becomes capillary; to grasp power in its more regional and local forms and institutions, especially at the point where, by going beyond the rules of law that organize and delimit it, it extends, penetrates institutions, is embodied in techniques, and relies on instruments of intervention material, possibly violent (FOUCAULT, 1979, p. 182).

We are constituted by political technologies, techniques of power¹¹. Disciplinary power is perhaps the most apparent and most closely related to everyday school practices, such as examination and assessment.

The other place where we see this new disciplinary technology appear is education. It was first in the elementary schools later in the secondary schools where we saw appearing those **disciplinary methods in which individuals are individualized within the multiplicity**. School brings together dozens, hundreds, and sometimes thousands of schoolchildren, and it is then a question of exercising upon them a power which will be much less burdensome than the power of the preceptor, which can exist only between the pupil and his teacher. There we have a teacher for dozens of disciples and it is necessary, despite the multiplicity of students, to achieve an **individualization of power, permanent control, vigilance at all times**, hence the appearance of this character that those who studied in schools know well: the surveyor, who in the pyramid corresponds to the army officer; quantitative notes, exams, competitions, etc., therefore, possibilities of **classifying individuals in such a way that each one is exactly in his place, under the eyes of the teacher or in the classification-qualification or in the judgment we make of each of them** (FOUCAULT, 1991, p. 30, emphasis added).

Examination and evaluation, by the way, are two of the greatest points of contention of the present teaching of physics. Seeking to sedentarize, hierarchize and normalize behavior and knowledge, these elements of disciplinary power

¹¹ Although in this text, we emphasize the disciplinary power, it is necessary to take into account that Foucault unfolded the devices of control also by the optics of: (i) *Biopower* (the techniques of discipline not of an individual, but of a group of them; it does not act on consciences, but on the body, for example, determining social behavior, which is the responsibility of hierarchical groups – children, women, prostitutes, homosexuals, the disabled, the elderly, etc.); (ii) *Biopolitics* (the power involved in controlling people, regulating and predicting risks in food, hygiene, health, sexuality and birth, where sciences such as demography, statistics and sanitary medicine take place); and (iii) *Governmentality* (understood as a set of institutions, procedures, strategies and management practices carried out by the Government on the population, with emphasis on economic knowledge and safety devices) (FOUCAULT, 2004b; 2004c). See more in Barrios (2014).

combine and act together. The rite of evaluation in physics is, therefore, preserved under the aspects of memorization, fear and failure. These instruments of power and control, with all their techniques and their consequent role in school, do not only act on what is already known (of known physics, of operational teaching), but at the level of all that you can still know. To whom does all this matter?

Concretely in the research and practices of physics teaching, the analysis of power, the genealogical examination, could be realized from two categories, if one can thus classify:

- a) the first, at the microscopic level, seeking to analyze, in a school setting, *documents* that guide the teaching of physics (curricular parameters and guidelines, pedagogical projects, laws and regulations, etc.), *records* (research, laboratory scripts, textbooks, teaching guides, etc.), *rituals* (methodologies, emphases, descriptors, norms, constituted processes) and *evaluation practices* (evaluation weights, tests, works, selection exams for admission to higher education, etc.), not only the functioning, but the power relations that move in its constitution as a field of knowledge;
- b) the second, at the macroscopic level, would be concerned with investigating processes by which these same school practices and the discourses on research and on physics teaching practices have developed and continued to develop under the disciplinary character of modern societies, including in its transition to the character of control, in view of the perspectives of *biopolitics* and *governmentality*.

Strictly speaking, genealogy would require an examination of the origin, form of manifestation, consequences and nontrivial relations of power associated with the constitution of the respective fields of knowledge.

In the domains of research and practice in physics teaching, for example, to investigate which correlations of forces have led to the prevalence of certain scientific societies, certain biases in academic publication, specific areas of knowledge and more prestigious research lines, some more recidivist methodologies and verified predilections, emphases and certainties. Who acted, with what strengths and from which assumptions, to assume a particular *order of discourse*?

5 ETHICS AND BEING-WITH-ONESELF: ELEMENTS FOR RESEARCH AND PRACTICES IN PHYSICS TEACHING

The concept of ethics, for Foucault, departs from the classical view of observance of moral precepts and approaches the idea of an honest *relation of self to oneself*. Ethics would thus define the conditions in which and the means by which the human being problematizes his constitution (what he is) and the world around him.

To talk about ethics, from the perspective of being-with-oneself, Foucault goes to Greece and Rome to seek the differences between the Classical and Modern Ages. What he consistently distinguishes for them is that the Greeks and the Romans did not have the same systematic preoccupation as modern man had with assuaging himself, that is, of copiously submitting to a set of external determinations on his life, especially those originating from Christian prescriptions. Foucault consistently developed this insight in the *History of Madness* and the three volumes of the *History of Sexuality – The Use of Pleasure, The Care of the Self and the Desires of Flesh*.

The formation of young Greeks was given by the arts of living, by the aesthetization of one's existence, by the care of oneself (not in the narcissistic perspective – the narcissist is not, strictly speaking, a subject who knows himself, but who does not know himself and from that, idolizes an image that he builds of himself).

The Greek was, in essence, a subject who practiced freedom. Not to be an entrepreneur of himself, as capitalism and the notions of governmentality have clarified¹². Rather, a handsome, balanced, temperate fellow who did not allow himself to be dominated by his instincts. And this not by self-renunciation or by renunciation of his instincts, but by emotional administration, thereby not allowing himself to be enslaved by his passions (such as the alcoholic, the polygamist, the kleptomaniac, the compulsive buyer, the nymphomaniac, etc.).

It was by studying the Greeks that Foucault identified that they maintained love between men not from the same frame (of disease, transgression or sin) that modern medicine classified. The Greeks understood love as an act between equals – and therefore possible between men but not between men and women or men and slaves, for example. Love, for them, would constitute an act

¹² This is what government makes of conduct by defining social normality, the characteristics of the different (homosexual, mad, prostitutes, etc.). The current Brazilian penal code, for example, does not clearly classify crimes against prostitutes, at the same time that differentiates infractions committed against "honest women". This vision, sometimes hygienist, or moralistic, makes the prostitute profession, for example, not regulated in Brazil (although it is not considered a crime either), besides being constantly portrayed as a case of public order, object of the use of police force as a form of state control and power device. It was to this sort of historical assuaging that Foucault paid special attention to. More details about the relationship between prostitution and the Brazilian legislation can be seen in Rodrigues (2004).

of equal and free men, a practice of freedom. And it is not for another reason that the Greek dictionary does not recognize the term "homosexuality", which has been used in the medical discourse (dating to the nineteenth century and with effects of power) that sustains the morality of a certain time, pathologizes and determines the subjects (the words that define the objects of which they speak...). This denaturalization, which was Foucault's obsession, clearly brought about the ruptures between Greek thought and modern thought, helping us to understand ourselves from the reconnection with the past and with the traditions.

If, on the one hand, the exercise of power developed its techniques of domination, on the other, the Greeks had techniques of self, of self-care: diet, sport, meditation, self-writing, sex, etc. The idea was that whoever cares for oneself is able to take care of the *polis*. Already in the Modern Era, being a citizen implies fulfilling precepts of the State, the Church, the family, the school and other institutions that play in the field of power. All the so-called *ethical crimes* (abortion, betrayal, etc.) were, in Foucault's view, meticulously placed in the service of domination. Criticism, then, is the link to disobedience.

This disobedience can be organized by the following question: *how to produce new forms of subjectivity?* For Foucault, the counter-order would pass, in the first plane, by the refusal of the subjectivity that has been imposed to us. For this, it is fundamental to question where is the origin of the concepts that imprison us and constitute us. The answer to these questions would then be the idea of connecting with oneself (being-with-onese), reinvigorating links with tradition and seeking in our history and in our constituted knowledge, our enigmas and their keys. For Foucault, we can be another; there is no essence that *a priori* defines us, nor destiny that conditions us.

In the research and practice of physics teaching, Foucault's perspective of being-with-onese could be implicated in the search for strategies of description and questioning of the subject produced in his practices. It would be useful, therefore, to analyze pedagogical *devices* (for example, judgment, control techniques, didactic actions and discourses) that organize and juxtapose in the production of the subject that researches, teaches and learns physics. What is more striking is that there is no neutrality in the techniques operated in favor of the search for control, motivation, regulation and evaluation in physics teaching.

Veiga-Neto (2014, p. 86) states that "official documents are concerned with proposing powerful exercises of self-determination and self-judgment, the result of which will be the fabrication of certain subjectivities molded to the demands of neoliberal society." In other words, the curriculum and all that derives

from it are at the service of producing a certain type of subject and that is what needs to be acknowledged and, in its incongruities, tackled.

What kind of subject is produced (or wished to produce) by the rationalist technical perspective with which physics teaching was constituted, particularly in Brazil? What subject is this that derives from a didactics based on the narrative and the teaching of classical physics only? How is it constituted, in terms of its learning of physics, a subject submitted to contents and teaching techniques that do not recover the epistemological and philosophical aspects of science? What subject and what community are constituted from a teaching that gives a leading role to the textbook, scripted experimentation, eager for demonstration? What subject shapes oneself into a persecutory, punitive, classifying, and segregating evaluation? Which subjects do we help to know themselves from standardizing, excluding techniques, based on outdated and unsuitable theoretical frameworks? What subject results from a research in physics teaching that does not promote necessary revolution and a teaching that is not aimed at the basic purpose of learning and transforming? And lastly: what *profile* of researcher, teacher and student of physics do we have, necessarily, based on the very concrete practices of subjectivation, non-fomentation to being-with-oneself and on the reproduction of a certain *order of discourse*?

It is necessary, with great attention and a sophisticated look, to recognize the productivity, in terms of subjectivation, of activities that are considered trivial in the everyday of the classroom. Let us dare question what seems to be determined.

6 FINAL CONSIDERATIONS

We gave the subtitle of "sidewalks" (in Portuguese: "*veredas*") to this text as a simple attempt to put it in some perspective with the novel *Grande Sertão: Veredas* (ROSA, 1994). In that brilliant text, Guimarães Rosa dedicated himself to problematize and emphasize the Brazilian backlands in the 1950s, mythologizing and demystifying it at the same time.

In the book, Rosa points out that "[...] the real is not on the way out or on arrival: it is arranged for us to be in the middle of the crossing" (ROSA, 1994, p. 86). It is in this same perspective that we attempt, in this text, to expose Foucault's thought: that this supposed *reality* is found neither in words nor in the things they name; that they are neither outside, nor within the discourse, but, at their length; that they are neither power nor derivation from it, but, its plot. The *real*, as we conceive it, is in the *middle of the crossing*, in the emphases and in the silences, in all places where our eyes can reach in the perspective of doubting them and resizing them.

This is, therefore, the sidewalk, the path, the shortcut, the narrow path we intend to find in Foucauldian thought to illuminate all that we have already understood to be the research and practice of physics teaching.

The way we become used to doing research in physics teaching and teaching physics, the *devices* we use, the knowledge we make for and as a consequence of that, are not neutral. They are located in a field of determination of knowledge, a space of exercise of power and in a zone of constitution of subjects. It is the attempt to organize these correlations that we seek to find in Foucault in the perspectives of being-knowing, being-being able and being-with-oneself.

I beg leave, in the end, to try to summarize by an image what Foucault's work ends up giving us.

Figure 2 - Reflection



Source: Gnosis Brasil, 2018.

Foucault does this: he puts before us a large mirror and seems to give us the message to look at ourselves, look at our truths, our influences and our practices. It is from this that in any field, and particularly in research and practice in physics teaching, we can seek other ways of seeing.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

BARRIOS, E. V. Biopoder, Biopolítica y Gubernamentalidad: referentes de interpretación y crítica del poder managerial. **Organizações e Sustentabilidade**, Londrina, v. 2, n. 2, p. 3-37, jul./dez. 2014.

BOURDIEU, P. Um pensador livre: "Não me pergunte quem sou eu". **Tempo Social**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 169-175, 2013.

DELEUZE, G. **Michel Foucault, filósofo**. Barcelona: Gedisa, 1990.

_____. **Conversações**. São Paulo: Editora 34, 2008.

FERREIRA, M.; LOGUERCIO, R. Q. Enunciados em Propostas de Ensino-Pesquisa-Extensão em Cursos de Física a Distância: para além dos Conteúdos, os Discursos. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 19, n. 1, p. 1-33, 2017.

FOUCAULT, M. **A Arqueologia do Saber**. Rio de Janeiro: Editora Vozes, 1972a.

_____. **História da loucura na Idade Clássica**. São Paulo: Perspectiva, 1972b.

_____. **Microfísica do Poder**. Rio de Janeiro: Edições Graal, 1979

_____. **História da Sexualidade I: a vontade de saber**. Rio de Janeiro: Graal, 1988.

_____. **Vigiar e punir: história da violência nas prisões**. Petrópolis: Vozes, 1991.

_____. **História da Sexualidade II. O uso dos prazeres**. Trad. Maria Thereza da Costa Albuquerque. 8 ed. Rio de Janeiro: Edições Graal, 1998.

_____. **Ditos e escritos: ética, sexualidade, política**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2004a.

_____. **Nacimiento de la biopolítica**. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica, 2004b.

_____. **Seguridad, territorio y población**. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica, 2004c.

_____. Verdade, poder e si mesmo. In: MOTTA, M. B. Foucault: ética, sexualidade, política. Rio de Janeiro: Forense, 2006a. p. 294-300.

_____. A ética do cuidado de si como prática da liberdade. In: MOTTA, M. B. **Foucault: ética, sexualidade, política**. Rio de Janeiro: Forense, 2006b. p. 264-287.

_____. **El sujeto y el poder**. 2007. Available on: <http://www.campogrupal.com/poder.html>. Accessed on: 15 sep. 2018.

_____. **Ditos & Escritos V: Ética, sexualidade, política**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2010.

_____. **A ordem do discurso**. São Paulo: Loyola, 2012.

_____. **Isto não é um cachimbo**. 1. ed. Travessa: São Paulo, 2014a.

_____. **A Arqueologia do Saber**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2014b.

GALLO, S. **Repensar a educação: Foucault**. Filosofia, Sociedade e Educação. Marília: UNESP, 1997.

GNOSIS BRASIL. **Reflexo**. 2018. Available from: <http://gnosisbrasil.com/artigos/julgamos-demais/attachment/reflexo/>. Accessed on: 25 Sept. 2018

JAPIASSÚ, H., MARCONDES, D. **Dicionário Básico de Filosofia**. 4. ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2006.

MAGRITTE, R. **La trahison des images** (A traição das imagens). [Oil on canvas.]. Los Angeles: Los Angeles County Art Museum, 1929.

MORAES, M. V. M. Genealogia - Michel Foucault. In: MARQUES, A. C. D. R. et al (org.). **Enciclopédia de Antropologia**. São Paulo: Universidade de São Paulo; Departamento de Antropologia, 2018.

MOREY, M. La Cuestión del Método. In: FOUCAULT, M. **Tecnologías del Yo y Otros Textos Afines**. Barcelona: Paidós Ibérica, 1991. p. 9-44.

REVEL, J. **Dicionário Foucault**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2011.

RODRIGUES, M. T. O sistema de justiça criminal e a prostituição no Brasil contemporâneo: administração de conflitos, discriminação e exclusão. **Soc. Estado**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 151-172, 2004.

ROSA, J. G. **Grande Sertão: Veredas**. Rio de Janeiro: Nova Aguilar, 1994.

VEIGA-NETO, A. Espaços, tempos e disciplinas: as crianças ainda devem ir à escola? In: ALVES-MAZZOTTI, A. et al. (org.). **Linguagens, espaços e tempos no ensinar e aprender**. Rio de Janeiro: DP/A, 2000. p. 9-20.

_____. **Foucault & a Educação**. 3 ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2014.

FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS A PARTIR DA PERSPECTIVA DO DESENVOLVIMENTO PROFISSIONAL

Letícia dos Santos Carvalho¹

Universidade Federal do Rio Grande do Norte –
UFRN – Brasil
lleticia_carvalho@hotmail.com

André Ferrer Pinto Martins²

Universidade Federal do Rio Grande do Norte –
UFRN – Brasil
andre.ferrer@pq.cnpq.bry

¹ Possui graduação em Pedagogia (2007), Mestrado (2010) e Doutorado (2016) em Educação pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Entre dezembro de 2013 e novembro de 2014, participou do programa de doutoramento intercalar (doutorado sanduíche) na Universidade de Lisboa, Portugal. Atualmente é professora adjunta da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, lotada no Departamento de Letras do Centro de Ensino Superior do Seridó (CERES) na área de Educação. Tem experiência na área de Educação, com ênfase na formação de professores, atuando principalmente em discussões relacionadas ao desenvolvimento profissional de professores, práticas pedagógicas, organização do trabalho pedagógico e currículo.

² Bacharel e Licenciado em Física pela Universidade de São Paulo (1990), Mestre em Ensino de Ciências (Modalidade Física) pela Universidade de São Paulo (1998) e Doutor em Educação pela Universidade de São Paulo (2004). Realizou estágio pós-doutoral na University of Leeds, no Reino Unido (Out/2013-Set/2014). Atualmente é professor Associado IV da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). É membro da Comissão de Área de Pesquisa em Ensino de Física da Sociedade Brasileira de Física (SBF) e da Comissão de Ética da UFRN. Tem experiência na área de Educação, com ênfase em Ensino de Ciências, pesquisando principalmente nos seguintes setores: ensino de ciências, ensino de física, filosofia e sociologia da ciência no ensino de ciências. Atuou, entre jan/2010 e jul/2013, como Coordenador Institucional do Programa PIBID na UFRN e, no biênio 2016-2017, como vice-coordenador do Programa de Pós-graduação em Educação (PPGED/UFRN). Interessa-se, particularmente, pelo conceito de tempo.

RESUMO: Não é toda formação de professores que possibilita o desenvolvimento profissional. Partindo dessa afirmação, o artigo objetiva elencar os principais pontos evidenciados pela literatura que contribuem para o desenvolvimento profissional dos professores de ciências. Os resultados da discussão teórica evidenciam que, além de considerar indissociáveis a teoria e a prática, os espaços formativos devem estar pautados na reflexão e na colaboração, o que não tem sido legitimado nas atuais políticas de formação de professores.

Palavras-chave: Desenvolvimento profissional de professores. Formação de professores. Ensino de Ciências.

ABSTRACT: It is not all teacher training that enables professional development. Based on this statement, the following article aims to list the main aspects highlighted by literature that contributes to the professional development of science teachers. The results of the theoretical discussion show that, besides considering theory and practice are inseparable, the training spaces should be based on reflection and collaboration, which has not been legitimized in the current teacher education policies.

Keywords: Professional development of teachers. Teacher training. Science teaching.

1 O CONTEXTO DA FORMAÇÃO DE PROFESSORES

Nas últimas décadas, foram elaborados diversos estudos e relatórios, no âmbito nacional e internacional, tendo como eixo central a educação e a profissão docente, evidenciando a seguinte conclusão: a qualidade da profissão docente está no cerne da qualidade da educação (MONTEIRO, 2015). Não obstante, é relevante não perder de vista que o professor não é o único elemento em que se deve investir para melhorar a qualidade da educação, pois existem outros aspectos de ordem social, econômica e estrutural que são fundamentais para que se tenha uma educação de qualidade, conforme sinalizam Gatti e Barreto (2009).

Com efeito, nenhuma política educacional será exitosa sem uma formação de professores que os prepare para as incertezas da prática (FLORES, 2014; IMBERNÓN, 2009). Para tanto, tais políticas devem estar atreladas a uma educação que não se entregue ao atendimento a uma lógica de mercado, mas que priorize a qualidade social, a qual deve dar relevo a uma formação que valorize o desenvolvimento profissional e pessoal dos professores.

No Brasil, estamos vivenciando um momento de mudanças na formação de professores com a Política Nacional de Formação de Professores, materializada no Programa de Residência Pedagógica (PRP), o qual tem como cerne

a inserção dos futuros professores em escolas de educação básica, o que, segundo o Ministério da Educação (MEC), tenciona fortalecer a relação teoria-prática e adequar a formação docente às orientações que constam na Base Nacional Comum Curricular (BNCC)¹ (BRASIL, 2018).

As Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial e Continuada dos Profissionais do Magistério da Educação Básica (BRASIL, 2015) reiteram aspectos considerados prioritários da formação inicial, dentre eles, o contato mais efetivo com o contexto da sala de aula e o uso de estratégias diferenciadas, pautando-se em uma sólida formação teórica.

Na área do ensino de ciências, torna-se imperativo buscar uma ciência para todos, apropriada aos interesses da cidadania, na qual estão integrados os valores da sustentabilidade (IZQUIERDO, 2012). Contudo, apesar de se considerar a indispensável relação “ciência na sociedade e ciência para a sociedade” (UNESCO, 2003, p. 38), a formação dos professores de ciências tem sido uma preocupação recorrente em função do *déficit* de professores nessa área, o mais alto do Brasil (INEP, 2015).

Dados evidenciam que ainda há 171.168 turmas de Ensino Médio regular que não são atendidas por professores com formação específica em Física e 123.112 que não são atendidas por professores com formação específica em Química (INEP, 2015). Um dos fatores explicativos desse quadro encontra-se na formação inicial. Evidência disso é que, no período de 2001 a 2013, apenas 23,4 mil alunos concluíram o curso superior de licenciatura em Física, embora cerca de 101 mil tenham ingressado nesse curso. No mesmo período, cerca de 136 mil alunos ingressaram no curso de Licenciatura em Química, dos quais em torno de 43 mil se graduaram (INEP, 2015). Além disso, os egressos dos cursos de Física e de Química com melhor desempenho migram para outras áreas de atuação profissional, movimento reflexo da pouca atratividade da carreira docente, materializada especialmente nos baixos salários (ROITMAN, 2015).

No entanto, os problemas na formação inicial de professores não se limitam ao contexto brasileiro. Há escassez de bons professores de ciências em várias partes do mundo (OSBORNE; DILLON, 2008). Em países como Portugal, por exemplo, apesar de não haver *déficit* de professores na educação básica nem a desvalorização a partir dos baixos salários, há outras dificuldades. Os professores encontram limitações em utilizar estratégias pedagógicas diferenciadas, centradas na aprendizagem do aluno, bem como em investigar sua própria prática. Além desse aspecto, há vários modelos e práticas de formação de professores, o que dificulta a caracterização precisa dos fatores que determinam uma boa formação.

¹ As novas políticas educacionais para o ensino médio e para a formação de professores têm sido alvo de diversas críticas. Embora essas questões fujam aos objetivos centrais deste artigo, voltaremos brevemente a elas ao final.

Por considerar que o ensino de qualidade está associado a uma adequada formação dos docentes (BLANCO; MELLADO, 1999), evidencia-se a relevância de se estudar o desenvolvimento profissional dos professores desde a formação inicial. Afinal, o conhecimento profissional construído como resultado do seu próprio desenvolvimento é fundamental para que os professores possam desempenhar a sua atividade profissional, possibilitando que reflitam em/nas/ sobre suas ações (ALMEIDA, 2012).

Apesar de haver um grande leque de estudos que discutem o desenvolvimento profissional sob diferentes perspectivas e entendimentos, recebe relevo na literatura de referência a concepção de que esse deve ter como pilares a reflexão centrada na prática e a colaboração (DAY, 2001; FERNANDÉZ-CRUZ, 2006; FULLAN; HARGREAVES, 2000; MARCELO GARCÍA, 1999; SPARKS; LOUCKS-HORSLEY, 1990; ZEICHNER, 1993), por possibilitarem o diálogo reflexivo, o trabalho conjunto, a discussão de ideias e a reestruturação do pensamento. E, como a prática só pode se constituir em uma epistemologia se ela estiver acrescida da análise e da reflexão na e sobre a sua própria ação (MARCELO GARCÍA, 1999), defende-se que os professores devem aprender *na e a partir da* prática, de forma reflexiva, ao pensar sobre as potencialidades e limitações de sua ação pedagógica, bem como em formas de superar essas limitações (FULLAN; HARGREAVES, 2000).

Essa reflexão se efetiva de forma estruturada, intencional e fundamentada a partir de práticas colaborativas que apoiem o professor na interpretação dos resultados da investigação de sua prática e viabilizem o questionamento destas (DAY, 2007; FULLAN; HARGREAVES, 2000; LEITE; RAMOS, 2010; MARCELO GARCÍA, 2009; SCHÖN, 2000; ZEICHNER, 1993).

Contudo, a relação teoria-prática, bem como estudos que priorizem o conhecimento sobre a escola e o seu funcionamento são quase ausentes nas propostas curriculares dos cursos de formação inicial, o que indica uma formação de caráter abstrato e desarticulada do contexto de atuação do professor (GATTI; BARRETO, 2009). Na formação inicial dos professores de ciências, essas características são quase universais (LEDERMAN; LEDERMAN, 2015).

Ensejamos, com este estudo, trazer elementos para agregar às investigações que se debruçam sobre o desenvolvimento profissional de professores (DPP). Assim, apresentaremos algumas propostas de DPP, em geral, e na formação para o ensino de ciências em específico.

2 DESENVOLVIMENTO PROFISSIONAL DE PROFESSORES: ELEMENTOS CENTRAIS

O conceito de desenvolvimento profissional de professores tem sofrido modificações nos últimos anos devido ao alargamento da compreensão de como se produzem os processos de aprender a ensinar (MARCELO GARCÍA, 2009). Porém, é inconteste que o DPP tem a finalidade de contribuir para a melhoria das instituições educativas, bem como possibilitar ao educador a realização profissional e pessoal (PONTE, 1998).

De acordo com Almeida (2012), a inserção de discussão específica sobre desenvolvimento profissional de professores tem se delineado nas quatro últimas décadas. Na literatura, destacam-se os estudos pioneiros desenvolvidos por Erault, na década de 1970, que apresentavam o conceito de desenvolvimento profissional como sendo um “processo natural de crescimento profissional no qual um professor, gradualmente, adquire confiança, ganha novas perspectivas, aumenta os seus conhecimentos, descobre novos métodos e empreende novos papéis” (ERAULT, 1977, p. 10).

A ideia de crescimento profissional está intimamente relacionada ao desenvolvimento profissional. Contudo, apesar de ser caracterizado por Erault (1977) como um processo natural, salientamos que o consideramos uma ação intencional, o qual objetiva “[...] promover a mudança junto dos professores, para que estes possam crescer enquanto profissionais – e também como pessoas” (MARCELO GARCÍA, 1999, p. 15).

Não obstante, salientamos que, apesar da mudança poder ser compreendida como ruptura, portanto, como práxis, ressignificação da prática (FULLAN, 2007), nem sempre é sinônimo de progresso: mudar pode estar relacionado a adaptar-se, sobreviver em um determinado contexto de trabalho, o que não garante repercussões positivas que resultem na melhoria profissional (ALMEIDA, 2012; MARCELO GARCÍA, 1999). Nesse sentido, enfatizamos que a nossa concepção de desenvolvimento profissional de professores não se ancora na lógica mercadológica de produção, lançando para o professor o ônus do fracasso escolar, mas concebemos a educação em contexto, sem desconsiderar as condições materiais de existência que possibilitam ou impossibilitam o desenvolvimento profissional dos professores, considerando, ainda, o processo de proletarização que marca a profissão docente, subordinada a uma esfera produtiva (TARDIF; LESSARD, 2008).

Dessa forma, faz-se necessária a mudança não com vistas à adaptação às novas formas de produção capitalista, mas à emancipação que se relacione com a autonomia de professores na condução de seus percursos formativos (CONTRERAS, 2012), por ser o DPP um movimento de “dentro para fora” (PONTE, 1998). Também pode ser considerado como uma forma de produzir a profissão

docente, além de estar relacionado ao desenvolvimento da escola, com as necessidades de formação identificadas pelos professores, em ligação com o desenvolvimento curricular (ALMEIDA, 2012; DAY, 2001; HARGREAVES, 1998; NÓVOA, 1992).

Nesse sentido, o conceito de desenvolvimento profissional de professores dá ênfase ao processo de aprendizagem e crescimento do professor, podendo assumir conotações mais largas ou mais reduzidas, a depender da base epistêmica que orienta tal conceito. Por exemplo, uma perspectiva meramente instrumental, reforçada por processos formativos com base em cursos de aperfeiçoamento, reciclagem etc., tende a valorizar aspectos pragmáticos relacionados à competência técnica do professor em situação de ensino, desconsiderando aspectos contextuais da profissão que impactam sobre a melhora da educação, da prática pedagógica e da aprendizagem discente. Esses momentos estanques, dissociados de demandas da prática profissional e que não favorecem a autonomia docente, secundarizando aspectos sociopolíticos, restringem a prática educativa. Por assim ser, apesar de estar inserido em um modelo de formação, não dialoga com o nosso entendimento sobre o desenvolvimento profissional de professores.

Contrapondo-se a essa orientação, situam-se perspectivas que partem do reconhecimento do professor como membro de uma categoria profissional, portanto, como sujeito situado, profissional com saberes próprios e determinadas condições de trabalho, salário e status. Para Ponte (1998), o processo de desenvolvimento profissional exige uma implicação dos sujeitos envolvidos, aos quais cabe papel decisivo no delineamento do percurso de crescimento na profissão, nas experiências formativas a aderir.

Nesse sentido, o professor é construtor de sua profissão e deve lutar, em parceria com outros integrantes da profissão, por condições mais favoráveis de trabalho, reconhecendo a sala de aula e a escola como campo de luta (FREIRE, 1996). Tais aspectos não devem ser preteridos ao se discutir o desenvolvimento profissional dos professores, pois este envolve todas as experiências de aprendizagem que possibilitam elevar a qualidade da educação dentro das escolas. É o processo pelo qual os professores, individualmente ou em equipe, desenvolvem conhecimentos, e está intimamente relacionado à vida pessoal, profissional, bem como às políticas e contextos escolares. Day (2001) relaciona o conhecimento do conteúdo e o conhecimento pedagógico às necessidades pessoais e profissionais dos professores.

Ao analisar vários conceitos de desenvolvimento profissional de professores, Marcelo García (1999) afirma que este pressupõe “[...] uma abordagem na formação de professores que valorize o seu carácter contextual, organizacional

e orientado para a mudança” (MARCELO GARCÍA, 1999, p. 137). O desenvolvimento profissional está também ligado à própria melhoria das condições de trabalho, à perspectiva de maior autonomia institucional e à capacidade de ação dos professores, quer individual, quer coletivamente.

Apesar de estar vinculado a uma dimensão também individual, concordamos com Pacheco e Flores (1999) ao afirmarem que tal desenvolvimento atrela-se diretamente a uma cultura colaborativa, por ser o resultado do equilíbrio entre as necessidades individuais dos professores e as do sistema educativo.

Com efeito, o desenvolvimento profissional de professores inclui qualquer atividade ou processo que tenta melhorar atitudes, compreensão ou atuação em papéis atuais ou futuros (FULLAN, 1995), sendo necessário envolver os professores em discussões sobre as práticas de ensino a partir de fundamentos teóricos (SHULMAN, 1998), sendo esse desenvolvimento um processo complexo, apoiado em saberes pedagógicos e científicos, condicionado por aspectos afetivos (SPARKS; LOUCKS-HORSLEY, 1990). Também é considerado experiencial, por envolver os professores em situações concretas de ensino, observação e reflexão (MORAIS; MEDEIROS, 2007).

No Brasil, nas Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação inicial em nível superior, consta, no artigo 3º, que “A formação inicial e a formação continuada destinam-se, respectivamente, à preparação e ao desenvolvimento de profissionais para funções de magistério na educação básica em suas etapas” (BRASIL, 2015, p. 3). Assim sendo, parece-nos que não é reconhecido o desenvolvimento profissional na formação inicial, apontada apenas como fase de “preparação”.

Todavia, concordamos com Marcelo García (2009), ao sinalizar que o termo “desenvolvimento” supera a tradicional justaposição entre formação inicial e formação contínua. Esse autor também considera, assim como Day (2001), que não é possível separar o desenvolvimento profissional do pessoal. Sinaliza, ainda, algo relevante, ao citar Lortie para afirmar que as muitas horas do futuro professor enquanto estudante da educação básica contribuem para a configuração de um sistema de crenças sobre o ensino, ajudando-os, ainda, na interpretação das experiências do cotidiano docente. Tais crenças estão tão enraizadas que a formação inicial se torna insuficiente para provocar uma transformação profunda.

A partir dessa compreensão, salientamos que os modelos formativos que potencializam o DPP são aqueles que priorizam a reflexão da atividade docente centrada na prática e possibilitam a formação do professor-pesquisador da sua própria prática. (PIMENTA; GHEDIN, 2008; ZEICHNER, 1993).

3 MODELOS/PROPOSTAS DE DESENVOLVIMENTO PROFISSIONAL DE PROFESSORES

Optamos por apresentar as propostas de DPP validadas pela literatura e correspondentes aos autores que servem de base para a discussão da temática. Em alguns momentos as propostas são denominadas de “modelos” por seus próprios autores, mas não como uma visão estanque, conforme sinalizam Sparks e Loucks-Horsley (1990), ao descreverem um modelo de DPP como “um desenho para aprender, que inclui um conjunto de suposições acerca, em primeiro lugar, da origem do conhecimento, e, em segundo lugar, de como os professores adquirem ou desenvolvem tal conhecimento” (SPARKS; LOUCKS-HORSLEY, 1990, p. 235).

Desde já, afirmamos que não há um modelo padrão de DPP que seja o ideal e que possa ser tomado como referência. Faz-se necessário ter em mente as demandas dos contextos locais para que, a partir desses dados, seja possível traçar um modelo (ou buscar elementos dos modelos já existentes) que se adéque aos interesses e necessidades dos professores de cada contexto formativo.

Marcelo García (2009) apresenta um modelo que se delinea, em geral, na formação inicial quando, via de regra, há o primeiro contato com a sala de aula na condição de professor, sendo necessária a mudança nos conhecimentos e crenças. Depois, a mudança na conduta em sala de aula e, por conseguinte, a mudança nos resultados da aprendizagem dos alunos. Uma proposição linear, como representada na Figura 1 a seguir:

Figura 1 - Modelo de DPP seguido nos contextos formativos de acordo com Marcelo Garcia (2009)



Fonte: Figura elaborada pelos autores, 2018.

Apesar de concordarmos que uma das evidências do desenvolvimento profissional está relacionada à aprendizagem dos alunos, já sabemos que o processo não é linear e que as crenças dos professores não são superadas apenas em um momento de intervenção.

Problematizando esse modelo linear de formação, Guskey (2000), a partir de estudos empíricos, propôs outro modelo para o DPP, ao evidenciar que a mudança das crenças não é consequência apenas da participação em atividades,

mas a comprovação, na prática, da utilidade das ações que se quer desenvolver. Nessa direção, a mudança de crenças é um processo lento que acontece após reiteradas observações nas mudanças dos resultados na aprendizagem (muito mais do que na mudança das práticas). Para o autor, os professores têm a possibilidade de mudar suas concepções quando percebem que as mudanças potencializam os resultados positivos na aprendizagem dos alunos.

Nesse sentido, um programa que contribui para o desenvolvimento profissional de professores é o que promove mudanças, tanto na prática dos professores quanto na aprendizagem dos alunos e, assim, nas concepções dos professores. Assim, Guskey (2000) propõe que o professor altere sua prática, seja um investigador dela, pois só assim poderá alterar suas concepções iniciais sobre a docência. O Modelo de DPP de Guskey (2000) é apresentado na Figura 2, a seguir:

Figura 2 - Modelo de DPP proposto por Guskey (2000)



Fonte: Figura elaborada pelos autores, 2018.

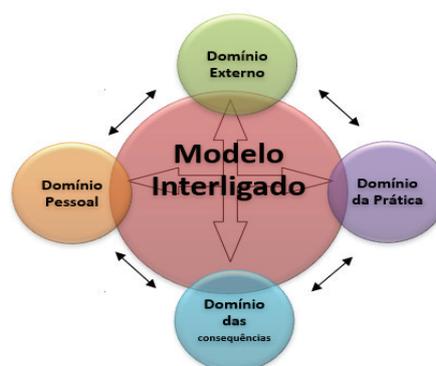
Guskey (2000) defende, ainda, que o desenvolvimento profissional é um processo *intencional*, por ser guiado por intenções e objetivos estabelecidos a priori, *contínuo*, por se estender por toda a vida profissional, e *sistemático*, por estar relacionado a uma organização escolar. Por isso, é um elemento fulcral para a melhoria da educação e deve priorizar a alteração das práticas profissionais e das crenças, o que repercute na melhoria da aprendizagem do aluno.

Assim, o autor adota um modelo de DPP com base na premissa de que o elemento chave na mudança significativa das atitudes e crenças dos professores é a evidência de melhoria nos resultados de aprendizagem dos alunos. Ou seja, a experiência bem-sucedida tem a potencialidade de alterar as atitudes e crenças dos professores. Contudo, destaca que a mudança é um processo gradual e complexo, pois os professores se mostram relutantes na adoção de práticas sobre as quais não têm a certeza de futuro êxito (GUSKEY, 2000; 2002).

O modelo elaborado por Guskey (2000) foi criticado por Clarke e Hollinsworth (2002), pois eles o consideraram linear e sem a especificação da complexidade dos processos de aprendizagem. Os autores consideram que a mudança ocorre a partir da mediação dos processos de reflexão e aplicação no domínio pessoal e das práticas de ensino, o que é perceptível a partir das aprendizagens dos alunos. Clarke e Hollingsworth (2002) elaboraram um modelo com

ênfase no crescimento profissional que denominaram de “modelo interligado”, por interligar quatro domínios: domínio externo, que está fora do mundo pessoal do professor; domínio da prática, que é a experimentação profissional; domínio pessoal, que engloba o conhecimento do professor, suas crenças e atitudes; e, por fim, o domínio das consequências, que são os resultados oriundos do processo formativo centrado no crescimento profissional. Salientam, ainda, que a mudança em um dos domínios repercute uma mudança nos demais, daí a denominação “interligado”. Por sua estrutura não linear, o modelo oportuniza o reconhecimento de uma série de necessidades formativas, não apenas relacionadas à prática, mas também reconhecendo a individualidade da aprendizagem. A Figura 3, a seguir, ilustra o modelo de DPP proposto por Clarke e Hollingworth (2002):

Figura 3 - Modelo Interligado de DPP proposto por Clarke e Hollingworth (2002)



Fonte: Figura elaborada pelos autores, 2018.

Os autores destacam a crítica aos programas de desenvolvimento profissional organizados como oficinas, que visam “adestrar” os professores no domínio das competências estabelecidas a priori. Enfatizam, ainda, que os atuais modelos considerados válidos, tendo como critério a aprendizagem dos alunos, priorizam o aprendizado ativo dos professores, a partir de uma análise reflexiva e colaborativa de suas práticas.

Os domínios elencados por Clarke e Hollingworth (2002) figuram nas dimensões principais dos modelos de desenvolvimento profissional apresentados por Marcelo Garcia (1999), a saber:

- **Desenvolvimento pedagógico** - relacionado ao progresso do ensino do professor através de atividades desenvolvidas em áreas específicas do currículo.
- **Conhecimento e compreensão de si mesmo** - relacionado à imagem que o professor tem de si próprio. Está vinculado à realização pessoal no âmbito profissional.
- **Desenvolvimento cognitivo** – relacionado à construção e aquisição de conhecimentos e estratégias relacionadas ao trabalho docente.

- **Desenvolvimento teórico** – relacionado à reflexão do professor sobre a sua prática docente. Esse se evidencia na investigação e no desenvolvimento da carreira mediante a adoção de novos papéis docentes.

Sparks e Loucks-Horsley (1990) apresentaram cinco modelos diferenciados de desenvolvimento profissional, a saber: desenvolvimento profissional autônomo; desenvolvimento baseado no processo de observação/supervisão; desenvolvimento baseado no processo de desenvolvimento e melhoria; desenvolvimento profissional através de cursos de formação; desenvolvimento profissional através da investigação para a ação. A matriz do pensamento desenvolvido por Sparks e Loucks-Horsley (1990) pode ser visualizada na Figura 4 a seguir:

Figura 4 - Modelos de DPP para Sparks e Loucks-Horsley (1990)

Desenvolvimento Profissional Autônomo	<ul style="list-style-type: none"> • Professores aprendem autonomamente • Não há programas formais
Desenvolvimento Baseado na Observação e supervisão	<ul style="list-style-type: none"> • Observação do comportamento em sala de aula pelos pares • Reflexão e análise a partir da supervisão
Desenvolvimento baseado no processo de desenvolvimento curricular e organizacional	<ul style="list-style-type: none"> • Programas e projetos de melhoria da escola a a partir das situações vivenciadas na prática
Desenvolvimento de professores através do treino	<ul style="list-style-type: none"> • Orientado por especialistas da área
Desenvolvimento profissional através da investigação-ação	<ul style="list-style-type: none"> • Aprendizado como construto evolutivo • Ênfase na experiência como base da reflexão • Professor como o investigador da prática

Fonte: Figura elaborada pelos autores, 2018.

O que caracteriza o *Desenvolvimento profissional autônomo* é que professores aprendem sozinhos conhecimentos ou competências que consideram necessários para o seu desenvolvimento profissional ou pessoal, sem a existência de programas formais. Essa prerrogativa deixa implícito que os professores são indivíduos capazes de iniciar e organizar por si próprios a sua formação.

Já no *Desenvolvimento baseado no processo de observação/supervisão* há a observação do comportamento de um professor por um de seus colegas. Esse modelo tem como pressupostos a reflexão e a análise a partir da supervisão. Tal pensamento está em consonância com o pensamento de Morais e Medeiros (2007), quando destacam o isolamento que há em sala de aula, e que, com o estabelecimento de observações formais, o professor poderá obter um *feedback* de suas práticas, com vistas à mudança, o que beneficiará todos os envolvidos.

No modelo do *Desenvolvimento baseado no processo de desenvolvimento curricular e organizacional*, a prerrogativa são os programas ou projetos de melhoria na escola em torno da resolução de um determinado problema concreto, ou seja, oriundo da prática, o qual deve envolver todos (ou uma grande

parte) dos profissionais da instituição. O resultado desse modelo preza pela melhoria da qualidade da educação e requer a liderança dos professores.

No modelo de *Desenvolvimento profissional através de treino*, como o próprio título já sugere, os professores são orientados em cursos de formação por especialistas. Esse modelo pressupõe que os professores participem de ações de formação do seu interesse pessoal, de acordo com os aspectos que consideram mais importantes desenvolver como profissionais. Contudo, seu caráter excessivamente teórico não valoriza os saberes profissionais dos professores.

Por fim, há o modelo de *Desenvolvimento profissional através da investigação para a ação*, de aspecto mais dinâmico, concebendo o professor como investigador das suas próprias práticas e o aprendizado como um construto evolutivo e que tem como pressupostos orientadores a relevância da experiência dos professores, sua condição de refletir e questionar e sua disposição na busca de dados que contribuem para a reflexão centrada na prática com vistas à mudança.

Após a explanação dos modelos, podemos chegar a algumas conclusões. O modelo apresentado por Marcelo Garcia (2009) como o mais recorrente na formação de professores não valoriza o vivenciado em sala de aula e desvincula a teoria da prática. Já a proposta de Guskey (2000) propõe uma mudança na prática, o que só se torna viável a partir da reflexão e, no contexto de formação, na colaboração entre os pares. O que Clarke e Hollingworth (2002) propõem considera o sujeito de forma integral, mas não clarifica como esses saberes se entrecruzam e ressignificam a prática, limitando a discussão ao âmbito da subjetividade.

Consideramos, ainda, que os modelos de DPP sinalizados por Sparks e Loucks-Horsley (1990) visam à formação do professor em diferentes momentos e com diferentes interesses e necessidades. Porém, a partir das discussões já tecidas por outros autores, o DPP através da investigação para a ação é que tem a possibilidade de contribuir para a mudança das práticas, por considerar o saber da experiência e centrar a reflexão no cotidiano da sala de aula, sendo valorizado o caráter intelectual e de criação da docência, o que, segundo Paulo Freire (1996) é condição fundamental à prática educativa.

Os modelos que foram apresentados contemplam as principais discussões/proposições de desenvolvimento profissional de professores, em geral. Mas quais são as especificidades do desenvolvimento profissional dos professores de ciências?

4 FORMAÇÃO E DESENVOLVIMENTO PROFISSIONAL DOS PROFESSORES DE CIÊNCIAS

A educação em ciências envolve a compreensão das relações entre a ciência, a tecnologia e o ambiente, nas diferentes esferas da sociedade, bem como o uso das capacidades de pensamento crítico na tomada de decisões e na resolução de problemas em termos pessoal e profissional (MAGALHÃES; TENREIRO-VIEIRA, 2006; MARTINS, 2012; OSBORNE; DILLON, 2008).

Nesse sentido, o ensino de ciências deveria possibilitar a reflexão, a formulação de juízos de valor, a apresentação de soluções e a tomada de decisões sobre acontecimentos do mundo real, a partir do confronto com problemas atuais de âmbito social, político e ético (CACHAPUZ, 2012; CARVALHO; GIL-PÉREZ, 1998; 2002).

Toti e Pierson (2012, p. 1075) afirmam que “[...] no caso da Física e das demais ciências naturais, privilegia-se, muitas vezes, mesmo para o exercício do magistério, exclusivamente o domínio dos conteúdos das áreas específicas”². Os autores desenvolveram um estudo que contemplava a compreensão dos licenciandos sobre o próprio processo de formação. Na investigação, ficou clara a importância de se estar na escola, a partir dos estágios, para possibilitar ao licenciando uma reflexão sobre a prática, assim como propõem Loucks-Horsley et al (2003).

Na discussão internacional, a formação de professores de ciências tem sido objeto de preocupação e de investigação há décadas. Diversos estudos sinalizam para problemas nesse terreno, bem como para aspectos característicos da formação em vários países. Por exemplo, o estudo empreendido por Harres, Wolffenbuttel e Delord (2013) sinaliza o distanciamento entre as pesquisas acadêmicas e a prática do ensino de ciências na Argentina, Colômbia, Espanha, Itália e Israel. Nomeadamente na área da educação em ciências, evidencia-se a dificuldade em transpor os resultados das investigações acadêmicas para as práticas de ensino nas escolas. O *Journal of Science Teacher Education* de 2015 também discutiu a temática em escala mundial. No artigo assinado por Evagorou et al (2015) discutiu-se sobre a formação inicial de professores de ciências na Inglaterra, Finlândia, França e Chipre, ao revisarem documentos oficiais e identificarem que a qualidade do ensino dessa disciplina estava abaixo do esperado. No caso da Finlândia, o grande diferencial é a ênfase na pesquisa da própria prática. Ao investigarem suas próprias práticas, os futuros professores podem melhorá-las. Destaca-se, ainda, a valorização salarial dos professores e o processo de autorregulação da carreira docente.

² Com essa assertiva não queremos – nem podemos – desmerecer a imprescindibilidade de se conhecer o conteúdo, até porque esse domínio é condição sine qua non para se exercer a docência, como já foi evidenciado nos estudos de Shulman (1986).

Ainda no *Journal of Science Teacher Education*, Liu, Liu e Wang (2015) sinalizam que na China, para o ensino de ciências, a preocupação reside na passividade com que os alunos recebem e interpretam os conhecimentos científicos. Olson et al (2015) apontam que no Canadá e nos Estados Unidos muitos professores têm apenas um curso de ciência mais generalista, não se aprofundando nas áreas da Química e da Física, o que se torna um problema de ordem conceitual. Na Austrália, Treagust et al (2015) sinalizam para o descompasso entre o interesse na docência para o ensino de ciências e a expansão da área científica no país.

Alguns dos aspectos evidenciados são percebidos também no contexto brasileiro. A profissão não é valorizada socialmente, o que é agravado por salários muito aquém da expectativa dos egressos dos cursos de formação inicial. Apesar desses aspectos, as Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação de professores da Educação Básica em nível superior, bem como aquelas da área de Física e de Química, registram expectativas em torno de uma sólida formação de seus futuros professores.

Carvalho e Gil-Pérez (1998) enfatizam a necessidade de se desenvolver um trabalho coletivo de reflexão nas práticas, pois o professor deve ter consciência da necessidade do trabalho coletivo, engajando-se, pois “Muitos dos problemas a serem abordados não adquirem sentido até que o professor os tenha enfrentado em sua prática pessoal” (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 1998, p. 109). Cachapuz (2012) acrescenta que

O desenvolvimento profissional de um professor é um processo complexo que envolve bem mais do que tempo de serviço; a vontade e a capacidade para analisar criticamente o nosso próprio ensino são um bom ponto de partida. É necessário uma visão sistêmica da formação. Não há mudanças curriculares efetivas sem mudanças efetivas na formação do professor (CACHAPUZ, 2012, p. 26).

São as necessidades formativas dos professores que requerem tais mudanças a serem contempladas nos modelos de DPP e que estão em consonância com as características de DPP que promovem a emancipação, de acordo com Loucks-Horsley et al (2003), a saber:

- Baseia-se inicialmente nos conhecimentos e nas capacidades dos próprios professores.
- Estimula a construção de conhecimento pelo próprio professor, possibilitando o desenvolvimento do conhecimento de conteúdo e didático dos professores.

- Faz uso de estratégias as quais os professores irão utilizar com os seus alunos.
- Incentiva os professores a assumirem papéis de liderança.
- Oportuniza a avaliação constante, sendo essa realizada pelo próprio professor, o que interfere positivamente na aprendizagem dos professores e, conseqüentemente, na aprendizagem dos alunos.

De acordo com Loucks-Horsley et al (2003), são várias as estratégias que podem ser consideradas para promover o desenvolvimento profissional e pessoal dos professores de ciências. Nesse sentido, cabe a cada instituição a escolha das estratégias que mais se adéquam aos propósitos formativos institucionais, em sintonia com as necessidades formativas dos professores.

Hewson (2007) se propôs a realizar investigações nessa área. O autor cita um estudo realizado por Bell e Gilbert, que foi efetuado com 48 professores de ciências. O estudo clarificou a ideia de que o desenvolvimento dos professores de ciências passa por três fases progressivas de interdependência: *o desenvolvimento pessoal, o desenvolvimento social e o desenvolvimento profissional*. No *desenvolvimento pessoal*, os professores tomam consciência do isolamento mantido com os seus pares, bem como da existência de aspectos problemáticos em suas estratégias de ensino. Essa nova percepção oportuniza a alteração das práticas habituais, inadequadas à aprendizagem dos alunos.

Na fase do *desenvolvimento social*, há a reconstrução das práticas a partir do redimensionamento da visão do que seja ser professor de ciências. Essa reconfiguração é possibilitada a partir do conhecimento de novas práticas de ensino, assim como no apoio encontrado no estabelecimento de práticas colaborativas no contexto de trabalho. Na fase do *desenvolvimento profissional*, ao sentirem-se mais confiantes do seu próprio trabalho, com uma confiança construída nas práticas colaborativas, propõem novas formas de trabalho. Assim, as três fases não ocorrem de forma linear, mas imbricadas, de forma que o desenvolvimento profissional só pode ser consolidado quando essas três dimensões são contempladas.

Hewson (2007) explicita que os professores devem ser apoiados em todo o processo de desenvolvimento profissional, a saber: o planejamento, a implementação de novas estratégias e a reflexão sobre práticas.

Loucks-Horsley et al (2003) propõem seis estratégias de desenvolvimento profissional dos professores de ciências e matemática. Os autores combinaram componentes de diferentes proposições em programas modelados às circunstâncias particulares, ao reconhecerem que o exercício de desenvol-

vimento profissional é um processo de intenções, no qual os autores dos programas de desenvolvimento profissional estabelecem um conjunto de objetivos e trabalham num contexto particular, com um grupo particular de professores, num conjunto de situações únicas para um determinado projeto.

Estes autores propõem o desenvolvimento das várias estratégias, tanto as que se centram no desenvolvimento da consciência (redes profissionais, lições demonstrativas e grupos de estudo) como as que oportunizam o conhecimento do conteúdo e o conhecimento pedagógico do conteúdo (parceria com cientistas, *workshops*, discussão de casos, imersão em experiências e tecnologia para o desenvolvimento profissional). Eles também enfatizam a aplicabilidade do que foi aprendido em situações concretas de ensino, com foco na prática docente (lições demonstrativas, implementação de um currículo, possibilidade de tutoria). Em outras, a reflexão é a mola propulsora das estratégias na avaliação das experiências e aprendizagens dos alunos (investigação-ação, grupos de estudo, estudo de lições, discussões de casos e análise do trabalho dos alunos).

Van Driel et al (2012), ao realizarem uma revisão de 44 estudos, concluíram que tem aumentado o número de investigações que discutem o desenvolvimento profissional na educação científica. Os programas de desenvolvimento profissional ensinam, primordialmente, a mudança das práticas em sala de aula (na forma de fazer e pensar dos professores), seguida da ampliação do conhecimento do conteúdo por parte dos professores. Para os autores, uma das grandes dificuldades para o DPP de ciências é a sobrecarga do currículo e os desafios que se impõem para o ensino: contemplar discussões acerca da natureza da ciência para o letramento científico; relação Ciência, Tecnologia Sociedade e Ambiente (CTSA); práticas de investigação.

De acordo com Van Driel et al (2012), uma proposta de DPP efetiva deve contemplar os seguintes aspectos: foco na prática em sala de aula (em métodos e práticas, na compreensão de que o ensino se faz na investigação); a aprendizagem ativa e baseada na investigação (o professor deve ser questionado sobre situações concretas de ensino; investigar a própria prática e a dos colegas para que se possa pensar sobre a qualidade das ações empreendidas); aprendizagem colaborativa (entre professores da mesma escola, com problemáticas similares; os professores precisam estabelecer os objetivos das ações de DPP, para que se torne mais útil); ter duração e sustentabilidade (as intervenções de curto prazo tendem a ser menos eficazes que as de longo prazo); e estar coerente com a proposta da escola (os professores devem assumir a direção de seu desenvolvimento profissional, escolher os parâmetros que devem ser estudados), a qual deve oferecer as condições organizacio-

nais necessárias. Afinal, o DPP não deve ser relacionado apenas a inovações, mas a problemas recorrentes da prática.

Na direção de propostas de DPP desenvolvidas para atender às necessidades do contexto, Simon et al (2011) investigaram dez escolas de Londres conhecidas como referência em práticas de DPP. Os professores de ciências em início de carreira evidenciaram que as principais características desse DPP - tido como eficaz - eram a ampliação da experiência em outras escolas, a parceria estabelecida entre a escola e a universidade, a observação realizada aos pares, o *feedback* frequente dos colegas e a estrutura e o apoio da equipe gestora em salas de aula. Os autores concluem que, entre outros aspectos, as escolas que priorizam o DPP se tornam mais atraentes e agregam os melhores profissionais.

Os aspectos evidenciados nos contextos investigados por Simon et al (2011) possuem características que foram valorizadas nos modelos de DPP de ciências apresentados. Concordamos com Fernández-Cruz (2006) quando afirma que o desenvolvimento profissional se efetiva na reflexividade centrada na prática e na capacidade de desenvolver trabalhos em equipe colaborativa.

Repensar o DPP é imprescindível para se diminuir o fosso entre a necessidade de professores de ciências nas escolas brasileiras e a quantidade de licenciados que se formam.

5 UMA SÍNTESE: AS PROPOSTAS – E A NOSSA PROPOSTA – DE DESENVOLVIMENTO PROFISSIONAL NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS

A partir da revisão da literatura e da discussão tecida, defendemos que o desenvolvimento profissional é um processo que se efetiva ao longo de toda a vida, tanto na dimensão pessoal como na profissional e que não possui duração nem linearidade. É o crescimento profissional que o professor obtém como resultado da sua experiência e da análise sistemática da própria prática.

Apresentamos autores que discutiram a formação de uma maneira geral e outros que focaram nos professores de ciências. Muitos dos elementos se entrecruzam, de fato. Mas gostaríamos de compilar os principais aspectos que foram discutidos para evidenciar o que denominamos de desenvolvimento profissional de professores, articulando, assim, a nossa compreensão dos elementos que contribuem para este. Em nossa concepção, o DPP deve possuir as seguintes características:

1 Pressupõe intencionalidade - Compreendemos que o DPP não acontece naturalmente: deve ser guiado para algo. Afinal, a participação em diversas atividades formativas não indica que houve desenvolvimento profissional, se não houver uma inclinação para tal. Assim, o futuro professor deve ter essa intencionalidade para que a sua formação inicial – que é obrigatória para se assumir a docência – transforme-se em desenvolvimento.

2 Pauta-se na ideia de aprendizado contínuo – É um processo que se desenvolve ao longo da carreira profissional, desde a formação inicial, e requer que o sujeito, nessa vivência, perceba-se como ser inconcluso (FREIRE, 1996), além da necessidade de se ter abertura e humildade, afinal, como bem nos disse Paulo Freire (2015, p. 105, grifos do autor) “[...] na medida em que começamos não só a saber que *vivíamos*, mas a *saber* que *sabíamos* e que, portanto, podíamos saber mais, iniciou o processo de gerar o *saber* da própria prática”.

3 Ocorre centrado na escola - Esse é um aspecto fundamental e de sustentação em nossa investigação. O DPP deve ocorrer em contextos concretos, como já foi reiteradamente discutido. É sabido que as universidades possuem uma dificuldade estrutural em superar o grande fosso existente entre a formação pedagógica e a formação específica. Contudo, a universidade ainda é o espaço mais adequado para que a formação inicial de professores seja desenvolvida (MALDANER, 2000), desde que seja centrada na escola (BARROSO, 1992; NÓVOA, 2007). A iniciação à prática profissional é considerada a experiência mais significativa dos futuros professores, relacionada à aprendizagem profissional, por lhes possibilitar articular a teoria à prática e possibilitar o acesso direto aos problemas e desafios reais da educação (FLORES, 2014). Isso se deve ao fato de que aprender a ser professor inserido em um contexto escolar é um elemento basilar na eficácia da formação (WILSON, FLODEN, FERRINI-MUNDRY, 2001). De acordo com Freire (2001, p. 49) “A sala de aula tornou-se, nos últimos anos, um espaço privilegiado para a compreensão do ensino e do modo como o currículo é posto em ação”. Nessa direção, concordamos com Blanco e Mellado (1999, p. 20) quando afirmam que “[...] as práticas supõem uma extraordinária oportunidade para que o professor em formação se inicie na profissão”. Isso porque a escola é a unidade orgânica do desenvolvimento profissional dos professores (FULLAN, 1995).

A importância da relação entre teoria e prática também foi evidenciada nas Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação inicial em nível superior, em seus princípios expostos no artigo 5º:

“V - a articulação entre a teoria e a prática no processo de formação docente, fundada no domínio dos conhecimentos científicos e didáticos, contemplando a indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão;

VI - o reconhecimento das instituições de educação básica como espaços necessários à formação dos profissionais do magistério” (BRASIL, 2015, p. 4).

Além disso, a experiência na ambiência escolar dá sentido à formação, que constitui o processo identitário do professor, sendo a escola imprescindível para a investigação do desenvolvimento profissional.

4 Potencializa o desenvolvimento de práticas colaborativas - Todos os aspectos estão interligados e estes não se efetivam sem a superação da cultura do isolamento (HARGREAVES, 1998), sem a necessidade de aprender e sem o interesse de partilhar. Compreendemos que a colaboração, como elemento chave para o DPP, deve estar envolta em um clima de confiança e de aprendizado mútuos.

5 Viabiliza a reflexão centrada na prática - Reflexão requer diálogo consigo próprio e com os demais envolvidos, além de propiciar a aprendizagem de todos. Só a partir da reflexão centrada na prática é que concepções e crenças sobre o ensino vão sendo ressignificadas e ancoradas na transformação social e no caráter político da reflexão. É a meta-reflexão, a partir de experiências partilhadas, que possibilita um novo direcionamento para as práticas e, assim, viabiliza o DPP.

6 Promove autonomia e liderança – A intencionalidade citada anteriormente deve ser perpassada pela autonomia, sendo essa, como defenderam Contreiras (2012) e Freire (1996), pautada na emancipação. A liderança relaciona-se com a diferença que os professores fazem em seus contextos de intervenção. Liderança, no sentido de construção do conhecimento (FLORES, 2014) para além do que já é preconizado nos contextos formativos, é saber guiar – autonomamente – a sua aprendizagem, a qual se efetiva na partilha de ideias.

Promove mudança do sujeito e do contexto – Não concebemos que a mudança se efetive apenas nos sujeitos, pois o DPP está relacionado aos processos de reforma da escola. Por serem os professores a chave da mudança educacional (MONTEIRO, 2015), o efeito pode ser cíclico: mudam-se os professores, muda-se a aprendizagem dos alunos, muda-se a escola. Esse aspecto nos faz lembrar uma célebre frase de Paulo Freire (2015, p. 157): “A educação não é alavanca da transformação social, mas sem ela a transformação social também não se dá”. Analogamente, a mudança do professor não é a alavanca da transformação da escola, mas sem ela a transformação da escola não se dá.

6 PARA NÃO ENCERRAR - UMA PROVOCAÇÃO: PARA ONDE CAMINHA O DESENVOLVIMENTO PROFISSIONAL DOS PROFESSORES?

Após a discussão sobre os elementos que possibilitam o desenvolvimento profissional dos professores, não podemos eximir o pensamento das atuais políticas voltadas para a formação de professores, apesar deste não ser o cerne deste trabalho.

No momento em que este artigo está sendo escrito (início do 2º semestre de 2018), estamos vivenciando mudanças tanto no que se refere ao currículo da Educação Básica quanto à formação dos professores, ambas signatárias do que preconiza a BNCC. A discussão mais recente prende-se à Reforma do Ensino Médio, a partir da Lei nº 13.415/2017 (BRASIL, 2017), a qual substituiu a Medida Provisória nº 746/2016 (BRASIL, 2016a).

Também se torna inconteste que a formação dos professores se encontra no cerne das discussões das instituições privadas, como sinaliza o evento “A Formação de Professores no Contexto da BNCC”, que é parte do Ciclo de Debates em Gestão Educacional, organizado pelo Instituto Ayrton Senna e a Fundação Itaú Social (MATUOKA, 2018).

A CAPES também tem se articulado nessa discussão, com o Seminário Interno “A Base Nacional Comum Curricular aplicada aos Programas de Formação de Professores da CAPES”, no qual se discutiu, entre outros aspectos, a residência pedagógica, sendo a BNCC, de acordo com a conselheira do MEC à época, Maria Helena Castro, “a referência dos programas de formação, e [...] a partir disso os programas começarão a se reorganizar, a se reestruturar para poder alinhar os currículos de formação inicial” (CAPES, 2018, s/p). Em suma, há uma articulação clara entre Reforma do Ensino Médio, BNCC e programas de formação de professores.

Porém, entidades como a Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação (Anped) e Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (Abrapec) posicionam-se contrárias ao PRP, entendendo se tratar de uma padronização que se quer alinhada à BNCC, documento esse criticado pelas entidades acadêmicas e científicas por uma série de fatores, dentre eles seu contexto de produção, distante da realidade docente. De acordo com as entidades, vincular a formação a esse documento violaria a Resolução CNE/CP nº 2/2015, das Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial e Continuada de Professores no Brasil (BRASIL, 2015b). Para as entidades, o PRP carrega uma visão reducionista da formação, limitando-a a um “como fazer”,

desvinculado de uma concepção sócio histórica e emancipatória (ANPED, 2018).

A Sociedade Brasileira de Física (SBF) posicionou-se contra a Reforma do Ensino Médio desde quando ainda era uma medida provisória, por considerá-la legitimadora da precarização já existente na formação de professores, bem como a configuração da BNCC com ênfase na preparação exclusiva para o mercado de trabalho e para fins, portanto, desvinculados de uma formação geral, cultural e científica da população em geral. A SBF ainda sinaliza que não há ações e diretrizes para formação de professores e valorização da carreira docente, e defende a criação de um Projeto de Lei de Reforma do Ensino Médio brasileiro, com amplo debate com a sociedade, com a participação das entidades científicas (SBF, 2016).

Assim como as entidades citadas, defendemos que os espaços de formação precisam estar comprometidos com a concepção de docência como atividade intelectual e criadora, para que, assim, possibilitem o desenvolvimento profissional de professores. Salientamos que a reforma foi aprovada no mesmo período em que a Lei do Piso Salarial Profissional Nacional para os Profissionais do Magistério Público da Educação Básica foi redefinida pela Emenda Constitucional nº 95/2016, a qual propõe a estagnação do investimento na área da educação por 20 anos (BRASIL, 2016b). Não podemos esquecer que

Qualquer reforma educacional será insustentável se não levar em consideração o problema da desvalorização dos profissionais do magistério e seu impacto na qualidade do ensino. Este é, sem dúvida, um elemento central dos problemas do ensino médio, solenemente desconsiderado pela chamada 'reforma' (MARQUES; NOGUEIRA, 2018, p. 157).

As novas políticas que vêm sendo implementadas, além de não valorizarem os profissionais do magistério no que se refere a investimentos, não evidenciam como viabilizar o desenvolvimento profissional de professores, pois práticas pautadas na emancipação, autonomia, reflexão e colaboração não são sequer sinalizadas. Afinal, como bem afirmou Freire (2015, p. 110, grifos do autor): “O contexto teórico, formador, não pode jamais, como às vezes se pensa, ingenuamente, transformar-se num contexto de puro *fazer*. Ele é, pelo contrário, contexto de *quefazer*, de *práxis*, quer dizer, de *prática* – de *teoria*”. Nesse sentido, que concepção de formação e desenvolvimento profissional serve como pano de fundo para as novas políticas para formação de professores? Fica a indagação para os leitores.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. M. **Desenvolvimento profissional dos docentes do ensino superior**: contributos para a compreensão do desenvolvimento profissional dos docentes que actuam na formação inicial de professores. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade de Lisboa, Lisboa, 2012.

ANPED. Entidades de posicionam contrárias à padronização e controle impostos pelo programa de residência. 2018. Disponível em: <http://www.anped.org.br/news/entidades-se-posicionam-contrarias-padronizacao-e-controle-impostos-pelo-programa-de-residencia>. Acesso em: 01 jul. 2018.

BARROSO J. Fazer da escola um projeto. In: CANÁRIO (org.) **Inovação e projecto educativo de escola**. Lisboa: Educa, 1992. p. 17-55.

BLANCO, L. J.; MELLADO, M. Novos desafios na formação dos professores de Matemática. **Revista de Educação**, Lisboa, v. 3, n. 2, p. 15-24, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Básica. Resolução nº 2, de 01 de julho de 2015. Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação inicial em nível superior (cursos de licenciatura, cursos de formação pedagógica para graduados e cursos de segunda licenciatura) e para a formação continuada. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2015.

_____. Medida provisória nº 746, de 22 de setembro de 2016. Institui a Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral, altera a Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, e a Lei nº 11.494 de 20 de junho 2007, que regulamenta o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2016a. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/medpro/2016/medidaprovisoria-746-22-setembro-2016-783654-publicacaooriginal-151123-pe.html>

_____. Emenda constitucional nº 95, de 16 de dezembro de 2016. Altera o Ato das Disposições Constitucionais Transitórias, para instituir o Novo Regime Fiscal, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2016b. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/emecon/2016/emendaconstitucional-95-15-dezembro-2016-784029-publicacaooriginal-151558-pl.html>

_____. Lei nº 13.415, de 13 de fevereiro de 2017. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2017. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/L13415.htm. Acesso em: 10 maio 2017.

_____. **Base Nacional Comum Curricular do Ensino Médio.** Brasília: Ministério da Educação, 2018. (versão preliminar).

CACHAPUZ, A. F. Do ensino de Ciências: seis ideias que aprendi. In: CACHAPUZ, A. F.; CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. (org). **O Ensino das Ciências como compromisso científico e social:** os caminhos que percorremos. São Paulo: Cortez, 2012. p. 11-32.

CAPES. **Seminário discute aplicação da base nacional comum curricular.** 2018. Disponível em: <http://www.capes.gov.br/sala-de-imprensa/noticias/8932-seminario-interno-discute-a-aplicacao-da-bncc-aos-programas-de-formacao-de-professores-da-capes>. Acesso em: 02 jul. 2018

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de Ciências.** Tradução de Sandra Valenzuela. São Paulo: Cortez, 1998.

_____; _____. O saber e o saber fazer do professor. In: CASTRO, A. D.; CARVALHO, A. M. P. (org.). **Ensinar a ensinar:** didática para a escola fundamental e média. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002. p. 107-124

CLARKE, D.; HOLLINGSWORTH, H. Elaborating a model of teacher professional growth. **Teaching and Teacher Education**, [s. l.], v. 18, p. 947-967, 2002.

CONTRERAS, J. **A autonomia de professores.** Tradução de Sandra Trabucco Valenzuela. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2012.

DAY, C. A reforma da escola: Profissionalismo e identidade dos professores em transição. In: FLORES M. A; VIANA, I. (ed.). **Profissionalismo docente em transição:** as identidades dos professores em tempos de mudança. Braga: Universidade do Minho, 2007. p. 47-64.

_____. **Desenvolvimento profissional de professores:** os desafios da aprendizagem permanente. Tradução de Maria Assunção Flores. Porto: Porto Editora, 2001.

ERAULT, M. Strategies for developing teacher development. **British Journal of in service education**, [s. l.], v. 4, n. 122, p.10-12, 1977.

EVAGOROU, M. et al. Pre-service Science Teacher Preparation in Europe: Comparing Pre-service Teacher Preparation Programs in England, France, Finland and Cyprus. **Journal Science Teacher Education**, [s. l.], v. 26, p. 99-115, 2015.

FERNANDÉZ-CRUZ, M. **Desarrollo profesional docente.** Espanha: Grupo Editorial Universitario, 2006.

FLORES, M. A. (org.). **Formação e desenvolvimento profissional de professores:** contributos internacionais. Coimbra: Edições Almedina, 2014.

FREIRE, A. M. Contributo para o estudo das mudanças na prática lectiva de estagiários de Química e Física. **Revista de Educação**, Lisboa, v. 10, n. 1, p. 47-59, 2001.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: Saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

_____. **Professora, sim; Tia, não**: Cartas a quem ousa ensinar. Rio de Janeiro: Paz & Terra, 2015.

FULLAN, M. G. The limit and the potential of professional development in education. In: GUSKEY, T.; HUBERMAN, M. (ed.) **Professional development in education**: new paradigmas & practices. New York: teachers College; Columbia University, 1995. p. 253-268.

GUSKEY, T. R. Professional development and teacher change. **Teachers and teaching: theory and practice**. v. 8, n. 3/4, p. 381-391, 2002. Disponível em: physics.gmu.edu/~hgeller/TeacherWorkshop/Guskey2002.pdf. Acesso em: 26 nov. 2014.

FULLAN, M. **O significado da mudança educacional**. Tradução de Ronaldo Cataldo Costa. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

_____.; HARGREAVES, A. **A escola como organização aprendente**: buscando uma educação de qualidade. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

GATTI, B. A.; BARRETO, E. S. S. **Professores do Brasil**: impasses e desafios. Brasília: UNESCO, 2009.

GUSKEY, T. R. **Evaluating professional development**. California: Corwin press Inc, 2000.

HARGREAVES, A. **Os professores em tempo de mudança**: o trabalho e a cultura dos professores na idade pós-moderna. Alfragide: Editora McGraw-Hill de Portugal, 1998.

HARRES, J. B. S.; WOLFFENBUTTEL, P. P.; DELORD, G. C. C. Um estudo exploratório internacional sobre o distanciamento entre a escola e a universidade no ensino de **ciências**. **Investigações em ensino de ciências**, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 365-383, 2013.

HEWSON, P. W. Teacher professional development in science. In: ABELL, S. K.; LEDERMAN, N. G. (ed.). **Handbook of research on science education**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 2007. p. 1179-1203.

IMBERNÓN, F. **Formação docente e profissional**: formar-se para a mudança e a incerteza. 7. ed. São Paulo: Cortez, 2009.

INEP [Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Anísio Teixeira]. **Censo escolar 2013**: Perfil da docência no Ensino Médio Regular. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Anísio Teixeira, 2015. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/documents/186968/484154/Censo+Escolar+2013+-+Perfil+da+Doc%C3%Aancia+no+Ensino+M%C3%A9dio+Regular/da035f31-ce95-4cb5-b-43c-a4271ebb1cde?version=1.3> Acesso em: 26 dez. 2018.

IZQUIERDO, M. Memórias de minha trajetória profissional. In: CACHAPUZ, A. F.; CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. (org.). **O Ensino das Ciências como compromisso científico e social**: os caminhos que percorremos. São Paulo: Cortez, 2012. p. 75-90.

LEDERMAN, N. G.; LEDERMAN, J. S. The Status of Preservice Science Teacher Education: A Global Perspective. **Journal Science Teacher Education**, [s. l.], v. 26, n. 01, p. 1-6, 2015.

LEITE, C.; RAMOS, K. Questões da formação pedagógica-didática na sua relação com a profissionalidade docente universitária. Alguns pontos para debate. In: LEITE, C. (ed.). **Sentidos da pedagogia no ensino superior**. Porto: CIIE/Livpsic, 2010. p. 29-45. (Coleção Ciências da Educação).

LIU, E.; LIU, C.; WANG, J. **Pre-service Science Teacher Preparation in China**: Challenges and Promises. *Journal Science Teacher Education*, [s. l.], v. 26, n. 1, p. 29-44, 2015.

LOUCKS-HORSLEY, S. et al. Designing professional development for teachers of science and mathematics. Thousand Oaks: Corwin Press, 2003.

MAGALHÃES, S. I. R.; TENREIRO-VIEIRA, C. Educação em Ciências para uma articulação Ciência, Tecnologia, Sociedade e Pensamento crítico. Um programa de formação de professores. **Revista Portuguesa de Educação**, Braga, v. 19, n. 2, p. 85-110, 2006.

MALDANER, O. A. A formação inicial e continuada de professores de Química. Ijuí: Ed. UNIJUÍ, 2000.

MARCELO GARCÍA, C. M. **Formação de professores para uma mudança educativa**. Tradução de Isabel Narciso. Porto: Porto Editora, 1999.

MARCELO GARCÍA, C. Desenvolvimento profissional docente. **Sísifo**: Revista de Ciências da Educação, La Rioja, n. 8, p. 7-22, jan./abr. 2009.

MARQUES, B.; NOGUEIRA, F. Ensino Médio: entre a reforma e a mão de tinta. In: FERREIRA, M. M.; PAIM, J. H. (org). **Os desafios do Ensino Médio**. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2018. p. 153-170.

MARTINS, I. P. Química, ensino de Química e educação em ciências: história de um percurso de vida. In: CACHAPUZ, A. F.; CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. (org.). **O Ensino das ciências como compromisso científico e social: os caminhos que percorremos**. São Paulo: Cortez, 2012. p. 159-178.

MATUOKA, I. A Formação de professores à luz da BNCC. Disponível em: <http://educacaointegral.org.br/reportagens/a-formacao-de-professores-a-luz-da-bncc/>. Acesso em 02 de julho de 2018.

MONTEIRO, A. R. **Profissão docente: profissionalidade e autorregulação**. São Paulo: Cortez, 2015.

MORAIS, F; MEDEIROS T. **Desenvolvimento profissional do professor: a chave do problema**. Ponta Delgada: Universidade dos Açores, 2007.

SBF. Nota pública da SBF sobre a medida provisória do ensino médio. 2018. Disponível em: http://www.sbfisica.org.br/v1/index.php?option=com_content&view=article&id=807&Itemid=270. Acesso em: 03 jul. 2018.

NÓVOA, A. **Formação de professores e profissão docente**. In: NÓVOA, A. (org.). Os professores e a sua formação. Lisboa: Dom Quixote, 1992. p. 15-34.

_____. **Desafios do Trabalho do Professor no Mundo Contemporâneo**. Palestra ao SINPRO/SP. 2007. Disponível em: http://www.sinprosp.org.br/arquivos/novoa/livreto_novoa.pdf. Acessado em: 20 jul. 2014.

OLSON, J. K. et al. **Science Teacher Preparation in a North American Context**. Journal Science Teacher Education, [s. l.], v. 26, n. 1, p.7-28, 2015.

OSBORNE, J.; DILLON, J. **Science Education in Europe: critical reflections**. London: The Nuffield Foundation, 2008.

PACHECO, J. A.; FLORES, M. A. **Formação e Avaliação de Professores**. Porto: Porto Editora, 1999. (Coleção Escola e Saberes, n. 16).

PIMENTA, S. G.; GHEDIN, E. (org.). **Professor reflexivo no Brasil: gênese e crítica de um conceito**. 5.ed. São Paulo: Cortez, 2008.

PONTE, J. P. Da formação ao desenvolvimento profissional. In: **ACTAS do Pro-fmat 98**. Lisboa: Associação dos Professores de Matemática, 1998. p. 27-44.

ROITMAN, I. A educação científica no Brasil. **Pensar a Educação em Pauta**, Belo Horizonte, ano 3, n. 75, s/p 27 mar. 2015. Disponível em: <http://pensaraeducacao.com.br/pensaraeducacaoempauta/isaac-roitman-27-mar-2015/> Acesso em: 11 jul. 2015.

SCHÖN, D. A. **Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem**. Tradução de Roberto Cataldo Costa. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

SHULMAN, L. Theory, practice and the education of professionals. **The elementary School Journal**, [s. l.], v. 98, n. 5, p. 511-526, 1998.

SIMON, S.; CAMPBELL, S.; JOHNSON, S.; STYLIANIDOU, F. S. Characteristics of effective professional development for early career science teachers. **Research in Science & Technological Education**, [s. l.], v. 29, n. 1, p. 5-23, 2011. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02635143.2011.543798>. Acesso em: 25 abr. 2014.

SPARKS, D.; LOUKS-HORSLEY, S. Models of staff development. In: HOUSTON, W. R. **Handbook of research on teacher education**. New York: McMillan, 1990. p. 234-251.

TARDIF, M.; LESSARD, C. **O trabalho docente**: elementos para uma teoria da docência como profissão de interações humanas. Tradução de João Batista Kreuch. 4. ed. Petrópolis: Vozes, 2008.

TOTI, F. A. PIERSON, A. H. C. Compreensões sobre o processo de formação para a docência: concepções de bacharéis e licenciandos sobre o ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. 3, p. 1074-1107, dez. 2012.

TREAGUST, D. F. et al. Science Teacher Education in Australia: Initiatives and Challenges to Improve the Quality of Teaching. **Journal Science Teacher Education**, [s. l.], v. 26, n. 1, p. 81-98, 2015.

UNESCO. **A ciência para o século XXI**: uma nova visão e uma base de ação – Brasília: UNESCO; ABIPTI, 2003. (Texto baseado na "Conferência Mundial sobre Ciência, Santo Domingo, 10-12 mar, 1999" e na "Declaração sobre Ciências e a Utilização do Conhecimento Científico, Budapeste, 1999").

VAN DRIEL, J. H. et al. Current trends and missing links in studies on teacher professional development in science education: a review of design features and quality of research. *Studies in Science Education*, [s. l.], v. 48, n. 2, p. 129-160, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/03057267.2012.738020>. Acesso em: 20 nov. 2014.

WILSON, S.; FLODEN, R.; FERRINI-MUNDY, J. Teacher Preparation Research: Current Knowledge, Gaps, and Recommendations. Center for the Study of Teaching and Policy: A University of Washington, Stanford University, University of Michigan, and University of Pennsylvania consortium, 2001. Disponível em: <http://depts.washington.edu/ctpmail/PDFs/TeacherPrep-WFFM-022001.pdf>. Acesso em: 15 maio 2014.

ZEICHNER, K. **A formação reflexiva de professores**: Ideias e práticas. Lisboa: Educa, 1993

AVALIAÇÃO AMPLA DE UMA PROPOSTA DIDÁTICA INOVADORA PARA INTRODUÇÃO À MECÂNICA NO ENSINO SUPERIOR

João Batista Siqueira Harres¹

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul –
PUCRS – Brasil
joao.harres@pucrs.br

Marcela Vieira Kessler Guedes²

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul –
PUCRS – Brasil
marcela.guedes@acad.pucrs.br

¹ Licenciado em Física, Doutor em Educação. Professor de física e pesquisador do PPG em Educação em Ciências e Matemática da Escola de Ciências da PUCRS.

² Estudante de Física, com linha de formação em Física Médica na PUCRS.

RESUMO: O presente artigo apresenta e discute a proposta de uma disciplina de introdução à mecânica oferecida no primeiro semestre para estudantes dos cursos de bacharelado e licenciatura em física. As atividades, abertas e de caráter investigativo, estão orientadas para promover a evolução das ideias dos estudantes segundo uma perspectiva histórico-filosófica. Em termos metodológicos, há um uso intenso de atividades experimentais. Aulas transmissivas são raras e sempre ao final do estudo de um tema. Antes das atividades sempre há a explicitação das ideias dos estudantes e, na continuação do processo, ocorre o contraste dessas ideias com as leituras, experimentos e discussões. Em termos de avaliação, é adotada uma visão da aprendizagem como um processo ativo de evolução das próprias ideias. Há uma desvinculação entre a qualidade do pensamento final e a nota, a qual é atribuída segundo a qualidade da autoavaliação e pela participação nas atividades. A análise da evolução ampla dos sujeitos, em curto e longo prazo, a partir de dados obtidos em testes, questionários e entrevistas, aponta a evolução das ideias dos sujeitos e boa aceitação da proposta. Discutem-se também as implicações deste estudo para disciplinas introdutórias deste tipo no ensino superior.

Palavras-chave: Ensino de mecânica. Ideias dos alunos. Avaliação ampla.

ABSTRACT: This paper presents and discusses the proposal of an discipline to the introductory mechanics offered in the first semester for undergraduate physics students and future physics teacher. The activities open and with an investigative view, are oriented to promote the evolution of students' ideas in relation to a historical-philosophical perspective. In methodological terms, there is intensive use of experimental activities. Transmissive classes are rare and always at the end of the study of a subject. Before activities there is always an explanation of the students' ideas and, in the continuation of the process, the contrast of these ideas with the readings, experiments and discussions occurs. The evaluation adopts a learning view as an active process of evolving one's own ideas. There is a disconnection between the quality of the final thought and the grade, which is attributed according to the quality of the self-assessment and participation in the activities. The wide evolution data analysis in short and long term, obtained from tests, questionnaires and interviews, points out that there has been evolution of students' ideas and good acceptance of the proposal. It is discussed implications from such introductory signatures in science higher education.

Keywords: Mechanics teaching. Student's ideas. Wide evaluation.

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que, em geral, nos primeiros semestres de cursos de física os estudantes apresentam um baixo aproveitamento nas disciplinas de física básica. Esta situação vem sendo registrada por várias pesquisas como, por exemplo, Neves (1999), Moraes e Moraes (2000), Samudio Pérez, Rosa, Darroz (2012). Esse fraco desempenho provavelmente está relacionado a vários fatores predominantes no ensino, tais como (a) pequena maturidade dos alunos; (b) domínio básico de matemática insuficiente; (c) visão da física fragmentada, desconexa, descontextualizada, matematizada e sem caráter experimental; (d) nível muito alto de formalização do conhecimento físico envolvido; (e) uso de metodologias de ensino centradas na transmissão do conhecimento.

Pensando nisso, em um processo de mudança mais ampla de renovação curricular dos cursos de Licenciatura e Bacharelado em Física da PUCRS, a disciplina de Tópicos de Física Clássica (TFC) foi introduzida no primeiro semestre do currículo para colaborar na superação ou minimização de alguns destes problemas, diminuindo a evasão e promovendo um estágio de transição entre a física estudada na escola e na universidade.

Reuniões prévias de professores para estudo da reformulação curricular apontaram que esta disciplina deveria ter, portanto, caráter introdutório; conteúdo programático contextualizado e amplo; ênfase preferencial na dimensão conceitual do conhecimento, em detrimento da dimensão formal (matematizada); metodologias ativas (experimentos, leituras interessantes, pesquisas de questões-problema, debates, etc.); ênfase no desenvolvimento de habilidades típicas do ensino superior.

Com isso, foi planejada uma intervenção que proporcionasse aos alunos ingressantes do curso de física um ambiente de aprendizagem no qual, a partir de uma abordagem teórico-histórico-experimental de situações-problema da física clássica (mecânica) implementada segundo alguns princípios didáticos advindos de pressupostos educacionais contemporâneos e de resultados de pesquisa na área, se desenvolvesse uma compreensão mais ampla da física e da própria aprendizagem.

Este texto apresenta uma avaliação do alcance desses objetivos a curto e longo prazo. Na avaliação de curto alcance são descritas e analisadas as atividades desenvolvidas durante uma edição recente da disciplina (de ocorrência anual) composta por um grupo de 24 estudantes¹. No longo alcance, são analisadas entrevistas com sete estudantes que haviam concluído a disciplina, em média, a quatro anos atrás. A autoria do trabalho é compartilhada entre o professor da disciplina, mais diretamente envolvido com o estudo em curto prazo e a pesquisadora de iniciação científica, mais envolvida com o estudo em longo prazo.

¹Parte dos dados e análises dessa parte já foram apresentadas em Harres (2017).

2 FUNDAMENTOS SOBRE APRENDIZAGEM

A disciplina adota três princípios didáticos. O primeiro princípio trata da natureza **das ideias dos estudantes**. Sabe-se que, frente a uma situação a explicada, os estudantes recorrem a ideias e representações que, em geral, não correspondem aos modelos científicos (HARRES, 2003). Essa recorrência permitiu que Driver et al (1994) fizessem até um catálogo dessas ideias em diferentes campos da área de ciências e em diferentes faixas etárias.

Na área de mecânica, muitas pesquisas sobre a aprendizagem evidenciaram a forte influência das ideias dos alunos nesse processo. Kim e Sung-Jae (2002), por exemplo, encontraram que os sujeitos investigados, estudantes coreanos que se preparavam para ingressar no ensino superior, não teriam superado suas dificuldades conceituais básicas de mecânica mesmo depois de resolver, em média, mil problemas tradicionais (exercícios de resolução pela aplicação de fórmulas matemáticas).

O segundo princípio se refere à adoção de uma **visão da aprendizagem como um processo ativo de evolução das ideias dos estudantes**. Segundo Porlán (1993) a aprendizagem é um processo complexo no qual quem aprende deve estar “ativado” e implicado. Para isso e para que ele compreenda o que vem de fora deve fazer sentido. Como qualquer pessoa vê o exterior a partir de seus esquemas prévios, o que vem de fora deve conectar com seus esquemas prévios e estar dentro do seu nível de desenvolvimento. A mudança das ideias, se necessária, pode ser favorecida se o sujeito sentir-se insatisfeito, em conflito com a nova informação em relação seus esquemas prévios. A estabilidade dessa mudança depende de que os novos esquemas sejam funcionais, úteis em diversos contextos e melhores para explicar e resolver problemas. Por fim, fazer sempre uma reflexão sobre esse processo, elaborando um esquema de como se pode “aprender a aprender”, favorece que aprenda melhor e mais autonomamente no futuro.

Para favorecer a evolução discutida acima, as atividades na disciplina estão centradas na explicitação, consideração e autoavaliação do aluno sobre em que medida suas ideias estão evoluindo. Porém, atendendo ao que propõe Marín (2003) referente à frequente carência de propostas de um fundamento epistemológico que relaciona o conhecimento científico, de natureza acadêmica (logicamente estruturado, aplicação ampla e mais complexo), com o conhecimento dos estudantes, de natureza cotidiana (simplista, pouco coerente e mais prático) a evolução das ideias dos estudantes, como terceiro princípio didático, é feito a partir de uma **perspectiva histórico-filosófica da mecânica**.

Dessa forma, parte-se da hipótese didática de que a evolução conceitual é favorecida quando a interpretação e a avaliação das ideias dos alunos estão baseadas em uma perspectiva epistemológica evolutiva (PORLÁN; HARRES, 1999). Em termos práticos, esta perspectiva está apoiada principalmente em Piaget e García (2011), para os quais o desenvolvimento do pensamento dos sujeitos apresenta correlação com o desenvolvimento histórico da Ciência. Na área de mecânica Zylberstajn (2000) e Peduzzi, Moreira e Zylberstajn (1992) mostraram o potencial desta perspectiva. Assim, a estrutura evolutiva para o acompanhamento das ideias dos alunos, mostrada no Quadro 1, a seguir, está baseada em uma hipótese de transição do conhecimento sobre os conceitos de força movimento, tal como proposto em Harres (2002) e, mais recentemente e em outro âmbito conceitual, também em Rodrigues et al (2014).

Quadro 1 – Níveis de evolução das concepções sobre força e movimento

Nível	Característica	Concepção
1	O repouso é o estado natural dos corpos. A força do ar (“antiperistasis”) mantém os movimentos por mais algum tempo após o lançamento. Depois, a gravidade e o atrito fazem os corpos pararem	Aristotélica
2	A força impressa, que mantém os movimentos, perde intensidade gradualmente, fazendo com que os corpos acabem parando	Medieval Inicial
3	A força impressa atua, mas o atrito faz o corpo perder velocidade e parar	Medieval Pré-inercial
4	Os corpos não necessitam de força para manterem-se em movimento. Eles param porque alguma força contrária atua. Na falta delas, não parariam nunca	Inercial

Fonte: Harres, 2002. Quadro adaptado pelo autor.

Nesse contexto, se considera que a experimentação exerce, do ponto de vista procedimental da aprendizagem, um importante papel no ensino. Apesar de que o ensino experimental tem sido apontado como um recurso muito útil para promover a aprendizagem em ciências, pesquisas revelam que muitas vezes estas atividades estão permeadas por uma visão simplista da experimentação nas quais se busca comprovar a teoria no laboratório ou partir do laboratório para chegar à teoria (SILVEIRA; OSTERMANN, 2002).

Além disso, muitas vezes, as atividades experimentais, quando realizadas, têm como objetivo apenas verificar conceitos e princípios já estudados, se tornando meramente uma coleta de dados e, portanto, não considerando a interpretação dos resultados e não envolvendo características de um processo investigativo (LIMA; RIBEIRO MARCONDES, 2005). Estes autores apontam ainda que as aulas experimentais devem promover a formação de conceitos e com desenvolvimento de habilidades e competências, superando uma visão

simplista da experimentação, na qual o principal objetivo é o de motivar os alunos, melhorando assim as aulas e adquirir conhecimentos e técnicas científicas (ZEMBAL-SAUL et al, 2002).

Nessa perspectiva, as atividades experimentais, como sugerem Borragini et al (2004), servem para fomentar dúvidas e discussões, trabalhando com as ideias dos alunos e comparando-as aos modelos estudados, levando em conta o caráter altamente procedimental do conhecimento cotidiano (MARÍN, 2003).

Assim, as atividades experimentais na disciplina de TFC buscam evidenciar as ideias dos alunos sobre tema, preparando-o e capacitando-os para discutir e negociar suas concepções com o grupo e com o professor. Com o objetivo de construção de uma visão mais ampla da física, a experimentação é usada também como um processo de investigação orientada, promovendo a formação e o desenvolvimento do pensamento crítico e autônomo, tal como propõem Gil-Pérez e Valdés (1996). Ilustrando a forma como a experimentação é usada na disciplina, o Quadro 2, a seguir, mostra o roteiro de instruções de uma das atividades.

Quadro 2 – Exemplos de atividade experimental

1ª Aula experimental: Você já viu um MRU?

Nesta experiência você vai trabalhar com um volante que rola sobre um trilho de alumínio tendo já adquirido uma velocidade inicial a partir de uma pequena rampa inclinada. Você e seu grupo deverão inclinar o trilho de tal forma que o volante siga andando com a mesma velocidade ao longo de todo o trilho. O grupo deve coletar e registrar dados que atestem esta condição. Os procedimentos adotados e os passos seguidos ao longo do desenvolvimento trabalho também devem ser registrados. Para isso apresente estas informações nas seguintes seções: procedimentos, dados coletados, análises e conclusões.

Fonte: Quadros elaborado pelos autores, 2018.

3 PROPOSTA DIDÁTICA

A disciplina TFC, estruturada em 60 horas-aula, envolve o estudo das relações entre os conceitos de força e movimento, da mecânica dos fluidos e da discussão de alguns tópicos de óptica geométrica. Este trabalho analisa as atividades desenvolvidas na primeira metade do semestre, centrados nos conceitos de força e movimento e listados no Quadro 3.

3.1 PRINCÍPIOS AVALIATIVOS

O primeiro princípio avaliativo é de natureza atitudinal. Ele refere-se a que, embora se busque a aceitação das leis de Newton como a concepção mais

avançada para interpretação das situações estudadas, ninguém é reprovado se, ao final da disciplina apresentar, por exemplo, a concepção aristotélica a respeito. Todos são informados de que a aprovação na disciplina está relacionada somente ao cumprimento das tarefas de autoavaliação, pois o objetivo é ajudá-los a perceber a amplitude e coerência de suas ideias. O professor avalia os alunos com o objetivo principal de ajudá-los a perceber a amplitude e coerências das suas ideias. Assim, a avaliação é concebida como um processo de (auto) acompanhamento da evolução das próprias ideias.

A explicitação desse princípio desde o início das aulas cria o clima desejável para a implementação do segundo princípio, de natureza procedimental. Durante as aulas, espera-se que os alunos exponham, analisem e façam um acompanhamento das suas próprias ideias sem sentirem-se pressionados a dar “a” resposta esperada pelo professor. Ou seja, cada aluno é incentivado a desenvolver a capacidade de ser responsável pela sua própria aprendizagem.

Quadro 3 - Atividades Inovadoras e o seu contraponto “tradicional”

Atividade	Abordagem Inovadora	Abordagem Tradicional
1. Ideias iniciais sobre força e movimento	Questionário inicial para explicitação das concepções individuais, de grupo e de toda a turma sobre força e movimento	Apresentação separada dos movimentos (Cinemática) e das suas causas (Dinâmica)
2. A Física Aristotélica	Leitura sobre a visão de mundo de Aristóteles como fundamentação das suas concepções sobre força e movimento, seguida discussão da sua validade histórica e da proposição de fatos que possam refutá-la (PEDUZZI, 1996)	Apresentação (quando feita) das ideias “erradas” Aristóteles sobre força e movimento, seguida da apresentação das Leis de Newton
3a. A Física Medieval	Leitura sobre a Física da Força Impressa como alternativa da época medieval às limitações da física aristotélica (NEVES, 1999)	Raramente mencionada
3b. Primeira Auto avaliação	(Q1) Questionário intermediário para comparação entre as ideias de Aristóteles e da Física da Força Impressa e as próprias ideias até aquele momento	Raramente realizada
4. Velocidade constante	Investigação das condições que permitem um corpo deslocarem-se com velocidade constante e análise do processo de medida da velocidade ²	Estudo do Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) com seus gráficos e equações

² Como recurso específico para as atividades de análise de movimentos são utilizados os volantes e trilhos desenvolvidos por Axt (1990).

Quadro 3 - Atividades Inovadoras e o seu contraponto “tradicional”

Atividade	Abordagem Inovadora	Abordagem Tradicional
5. Movimento e sistemas de referência	Apresentação e discussão de situações-problemas sobre sistemas de referência e tentativa de superação da ideia de movimento absoluto e velocidade como propriedade de um corpo	Apresentação do conceito de referencial e da velocidade com dependente do ponto de vista.
6. Velocidade Instantânea	Investigação da medida da velocidade instantânea de um corpo e discussão da noção de limite de uma taxa de variação	Apresentação separada dos movimentos (Cinemática) e das suas causas (Dinâmica)
7. Força e variação de velocidade I	Identificação de movimentos sem atrito (construção de um disco flutuador e experimento força sobre um corpo apoiado em uma superfície quase sem atrito).	Apresentação (quando feita) das ideias “erradas” Aristóteles sobre força e movimento, seguida da apresentação das Leis de Newton
8. Força e variação de velocidade II	Análise de fotografias estroboscópicas de movimentos variados medindo distância, velocidade e aceleração e relacionando estes conceitos ³	Raramente mencionada
9. A Mecânica de Newton e Galileu	Leitura sobre a visão ampla da Mecânica de Galileu e Newton e explicitação das três Leis de Newton (HECHT, 1998)	Apresentação do conceito de referencial e da velocidade com dependente do ponto de vista.
10. Avaliação da unidade sobre Força e movimento	(P 1) Auto avaliação da evolução conceitual, procedimental e atitudinal, avaliação da disciplina e resposta a um teste	Aplicação de provas, geralmente com problemas numéricos e gráficos, para atribuição de nota
11. Avaliação ao final da disciplina	(P 2) Auto avaliação da evolução conceitual e atitudinal, avaliação da disciplina e resposta a um teste	Aplicação de provas gerais, exames, provas de substituição com caráter de substituição compulsória e/ou para novo cálculo da média final da nota.

Fonte: Quadro elaborado pelos autores, 2018.

4 ANÁLISE DO ALCANCE EM CURTO PRAZO

Para o estudo do alcance dos objetivos da disciplina os dados provêm de quatro instrumentos aplicados no início, durante, no final da unidade sobre força e movimento (metade do semestre) e no final do semestre. Os instrumentos contêm questões conceituais e questões de autoavaliação.

³ Para a discussão de situações experimentais simuladas, um recurso importante tem sido as fotografias estroboscópicas presentes no Projeto de Ensino de Física – PEF (HAMBURGER e MOSCATI, 1971) e no PSSC (PHYSICAL SCIENCE STUDIE COMMITTEE, 1963) e no livro de Caniato (2003).

Na medida em que não há vinculação entre a nota atribuída na disciplina e a correção das respostas conceituais ou com qualquer outra afirmação pretensamente para agradar (ou desagradar) o professor, considera-se que estes instrumentos são fidedignos para uma análise crítica do alcance dos objetivos. O Quadro 4, a seguir, mostra a discriminação do tipo de avaliação em função do instrumento utilizado e do momento da aplicação. As respostas foram analisadas, integrando perspectivas qualitativas e quantitativas.

Quadro 4 – Relação entre instrumentos e o tipo de avaliação

Instrumento	Questionário Inicial – Q1 (Ativ. 1)	Questionário Intermediário – Q2 (Ativ. 3b)	1º Trabalho Escrito - P1 (Ativ. 10)	2º Trabalho Escrito – P2 (Ativ. 11)
Avaliação conceitual pelo professor	X		X	X
Autoavaliação conceitual dos alunos		X	X	X
Autoavaliação procedimental e atitudinal dos alunos			X	
Avaliação da disciplina pelos alunos			X	X

Fonte: Quadro elaborado pelos autores, 2018.

O perfil dos sujeitos desta parte da pesquisa, totalizando 24 estudantes, é mostrado no Quadro 5, o qual é composto por aqueles que realizaram todas as atividades consideradas para a análise na edição anual selecionada da disciplina (representados na sequência por códigos A1 a A24).

Quadro 5 - Perfil dos participantes do estudo em curto prazo

Idade (anos)		Sexo (n)		Tipo de escola de origem (n)		Curso	
Média	19	Feminino	9	Pública	10	Bacharelado	18
Desvio Padrão	3	Masculino	15	Privada	14	Licenciatura	6

Fonte: Quadro elaborado pelos autores, 2018.

4.1 APRENDIZAGEM CONCEITUAL

Nesta seção, são discutidos os resultados encontrados exclusivamente quanto à aprendizagem conceitual dos alunos, explicitados pelos estudantes no Q1 e em partes de P1 e P2. Paralelamente, também são acrescentadas informações sobre o desenvolvimento das atividades de forma a propiciar uma visão mais ampla do processo.

4.1.1 QUESTIONÁRIO INICIAL - Q1 (ATIVIDADE 1)

O Quadro 6 mostra o questionário da Atividade 1, realizada logo no início do semestre. Este quadro mostra também, após cada pergunta, uma categorização das ideias gerais apresentadas nesta atividade.

Quadro 6 – Categorização e frequência das respostas das perguntas da Atividade 1

1) O que significa dizer para ti que um corpo está em movimento?	Frequência
Tem velocidade, muda de posição (constante), $v \neq 0$, não está parado	8
Uma força atuou tirando-o do repouso	5
Mudando de posição em relação a um referencial	4
Está livre da Inércia	3
É relativo. Depende do ponto de vista	2
2) O que você pensa que é necessário fazer para colocar um corpo em movimento?	
Aplicar força (“constante”, “de aceleração”, “manter movimento”)	14
Não haver força contrária, eliminar o atrito	3
Força > resistência, atrito; Força resultante > 0; Aplicar aceleração	2 de cada
Mantém movimento por inércia velocidade; Recebeu impulso; Aplicar força pois atrito retira velocidade	1 de cada
3) O que é preciso fazer, na sua opinião, para manter um corpo em movimento?	
Atuar força (contínua, constante, propulsora que alimenta o movimento maior que a força contrária, para evitar perder velocidade por atrito, aplicada sem variar a aceleração)	19
Não haver força contrária	4
Aceleração	3
Forças não se anulam	2
Impulso contínuo; Fica em movimento por inércia se a força resultante for nula; Nada, basta não haver atrito ou forças dissipadoras ou não atuar força nenhuma; Retirar forças dissipativas	1 de cada
4) Um jogador chuta uma bola. Como tu explicas que, mesmo depois que o pé do jogador não toca mais a bola, ela ainda continue em movimento?	
Força foi transferida à bola, continua atuando	6
Energia foi transferida à bola ou gerada pelo impacto	5
Força > Resistência ou peso => tende a manter movimento	5
Força foi aplicada (grande o suficiente)	3
Fica em movimento enquanto força inicial não se gastar; Tende a continuar em movimento	2 de cada
Inércia; Força suficiente para manter movimento; Aceleração aplicada maior que resistência do ar; Força gerou impulso	1 de cada

Fonte: Quadro elaborado pelos autores, 2018.

Fazendo-se uma análise das respostas dos vinte e quatro sujeitos da pesquisa, encontrou-se que apenas três (13%) defenderam que os corpos, uma vez em movimento, tendem a ficar em movimento, apontando para a perspectiva newtoniana das relações entre força e movimento, como mostra o exemplo a seguir.

O impulso dado previamente pelo pé do jogador faz com que a bola se desloque inicialmente com uma força, conseqüentemente uma aceleração que durante o movimento faz com que a velocidade seja variável até a bola chegar ao seu destino final (A9).

Pouco mais da metade do grupo (13 sujeitos) apresentou visões mistas ou parciais entre a visão medieval avançada, “*a força continua atuando na bola, se dissipa pelo ar até a bola acertar o chão e perder a força*” (A6) e a visão medieval inicial, “*o jogador produz uma força que é exercida na bola, mas a bola não tem o peso suficiente pra parar o movimento do jogador*” (A11). Um terço, oito estudantes, apresentaram visões próximas à de Aristóteles.

Este primeiro resultado já indica que, no caso das concepções sobre força e movimento, coerente com a evolução histórica, o “salto” da física aristotélica (mais relacionada ao conhecimento cotidiano) para a física newtoniana (conhecimento científico) não é “quântico” (ZYLBERSTAJN; PEDUZZI, 1997). Conforme estes autores, entre estas visões podem ser encontradas “concepções intermediárias” as quais, em geral, estariam, como neste caso, associadas a ou mescladas com a visão física medieval, denominada de “física da força impressa”.

Na Atividade 2 foi realizada a leitura do artigo de Peduzzi (1996), o qual defende a consideração da física aristotélica no ensino. Depois da leitura, os alunos responderam, em grupo, um questionário visando enfatizar determinados pontos do texto, especialmente para a questão polêmica da *antiperistasis* proposta por Aristóteles. As ideias dos alunos foram analisadas e uma síntese delas foi apresentada à turma para contraste e debate das respostas.

Na discussão em grande grupo posterior a esta apresentação, apesar de haver alguma adesão individual, há um rechaço geral (pelo menos no discurso em público) à ideia aristotélica da *antiperistasis*. Isto é, de que o ar sai da frente de um objeto lançado e se desloca para trás dele e aí empurra o objeto, como explicação para a sustentação do movimento de um objeto lançado (uma flecha, por exemplo).

Para favorecer o debate, o professor defende esta posição, solicitando que os alunos apresentem “evidências” que refutem esta teoria, já que a consideram absurda. A dificuldade desta refutação e a posição do professor de contrapor

objeções (ainda que logicamente falsas) acarreta uma grande insegurança pelo fato dos alunos, de alguma forma, “saberem” que as ideias de Aristóteles sobre força e movimento já não são aceitas cientificamente não sendo, em geral, mencionadas em aula.

Após a leitura das implicações no ensino das ideias de Aristóteles, são analisadas, na Atividade 3, no texto de Neves (1999) as propostas elaboradas durante a Idade Média, ideias com as quais a maior parte dos alunos se identificou anteriormente. A partir daí, seguiram-se as demais atividades previstas no cronograma, as quais, por razões de espaço não são aqui discutidas, mas que influem nas avaliações seguintes.

4.1.2 1º TRABALHO ESCRITO - P1 (ATIVIDADE 10)

Após aproximadamente dois meses de aula, foi realizado o primeiro trabalho escrito individual (P1) associado à atribuição de nota na disciplina. Este trabalho tem a aparência de uma “prova” e é composto de três partes. Na primeira parte os alunos fazem um autoavaliação sobre como mudou, no caso de ter havido mudança, as suas concepções sobre força e movimento em relação aos níveis de desenvolvimento histórico tomados como referência. No início dessa parte do trabalho é informado que essa é a única parte cujas respostas serão consideradas para atribuição de nota na disciplina. Na segunda parte, os estudantes fazem uma avaliação da disciplina expressando as suas percepções sobre o grau de alcance dos objetivos.

Por último, na terceira parte e centro de análise desta seção, eles responderam a um teste conceitual que investigava as concepções implícitas sobre força e movimento a partir das suas respostas a situações concretas. Este teste se compõe de 15 questões e 23 itens a responder, já que algumas continham subitens. As questões foram extraídas e/ou adaptadas de Silveira, Moreira e Axt (1992) e Moraes e Moraes (2000), além duas criadas com bases em uma das fotografias estroboscópicas do texto de Caniato (2003). O Quadro 7 apresenta um exemplo dessas questões.

Entre os 23 itens, a média de respostas coerentes com a visão newtoniana foi de 7,1 (31%), com desvio padrão de 4,1 (18%), revelando um o baixo grau de compreensão geral dessa visão. A caracterização das respostas em relação aos níveis de evolução conceitual é apresentada adiante, com a evolução geral.

Quadro 7 – Exemplo de questão da 3ª parte da avaliação: teste diagnóstico conceitual

Uma moeda é arremessada para cima, no ar. Após ter sido lançada, ela atinge o ponto mais alto e desce. Use uma das opções entre as letras A e G para indicar a força que atua na moeda em cada um dos casos descritos abaixo. Se você tiver uma opinião diferente das apresentadas descreva-a na opção H.	
13) A moeda está subindo após ter sido lançada R: _____	A - A força é para baixo e constante B - A força é para baixo e está aumentando
14) A moeda está em seu ponto mais alto R: _____	C - A força é para baixo e está diminuindo D - Força pé nula E - A força é para cima e constante
15) A moeda está caindo. R: _____	F - A força é para cima e está aumentando G - A força é para cima e está diminuindo H - (outra):

Fonte: Moraes e Moraes, 2000. Quadro elaborado pelo autor.

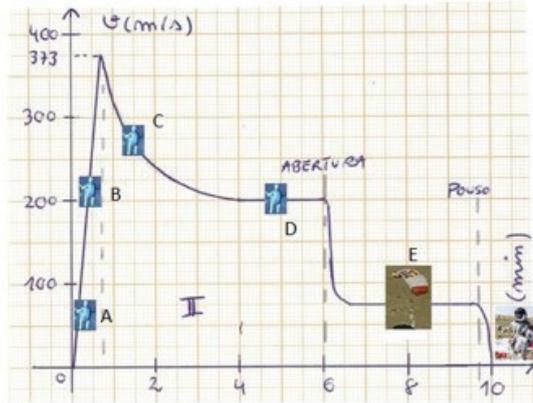
4.1.3 2º TRABALHO ESCRITO – P2 (ATIVIDADE 11)

No final do semestre foi aplicado o segundo trabalho escrito individual (P2) associado à atribuição de nota na disciplina. Com um formato semelhante ao primeiro trabalho escrito, mas, para variar a forma de perguntar, este trabalho é composto pela análise de uma única situação problema sobre as relações entre o movimento e as forças atuantes no caso do salto recorde do paraquedista Felix Baumgartner, em 2012, descrito em Silveira (2015).

A primeira questão pedia, a partir das informações e do gráfico da Figura 1 que fossem descritas as forças que atuaram no paraquedista durante a queda em cada uma das posições A, B, C, D e E assinaladas no gráfico. Depois, deveria ser indicado, para cada um desses trechos, se a força resultante que atuou no paraquedista foi nula, positiva (apontando para baixo) ou negativa (apontando para cima). E, ainda, nos trechos em que o estudante acreditasse que a força resultante não tenha sido nula, ele deveria informar se o seu valor estaria crescendo, diminuindo ou se mantendo constante.

Figura 1 – Questão conceitual única da P2 construída

As fotografias abaixo mostra o instante em que o pára-quedista Felix Baumgartner, salta de uma altura record de quase 40km. O gráfico abaixo mostra a variação da velocidade durante o salto do. Pelo gráfico pode-se observar que, aproximadamente 50 s depois, ele atinge a velocidade máxima da queda 380 m/s ou 1342 km/h (mais que a velocidade do som naquela altitude). Depois disso, a velocidade foi diminuindo até ficar constante (60 m/s) entre os instantes 200s e 250s (ou entre 3 e 4-min). Logo em seguida ele abriu o seu pára-quedas, e a velocidade caiu abruptamente para, a partir do instante t=270s, novamente ficar constante (5 m/s) até pousar.



Fonte: Silveira, 2015.

Analisando todas as respostas envolvidas na questão, a porcentagem média de respostas coerentes com a visão newtoniana foi, aproximadamente, de 30% e com grandes desvios médios em torno dessa porcentagem⁴. A análise das respostas individuais e sua categorização de acordo com os níveis de evolução conceitual dessa avaliação é apresentada a seguir.

4.1.4 ANÁLISE DA EVOLUÇÃO CONCEITUAL GERAL

A porcentagem de respostas newtonianas nos dois testes descritos acima, isoladamente, não ajuda a caracterizar a evolução do nível de pensamento dos sujeitos em relação à hipótese de transição desejada e explicitada no Quadro 1. O Quadro 8, mostrado a seguir, apresenta a distribuição das respostas em função dos níveis estruturados de evolução conceitual nas três avaliações realizadas.

Quadro 8 – Evolução das concepções sobre força e movimento

Nível	Concepção	Q1	P1	P2
4	Newtoniano	3	6	3
3	Medieval Pré-inercial	8	8	14
2	Medieval Inicial	5	9	7
1	Aristotélico	8	1	0

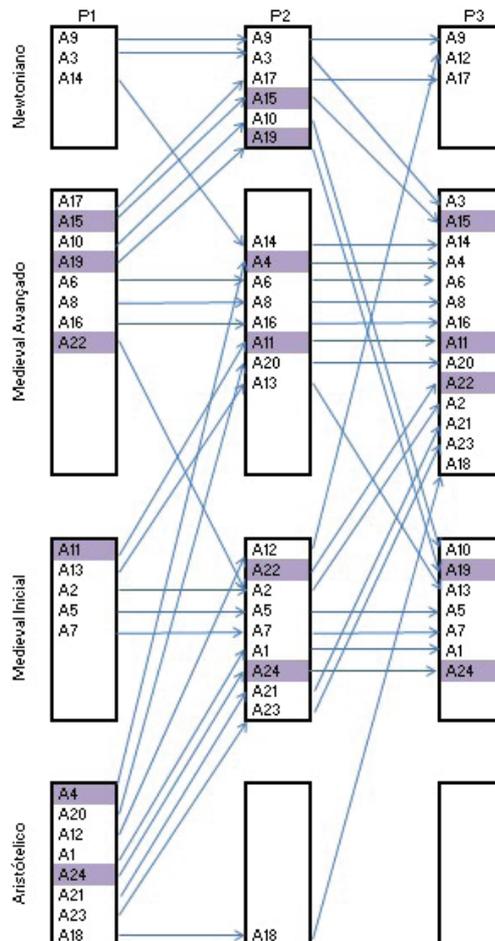
Fonte: Quadro elaborado pelos autores, 2018.

⁴Não foi possível calcular a média absoluta e o desvio padrão da média porque o número de respostas na terceira pergunta variava em função das respostas à primeira e à segunda questão.

Por esse quadro, se verifica que apenas as respostas de três alunos (13%) puderam ser caracterizadas, ao final, como essencialmente newtonianas. Porém, coerente com uma perspectiva de avaliação processual verifica-se que, ao longo da disciplina, ocorre um incremento no número de alunos identificados com níveis mais avançados.

Para mostrar a trajetória evolutiva de cada aluno foi construída a Figura 2. Por ela, percebe-se que esta evolução é bem mais complexa. Por exemplo, o número de alunos que avançam desde os níveis iniciais para níveis mais altos é significativo já que o número de transições “negativas” (7), isto é, de um nível evolutivo mais alto para um mais baixo, é bem inferior ao número de transições “positivas” (17). Também ocorrem situações em que os alunos não mudam de nível durante toda a disciplina. Esse é o caso dos estudantes A6, A8 e A16 (sempre no nível mais alto) e dos estudantes A5 e A7 (sempre no medieval inicial). Há ainda casos de evolução sempre progressiva e completa, como o estudante A12 que iniciou no nível aristotélico e, ao final, estava no nível newtoniano. Também há casos de regressões significativas, como são os casos dos estudantes A10 e A19 que alcançaram o nível newtoniano no meio da disciplina, mas que, ao final, regrediram para um nível mais baixo que o inicial, isto é, o nível medieval inicial (HARRES, 2017).

Figura 2 Trajetória evolutiva conceitual de cada sujeito



Fonte: Harres, 2017

Na Figura 2 os estudantes do curso de licenciatura estão com o seu código pintado em cinza. A menos de que nenhum deles foi categorizado com pensamento newtoniano no início e no fim das atividades, não se percebe diferenças significativas nas suas trajetórias evolutivas dos estudantes do curso de bacharelado. Devido a que estas a categorizações são resultado da interpretação do professor, as transições representadas devem ser vistas de forma relativa. Além disso, a pequena coerência interna e variação em função do contexto de aplicação, natural para níveis de reflexão ainda incipientes, também podem produzir transições aleatórias.

Mesmo assim, o gráfico evolutivo mostra que a comumente correção de trabalho apontando que o estudante “sabe” ou “não sabe”, tão comum na avaliação classificatória praticada em sala de aula, reflete pouco a realidade da evolução conceitual individual. Nesse contexto, o pequeno avanço conceitual pode ser considerado como previsível. As questões conceituais propostas são exigentes e há várias pesquisas relatando as mesmas dificuldades até em níveis acadêmicos mais altos.

Marín (2003, p. 70) afirma que

no âmbito acadêmico, o aluno adquire em períodos de tempo relativamente curtos grande quantidade de conteúdos, normalmente em sua versão declarativa, pelo que constrói um conhecimento pobre em procedimentos e com pouca flexibilidade para ser transferido.

Mas, ao mesmo tempo, continua o autor acima,

existe um bom número de conteúdos cognitivos do aluno que não admitem vínculos lógicos ou correspondências com nenhum conteúdo acadêmico de ciências e, ao contrário, o repertório de esquemas cognitivos do aluno só dá significado mais ou menos adequado a uns poucos conteúdos acadêmicos. O restante, eles os desconhecem (MARÍN, 2003, p. 71).

Enfim, esses resultados e suas análises talvez indiquem que o nível de abstração da mecânica, especialmente em seu aspecto formal e matemático e integrado à compreensão conceitual profunda, esteja ao alcance de apenas um grupo pequeno de estudantes na entrada na universidade, como constataram Kim e Sung-jae (2002). E o problema continua depois, já que, conforme Shayer e Adey (1984), o ambiente acadêmico, mais preocupado em ensinar e avaliar a versão declarativa dos conteúdos não potencializa o desenvolvimento procedimental, de maneira que são poucos os estudantes que alcançam o nível formal. Em outras palavras, em termos da teoria de Ausubel (MOREIRA, 1998), já que a aprendizagem significativa não está disponível, não resta à maioria dos estudantes outra opção se não a reforçar a aprendizagem mecânica, a qual, em muitos casos acaba assegurando a aprovação nas disciplinas sem sanar as lacunas.

4.1.5 AUTO AVALIAÇÃO DOS ALUNOS

4.1.5.1 AUTOAVALIAÇÃO CONCEITUAL

A auto avaliação conceitual dos alunos ocorreu em três momentos. No primeiro momento, Q1 (Atividade 3b), os estudantes deveriam caracterizar suas ideias comparando-as com as de Aristóteles e aquelas produzidas no período medieval. A seguir são apresentados exemplos dessas autoavaliações.

Penso que, desde início das aulas e ainda hoje, meus pensamentos se aproximam mais do Impetus de Buridan do que da Antiperistasis de Platão utilizada por Aristóteles para explicar um corpo que continua em movimento após perder contato com a fonte original. Apesar de desconhecer este termo e inclusive esta física, a ideia de Impetus de Buridan parece dar “nome aos bois”, mesmo que não completamente (A2).

Hoje, noto uma diferença da que tinha inicialmente no grupo. Por ter sido apresentado várias maneiras de pensamento, meu jeito de pensar está em mudança. Concordo com o texto, se aproxima da minha ideia inicial, apesar estar mudando meu pensamento (A14).

Minhas ideias, comparadas ao do início das aulas, foram mais aperfeiçoadas do que mudadas, entendi mais sobre a física aristotélica. Vi que as ideias de Aristóteles eram muito equivocadas sobre força e movimento em um corpo e que pode sim haver movimento em um corpo sem haver uma força aplicada nele (A21).

Na sequência, ocorreu o segundo momento de autoavaliação conceitual (P1 - Atividade 10). O Quadro 9 mostra as duas primeiras perguntas desta parte da P1 que pede a categorização das ideias iniciais e atuais do estudante, justificando em caso de mudança.

Quadro 9 – Extrato da parte de autoavaliação do 1º Trabalho Escrito (P1)

1ª PARTE - AUTO-AVALIAÇÃO (única que “vale” nota, conforme a qualidade da reflexão escrita)

- 1) Entre os grandes modelos sobre força e movimento estudados (Aristotélico, Medieval, Newtoniano), de modo geral, qual deles mais se aproxima da forma como você percebia no início da disciplina) as relações entre força e movimento no início do semestre? Justifique sua resposta, apontando as semelhanças com o escolhido e as diferenças com os demais. Se nenhum destes modelos se parece com algum deles, chame-o de misto e tente caracterizar aquilo que contém (e o que não contém) de cada um.
- 2) a) Como você caracterizaria hoje o teu pensamento? Tente fazer isso considerando os mesmos e aspectos modelos considerados no item anterior. Justifique a sua resposta.
b) Em caso de que tenha havido mudança, tente explicar como e porque isto ocorreu.

Fonte: Quadro elaborado pelos autores, 2018.

Na Questão 1, quase a metade dos sujeitos (11) acreditava que no início do semestre suas ideias coincidiam as de Newton. Onze estudantes se dividiram entre os demais três níveis estabelecidos. Um não respondeu e outro não foi possível associar a qualquer um dos níveis. A seguir, como exemplo, a resposta do estudante A4.

Quando iniciei o curso minhas ideias sobre força e movimento eram muito semelhantes com o modelo medieval, pois sabia e entendia que o ar não promovia o movimento, contrariando a ideia de Aristóteles, porém não conseguia compreender perfeitamente o modelo de Newton. Não conseguia entender que a mesma força que fazemos em um corpo é a mesma que esse corpo aplica em nós, porque ao empurrar um objeto não notamos ele fazer o mesmo.

Na letra (a) da Questão 2, as autoavaliações associadas ao pensamento newtoniano no momento da realização de P1 foi maior, chegando a 15 sujeitos. Nenhum se reconheceu como tendo um pensamento aristotélico, três se declararam indefinidos e cinco como medievais. A seguir é apresentado um exemplo de estudante que afirma ter mantido sua visão:

Em comparação do início do semestre meu entendimento não mudou, mas agora está mais claro, principalmente com os estudos de Aristóteles. Ficou mais clara a diferença entre a física aristotélica e a newtoniana. Ambas possuem uma explicação sobre força e movimento diferentes (A11).

Já na letra (b) da Questão 2, vários relataram não ter havido grandes mudanças, especialmente aqueles que se auto caracterizavam como newtonianos. Porém, estes afirmaram que seu pensamento, agora, estava mais completo percebendo aspectos que não haviam entendido anteriormente ou por conhecer agora outras teorias propostas anteriores as de Newton. Outros relacionaram claramente a evolução das suas concepções às atividades na disciplina, como mostra o estudante A19: “ocorreu mudança sim porque antes me considerava aristotélico, mas com as aulas do professor, questões debatidas em sala de aula e exemplos, me fizeram pensar um pouco mais”

Apesar de que as autoavaliações acima refletem já certa capacidade de relacionar as próprias ideias às etapas históricas estudadas, os resultados da 3ª parte do trabalho (teste conceitual sem atribuição de nota), mostrados na quarta coluna (P1) do Quadro 8 parecem indicar que a frequência de autoavaliações newtonianas fora superestimada.

Assim, para avançar no processo de qualificação da autoavaliação, o professor conduziu uma discussão sobre como cada alternativa de cada uma das questões estava associada aos modelos históricos estudados naquele teste

(parte conceitual da P1). Assim, cada aluno fez uma contagem de quantas das suas respostas correspondiam a cada um desses três modelos. Após essa contagem, cada um deveria realizar uma revisão, se achava necessário, da autoavaliação das suas ideias. A seguir é apresentado um exemplo dessa nova reflexão.

Apesar de ter dado mais respostas newtonianas na prova, eu tenho um pensamento aristotélico e medieval, pois mesmo tendo a ideia de Newton impressa na cabeça eu não consigo igualar as minhas ideias com as dele, então meu pensamento é aristotélico/medieval (A22).

Ao final do semestre, quando da P2, foi solicitado que cada um expressasse, agora em uma escala tipo Likert⁵, o grau de compreensão de diferentes aspectos da visão newtoniana de força e movimento. O Quadro 10 mostra os resultados dessa autoavaliação. Na opinião geral dos estudantes, houve crescimento (estatisticamente significativo) em todos os itens, passando de um escore médio inicial de 2,5 (entre pouca e mediana compreensão) para 4,1 (grande compreensão).

Para efeitos de atribuição de notas na disciplina, tanto na P1 quanto na P2 foi adotado o critério de atribuir nota dez para quem apresentasse uma reflexão consistente e a autoavaliação completa e nota nova para reflexão e/ou autoavaliação incompletas. Quando havia várias coisas a completar/reformular não foi atribuída nota inicialmente. Para estes e também para quem recebeu nota nove foi dada oportunidade para reformular ou completar o que faltava. Também alguns estudantes alunos com nota dez receberam recomendação de rever certos aspectos. Ao final, em ambos os trabalhos, quase toda a turma obteve nota de. Ninguém foi reprovado.

Quadro 10 – Autoavaliação da compreensão conceitual na P2

Ideias	Inicial	Final
a) Concepção relativa de movimento	2.8	4.7
b) Concepção dinâmica do mundo	3.4	4.5
c) Concepção de força como interação	2.4	4.1
d) Diferenciação precisa entre os conceitos	2.7	4.3
e) Aceitação “profunda” do Princípio da Inércia	2.7	4.1
f) A variação de velocidade é proporcional à força resultante aplicada	2.3	3.7
g) O movimento retilíneo é natural	3.3	4.2

⁵ Muito grande: 5; Grande: 4; Médio: 3; Pouco: 2; Nulo: 1

Quadro 10 – Autoavaliação da compreensão conceitual na P2

Ideias	Inicial	Final
h) Diferenciação precisa dos conceitos	3.0	4.1
i) Entendimento do conceito de pressão	2.8	3.9
j) Entendimento da força de empuxo	2.1	4.0
k) Percepção da “realidade”	2.5	4.0

Fonte: Quadro elaborado pelos autores, 2018.

4.1.5.2 AUTOAVALIAÇÃO PROCEDIMENTAL E ATITUDINAL

A autoavaliação procedimental e atitudinal foi feita apenas na P1e a partir da aplicação de um instrumentos de avaliação que pedia que cada aluno se auto avaliasse em relação ao grau de alcance dos objetivos da disciplina usando uma escala tipo Likert. O Quadro 11 mostra a média e o desvio-padrão do alcance de cada objetivo na opinião dos estudantes.

Quadro 11 – Avaliação do grau de alcance dos objetivos da disciplina

Objetivo	Média (n = 24)	Desvio- padrão
a) Ampliação, melhoria ou mudança da visão geral sobre física	4,0	0,8
b) Consciência das próprias ideias	3,8	0,8
c) Interesse pela história da física	4,2	0,6
d) Interesse por fenômenos físicos do cotidiano	4,2	0,9
e) Motivação para seguir no curso	4,4	0,9
f) Preparação para outras disciplinas	4,0	0,7

Fonte: Quadro elaborado pelos autores, 2018.

Finalizando essa seção, os dados da autoavaliação conceitual, procedimental e atitudinal revelam a presença da capacidade de se auto avaliar. Como esta capacidade não foi investigada no início das aulas, o seu avanço não pode ser afirmado. Porém, alguns fatores justificam a ilação de que ela teria crescido durante o semestre.

Em primeiro lugar, quando nos primeiros dias de aula se pergunta sobre como foram suas aulas no Ensino Médio, há um relato quase unânime dos estudantes e um ensino de física transmissor das verdades, com ênfase muito mais formal (matemática) do que conceitual e, em geral desvinculado do cotidiano. Ou seja, praticamente, não havia registro de alguma vivência nas quais as próprias ideias tivessem relevo ou, pelo menos, que a avaliação da aprendizagem deixasse de ser tarefa exclusiva do professor. Em segundo lugar, a grande valorização desses aspectos na disciplina é um bom indicador da sua ausência anterior. Tudo isso leva a supor que a capacidade de autoavaliação

era nula ou muito incipiente antes das aulas, reforçando a impressão de um significativo avanço nessa capacidade.

Nesse sentido, a estrutura teórico-filosófica parece ter sido útil. Ao mesmo tempo, a integração à dimensão conceitual, das dimensões procedimentais, tanto do ponto de vista da operação motora, via atividades experimentais, quanto do ponto de vista da análise e debate da aplicabilidade de argumentos, e das dimensões atitudinais, como sentir-se instigado e livre para pensar, também parecem ter tido efeito importante sobre esse alcance.

De fato, Marín e Soto (2012), em uma revisão recente e ampla das questões sobre aprendizagem na área da didática das ciências, apontam estes aspectos como fatores decisivos para que estratégias de melhoria do ensino não alcancem o mesmo sucesso. Em outro trabalho, o primeiro autor destaca:

(...) os significados que usualmente o aluno atribui a conceitos próprios do cenário cotidiano, por serem construídos a partir de uma diversidade de interações (físicas, simbólicas e motoras) em períodos de tempo longos, possuem uma carga procedimental importante no qual o cognitivo e o afetivo estão mesclados (MARÍN, 2003, p. 69).

4.1.6 AVALIAÇÃO DAS AULAS PELOS ALUNOS

4.1.6.1 AVALIAÇÃO PELOS ALUNOS NA P1 – PRIMEIRO TRABALHO ESCRITO

Na P1, três questões serviram para avaliação do professor pelos alunos. A primeira perguntava o que cada aluno mais gostou e o que menos gostou até aquele momento. Das respostas, destacamos inicialmente alguns comentários sobre o que mais os alunos gostaram: “conteúdos são passados para os alunos, a partir de discussões experiências e questionamentos”; “diversos experimentos, questionamentos do professor”; “a disciplina é muito livre para debater dando liberdade para qualquer um trazer ideias”; “desvalorização da nota em favor do envolvimento pessoal”; “interdisciplinaridade com a história”. Isoladamente, os três fatores mais citados foram: “estímulo do pensamento” (8 vezes); “didática da aula” (9 vezes); experimentos (10 vezes).

Alguns comentários sobre o que menos gostaram: “não entender ainda algumas coisas, como aquela história da bomba; a pulga atrás da orelha”; “às vezes não receber as respostas e talvez julgar certo um pensamento errôneo; meu entendimento, o que acabou atrapalhando os trabalhos práticos”; “poucos experimentos no laboratório”. Os três fatores mais citados foram: “textos longos” (3 vezes); “não receber respostas” (4 vezes) e “nada” (14 vezes).

A segunda questão apresentava alguns princípios didáticos adotados na disciplina e pedia que o aluno se posicionasse sobre o grau de alcance de cada um também em uma escala tipo Likert. Havia também um espaço para justificar essa opinião e apresentar exemplos, críticas e sugestões, mas isto quase não foi feito.

O Quadro 12 mostra o escore médio e o seu desvio-padrão da avaliação de cada um destes princípios. Todos os itens tiveram avaliação entre 4,4 (caderno de debates) e 4,9 (partir das ideias dos alunos, liberdade de expressão, respeitar pontos de vista). O escore mínimo atribuído a todos foi 4 (grande alcance), à exceção dos itens (a), (f) e (i) que obtiveram, cada um, uma avaliação com valor 3 (alcance médio).

Por fim, a terceira questão oferecia um espaço para outras manifestações, críticas, sugestões, etc. das quais destacamos algumas: “menos textos”; “alguns vídeos são cansativos”; “explicações mais minuciosas”; “prova menos extensa; sugestão de saídas de campo; ótima aula”; “professor explica com entusiasmo”; “necessidade de saber a resposta correta”; “discutir o conteúdo da pasta de pesquisa”.

Quadro 12 - Avaliação do grau de alcance e dos princípios e recursos didáticos na P1

Princípios Didáticos	Média	Desvio-padrão
a) Partir das ideias dos alunos	4,6	0,6
b) Liberdade de expressão	4,9	0,3
c) Respeitar pontos de vista	4,9	0,3
d) Avaliação como autoconhecimento	4,9	0,3
e) Privilegiar discussão conceitual	4,7	0,5
f) Caderno de debates ⁶	4,4	0,6
g) Pasta das pesquisas ⁷	4,5	0,5
h) Reformulação dos trabalhos	4,8	0,4
i) Forma diferente de avaliar (nota)	4,6	0,6

Fonte: Quadro elaborado pelos autores, 2018.

4.1.6.2 AVALIAÇÃO PELOS ALUNOS NA P2 – SEGUNDO TRABALHO ESCRITO

Entre outras questões mais gerais da disciplina, na P2, foi formulada uma questão que apresentava todos os objetivos e solicitava a avaliação do estudante sobre cada um segundo uma escala tipo Likert categórica⁸, como mostra o Quadro 13.

⁶ Caderno que circula pela aula no qual são registradas qualquer opinião, crítica, dúvida, sugestão, etc.

⁷ Pasta que circula pela aula e na qual são incluídas por qualquer um notícias interessantes, relacionadas com as discussões e temas em estudo.

⁸ Muito Bom: 5; Bom: 4; Médio ou Indiferente: 3; Ruim: 2; Muito Ruim: 1

Quadro 13 - Avaliação dos princípios e recursos didáticos na P2

Utilização de atitudes e recursos “didáticos” pelo professor	Avaliação
Partir sempre (ou quase) das ideias dos alunos	4,6 (0,6)
Estimular a participação e a liberdade de expressão	4,9 (0,3)
Respeitar pontos de vista diferentes	4,9 (0,3)
Usar a avaliação como processo de autoconhecimento	4,9 (0,3)
Privilegiar a discussão conceitual em lugar da formal (usando fórmulas matemáticas)	4,7 (0,5)
Uso do caderno de debates	4,4 (0,6)
Uso da pasta das pesquisas	4,5 (0,5)
Permitir (quase sempre) a reformulação dos trabalhos sem prejuízo da nota	4,8 (0,4)
Não associar a atribuição de nota ao nível de compreensão dos conteúdos	4,6 (0,6)

Fonte: Quadro elaborado pelos autores, 2018.

Verificou-se que as estratégias e os recursos didáticos avaliados como “Muito Bom” foram, tal como na P1, a liberdade de expressão, o respeito aos pontos de vista e a avaliação como forma de autoconhecimento. No extremo oposto, a pasta das pesquisas e o caderno de debates tiveram, como avaliação, apenas “Bom”.

Outra questão da P2 solicitava uma comparação do interesse em aprender e estudar física e da visão sobre essa área de conhecimento antes e depois de cursar a disciplina. Caso houvesse havido mudança, o estudante deveria explicar o porquê dessa mudança.

Como resultado, parece ter havido um reconhecimento geral do valor da disciplina, já que houve mudanças positivas principalmente na visão sobre a física e no desejo de aprender e estudar, embora em graus e em âmbitos diferentes, como mostram as respostas destacadas a seguir.

Com certeza depois desta disciplina meu interesse pelo estudo e entendimento da física mudou, pois descobri, nesta disciplina, que meu pensamento é pouco newtoniano, e como o Newton é considerado correto, quero investigar isso. Quero investigar o porquê de eu pensar aristotelicamente na maioria dos conceitos. Quero saber por que estou errada e se estou realmente errada (A1).

Houve significativa mudança. Ao rever conceitos, tive ainda mais vontade de descobrir e aprofundar raízes em áreas que havia esquecido o quão divertido era estudar. Por exemplo: empuxo e cinemática (MRU) (A8).

A cadeira abre muito a mente sobre a percepção da física a nossa volta, fazendo assim com que a vontade de compreender a física que nos "rodeia" também nos deixe mais curiosos para continuar o curso (A10).

Meu interesse em estudar física aumentou, pois física não é só fórmulas, muitas vezes compreender um fenômeno físico é mais difícil que com-

preender uma fórmula. A maioria dos filósofos que estudei na disciplina eu só conhecia pela filosofia, foi muito interessante compreender as contribuições para a física, mesmo não usando a matemática, apenas as ideias para compreender os fenômenos físicos (A13).

Em questão de aprendizagem, percebi que a disciplina trouxe novas visões, oportunidades de pensar e o conhecimento da auto avaliação. No início eu pensava como Newton, pois era a única coisa que conhecia, porém vi que pensava como Aristóteles e nem sabia. Pude ver a diferença entre os meus pensamentos e a realidade (A18)

Eu não sabia como seriam as aulas, mas no decorrer do curso eu adorei, pois foi a partir dos nossos pensamentos que o professor seguiu a disciplina e por isso eu tive uma sensação boa (A22).

Finalmente, havia ainda um espaço para outras manifestações, sugestões, críticas, etc. das quais algumas são mostradas a seguir. Dez estudantes não escreveram nada.

No início da cadeira, fazer mais questionários para classificar o modelo de pensamento, em relação à cinemática (A3);

Um professor apaixonado pelo que faz, cativa os alunos. Se cria interesse pelo que se está aprendendo se o professor o faz de coração (A8).

Minha sugestão é diminuir os trabalhos e aumentar as provas, pois pra mim foi na discussão da P1 que o processo auto avaliativo funcionou (A20).

A única coisa que esperava mais, mas talvez o professor até prefira assim, era compreender mais as fórmulas envolvidas. Isso me deixou um pouco, digamos insatisfeito (A12);

Acho que poderia mostrar esse teste de autoavaliação mais no meio do curso, para assim os alunos terem mais tempo de se conhecerem (A18).

Não dá para nos deixar sem respostas, às vezes ficamos enlouquecidos com isso. No mais a disciplina é ótima (A24).

Fazendo uma avaliação geral das repercussões a curto prazo que o processo implementado na disciplina de Tópicos de Física Clássica promove, pode-se afirmar, de modo geral, que a disciplina parece cumprir seu papel principal que é o de ser uma forma atraente e consistente de entrada no curso de física. Há um registro razoavelmente confiável de ampliação ou confirmação do interesse em continuar no curso e de ampliação da visão geral da física, pelo menos na área de mecânica.

A vivência como estudante nesta estrutura n o mínimo diferente também provoca reflexões positivas. Constata-se uma consideração própria de estudante como um sujeito epistêmico, distanciando-se dos papéis passivos, individua-

listas e dissimuladores do nível do conhecimento, tradicionalmente assumido em ambientes escolares e acadêmicos. O fato de os alunos terem presença de quase 100% nas aulas, mesmo sabendo que, na prática, ninguém é reprovado, parece confirmar essa postura de estudante. Outra evidência disso são as sugestões e críticas oferecidas ao professor e à organização da disciplina, todas muito valiosas e, muitas delas implementadas.

Mas o abandono desse papel anterior não é fácil e nem imediato. Chama a atenção a recorrente manifestação de necessidade de receber respostas do professor sobre as situações estudadas. Para os estudantes é difícil aceitar a ideia de que a fonte do conhecimento deixe de ser o professor (ou o livro didático que ele usa) e reconhecer que é ele quem atribui significado ao que estuda e que a consciência disso é muito importante. Como alento nessa caminhada, muitas vezes o clamor por respostas esse pedido vem acompanhado de uma compreensão de que isso é feito de propósito como, por exemplo, afirmou o estudante A12 pouco acima.

Finalmente, o cenário dessa avaliação ampla em curto prazo indica, como já apontavam os referenciais utilizados ao longo desse trabalho, é que parece haver uma interdependência entre os diversos âmbitos de avaliação e autoavaliação, dificultando até uma análise mais específica de outro aspecto. O que reforça a perspectiva da sala de aula como um ambiente sistêmico, tal como propõe Garcia (1995).

Porém, como toda aprendizagem só o é se for permanente e dado que os papéis assumidos em ambientes acadêmicos tanto por professores quanto por estudantes têm um forte caráter adaptativo, é necessário averiguar também se toda essa mobilização se mantém, e se influi na trajetória desses sujeitos em longo prazo. Estas são as questões que mobilizaram a realização de entrevistas de estudantes distanciadas da vivência até aqui relatada e cujos resultados são apresentados na seção seguinte.

5 ANÁLISE DO ALCANCE EM LONGO PRAZO

Para analisar as percepções dos alunos que já cursaram a disciplina em semestres anteriores sobre a forma como ela está estruturada e identificar as possíveis repercussões sobre as repercussões da disciplina de Tópicos de Física Clássica (TFC) na continuidade da formação, na própria visão de aluno e sobre a escolha da linha de formação (licenciatura, bacharelado em física médica e bacharelado em geofísica), entre outros aspectos, foram entrevistados sete alunos, cujo perfil é mostrado do Quadro 14.

Quadro 14 - Perfil dos participantes do estudo em logo prazo

Grupo	Idade (Anos)		Sexo (n°)		Escola de Origem (N°)		Curso	
B	Média	22	Feminino	0	Pública	3	Bacharelado	5
	Desvio Padrão	2	Masculino	7	Privada	4	Licenciatura	2

Fonte: os autores

As entrevistas semiestruturadas, cujo roteiro está mostrado no Quadro 15, ocorreram quando estes estudantes haviam cursado a disciplina entre três e cinco anos atrás. Cada uma durou em média vinte minutos. Uma vez transcritas, as entrevistas foram submetidas à Análise Textual Discursiva, proposta por Moraes e Galiazzi (2004). Inicialmente foram identificadas as unidades de significado de cada sujeito relevantes para os objetivos da pesquisa. As unidades destacadas de cada sujeito, perfazendo quase 200 no total das entrevistas, foram agrupadas em categorias *a priori* de acordo com as perguntas das entrevistas.

Quadro 15 – Roteiro da entrevista com dos participantes do Grupo B

- Qual o motivo pelo qual tu escolheste fazer a faculdade de Física?
- Descreva como foi o ensino de Física que tiveste no Ensino Médio?
- Como eram para ti as aulas de TFC?
- As atividades na disciplina TFC, fizeram teu pensamento sobre força e movimento se modificar?
- E estas aulas te ajudaram (incentivaram) para continuar no curso?

Fonte: Quadro elaborado pelos autores, 2018.

A reunião das unidades de significado de todos os sujeitos de uma mesma categoria originou sínteses elaboradas na forma de um meta-texto para cada uma, mostradas na coluna “Especificação” do Quadro 16, a seguir, o qual contém o título de cada categoria e as palavras-chave que caracterizam cada uma.

Os resultado das análises das entrevistas, confirmam que as vivências advindas das estratégias adotadas em TFC acima têm uma influência positiva nos alunos a longo prazo. Todos os sete estudantes entrevistados afirmam que a disciplina teve influência positiva na permanência no curso. Também é relatada influência positiva no seguimento das demais disciplinas, especialmente pela consciência das próprias ideias e pelo desenvolvimento de atitudes benéficas do ponto de vista de um estudante para esse seguimento, como, por exemplo, o desenvolvimento da atitude de pesquisa de novas informações e a participação nos debates com os colegas sobre os tópicos estudados.

Parece que a disciplina, mesmo depois de bastante tempo, também têm influência, sem desprezar outros fatores, na avaliação das próprias vivências na escola, na qual é muito enfatizado a qualidade, em geral baixa, do ensino re-

cebido. E isso é importante, pois neste caso, poderia haver uma repercussão nos futuros professores de Física nas suas concepções de ensino e aprendizagem, aproximando-as àquelas que se desejaria nas escolas, em especial promovendo uma maior consideração das ideias dos alunos e de todas as implicações que isso traz como, por exemplo, no processo de avaliação e atribuição de notas.

De fato, alguns autores, como Morrison e Lederman (2003), por exemplo, defendem que o conhecimento das ideias dos alunos é uma “bagagem” essencial para ação docente na área de ciências. E isso é mais relevante ainda pela constatação frequente que as vivências enquanto estudantes influem fortemente na configuração da prática em sala de aula dos professores (HARRES et al, 2012).

Quadro 16 – Categorias emergentes das análises das entrevistas

Título	Palavras-chave	Especificação
Motivo pela escolha do curso de Física	vontade de ser cientista	Os interesses e motivos para escolha do curso de Física são variados. Eles vão desde interesse pela física no Ensino Médio, influência das boas explicações do professor ou da área de atuação dos pais e ainda a atração em tornar-se um cientista.
	professores motivados	
	influência dos pais	
Métodos de ensino no Ensino Médio	ensino baseado em fórmulas	O ensino recebido é avaliado como forte ou muito fraco. Professores não apropriados para ensinar Física é muito citado. A maioria das aulas se restringia à exposição de conteúdo pelas fórmulas dos fenômenos, sem a parte conceitual e experimentos. Alguns professores foram mais valorizados pela maneira de explicar e pela motivação.
	métodos expositivos	
	ausência de experimentos	
Influências para continuar no curso	influência positiva	A disciplina foi muito influente, pois mostrava coisas que no Ensino Médio não eram muito presentes, como: discussões sobre os temas propostos, questionamento dos temas, pesquisas sobre assuntos diversos e a descobertas de todo o curso. Mudanças na forma de pensar, o desenvolvimento da capacidade e da atitude de pesquisar e até mudanças do bacharelado para a licenciatura são mencionadas relacionadas.
	diferente do Ensino Médio	
	atividades inovadoras	

Quadro 16 – Categorias emergentes das análises das entrevistas

Título	Palavras-chave	Especificação
Percepções sobre as aulas de TFC	experimentos	É muito valorizado que houve muitos experimentos, muitas discussões nas quais eram valorizadas as opiniões diferentes e a compreensão de que o certo e o errado são relativos. É assinalado que o método de conduzir aula foi totalmente diferente do visto no Ensino Médio. A disciplina estimulou muito o pensamento dos alunos com os conteúdos, pesquisas e discussões.
	discussões	
	atitude de pesquisar	
Evolução das ideias sobre força e movimento	evolução positiva	Houve mudanças na forma de pensar. A evolução das próprias ideias ocorreu principalmente pelas discussões, questionamentos, pesquisas e investigações. Todo o ambiente da aula influenciou nessa mudança. O pensamento e os argumentos dos colegas foram muito importantes nesse processo. A forma diferenciada de apresentar os conteúdos, os experimentos e as discussões influenciaram muito também.
	consciência das ideias prévias	
	influência das discussões.	

Fonte: Quadro elaborado pelos autores, 2018.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho avalia a validade de uma proposta alternativa visando à evolução das ideias dos alunos sobre força e movimento. Os resultados encontrados a partir de uma perspectiva ampla de coleta e análise evidenciam a constituição de um cenário multifacetado que se autointerfere e que, em geral, o ensino transmissivo desconsidera.

Observa-se, pelas análises das atividades desenvolvidas durante e ao final do semestre e pelas percepções dos alunos de edições anteriores da disciplina, uma avaliação altamente positiva da disciplina. Os estudantes valorizam positivamente a perspectiva não matematizada e ao mesmo tempo conceitual, histórica e experimental da física. São registrados avanços nos três âmbitos da avaliação (conceitual, atitudinal e procedimental). A avaliação desvinculada de notas e baseada na consciência sobre as próprias ideias são relatadas como apropriadas e eficientes para um aprendizado mais amplo, além de instigar a busca por conhecimento.

Evidentemente, esta conclusão tem a limitação de não ter emergido de uma comparação com um grupo de “controle”, se é que isso seria possível na pers-

pectiva adotada em TFC. Como atenuante dessa limitação, por um lado, é possível considerar que tanto os trabalhos citados ao longo desse texto relatando fortes dificuldades de aprendizagem de estudantes na graduação como constatação das dificuldades recorrentes que estudantes universitários enfrentam em disciplinas de física (ou de cálculo, por exemplo).

Mas resultados obtidos a partir de dados de outra natureza e coletados em situações didáticas análogas também corroboram a conclusão acima. Esse parece ter sido o caso do trabalho recente de Brewe et al (2018) no qual o uso de operações mentais de alto nível foi avaliado usando ressonância magnética. Após e durante o envolvimento de estudantes em atividades abertas de modelagem em disciplinas de introdução à física, constatou-se via análise de imagens ter havido um incremento notável das atividades cerebral em zonas associadas à atenção, memória de trabalho e solução de problemas, o que, no seu conjunto, podem ser consideradas com uma central de trabalho em rede.

Ao lado da avaliação positiva da proposta, são registrados também alguns desencontros, inseguranças e frustrações. Algumas delas podem ser vistas positivamente, na medida que estão ligadas ao desejo de seguir atuando no ensino superior com o mesmo papel de estudante na escola, por exemplo, desejando respostas prontas ou cálculos com fórmulas matemáticas. Mais especificamente, com os dados recolhidos é possível fazer uma avaliação mais precisa da pertinência e eficácia das atividades e dos instrumentos e recursos adotados para a sua avaliação, que pode ser muito útil em outras edições dessa e de outras disciplinas.

Por fim, espera-se que este trabalho contribua para o debate na área de pesquisa em ensino de Física no sentido da integração no ensino de aspectos tais como: a consideração das ideias dos estudantes, a estruturação dos conteúdos segundo uma perspectiva histórico-filosófica e ainda a adoção de uma abordagem avaliativa processual.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AXT, R. Para suas aulas de cinemática: o volante, um móvel bem comportado. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.7, n. 2, p. 151-156, 1990.

BORRAGINI, E. F. et al. Investigação e desenvolvimento de estratégias experimentais para a evolução conceitual em ensino de física. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física, 9., 2004, Jaboticatubas. **Anais...** Jaboticatubas: SBF, 2004. p. 1-12. Disponível em: <http://www.ciencia.iao.usp.br/dados/epenf/_investigacaoedesenvolvim.trabalho.pdf>. Acesso em: 31 out. 2018.

BREWE, E. et al. Toward a neurobiological basis for understanding learning in university modeling instruction physics courses. *Frontiers*, v. 5, n. 10, p. 1-13, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.3389/fict.2018.00010>>. Acesso em: 31 maio 2018.

CANIATO, R. **As linguagens da física**. São Paulo: Ática, 2003.

DRIVER, R. et al. **Making sense of secondary science: research into children's ideas**. New York: Routledge, 1994.

GARCIA, J. E. Fundamentos para la construcción de un modelo sistémico del aula. In: PORLÁN, R.; GARCIA, J. E.; CAÑAL, P. (Org.). **Constructivismo y enseñanza de las ciencias**. Sevilla: Díada, 1995. p. 42-72.

GIL PÉREZ, D.; VALDÉS, P. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 14, n. 2, p. 55-63, 1996.

HAMBURGER, E. W.; MOSCATI, G. (Org.). **Projeto de Ensino de Física: Mecânica**. São Paulo: MEC; Fename, 1971.

HARRES, J.B.S. Desenvolvimento histórico da dinâmica: referente para a evolução das concepções dos estudantes sobre força e movimento. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v.2, n.2, p. 89-101, 2002.

_____. Queres que eu responda o que eu penso ou o que me ensinaram na escola? In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 15., 2003, Curitiba. Anais eletrônicos... Curitiba: SBF, 2003. Disponível em <www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xv>. Acesso em: 31 out. 2018.

_____. et al. As ideias dos alunos nas pesquisas de formação inicial de professores de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 18, n.1, p.55-68, 2012.

_____. Avaliação de atividades inovadoras no ensino superior de mecânica. In: Seminário Internacional Pessoa Adulta, Saúde e Educação, 4., 2017, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: PUCRS, 2017. p. 1-11.

HECHT, E. **Física em perspectiva**. Madrid: Addison Wesley Longman, 1998.

KIM, E.; SUNG-JAE, P. Students do not overcome conceptual difficulties after solving 1000 traditional problems. **American Journal of Physics**, Maryland, v. 70, n. 7, p. 759-765, 2002.

LIMA, V. A.; RIBEIRO MARCONDES, M. E. Atividades experimentais no ensino de química: reflexões de um grupo de professores a partir do tema eletroquímica. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, núm. extra, p.1-4, 2005.

- MARÍN, N. Conocimientos que interaccionan en la enseñanza de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 21, n. 1, p. 65-78, 2003.
- _____.; SOTO, C. Evaluación de la investigación sobre cambio conceptual y concepciones alternativas. Una aproximación al estado actual de la didáctica de las ciencias **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, Puerto Real, v. 9, n. 1, p. 78-92, 2012.
- MORAES, A. M.; MORAES, I. J. A avaliação conceitual de força e movimento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 232-246, 2000.
- MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise textual discursiva**. Ijuí: Unijuí, 2004.
- MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: UnB, 1998.
- MORRINSON, J. A.; LEDERMAN, N. G. Science teachers' diagnosis and understanding of students' preconceptions. **Science Education**, v. 87, n. 6, p. 849–867, 2003.
- NEVES, M. C. D. **Memórias do invisível**. Londrina: L.C.V., 1999.
- PEDUZZI, L. O. Q. Física Aristotélica: por que não considerá-la no ensino da mecânica? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 13, n. 1, p. 48-63, 1996.
- _____.; ZYLBERSZTAJN, A.; MOREIRA, M. A. As concepções espontâneas, a resolução de problemas e a história da ciência numa sequência de conteúdos em mecânica: o referencial teórico e a receptividade de estudantes universitários à abordagem histórica da relação força e movimento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 14, n. 4, p. 239-246, 1992.
- PHYSICAL SCIENCE STUDY COMMITTEE. **Física: Parte I - O universo**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1963.
- PIAGET, J.; GARCIA, R. **Psicogênese e história das ciências**. Petrópolis: Vozes, 2011.
- PORLÁN, R. **Constructivismo y escuela: hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la investigación**. Sevilla: Díada. 1993.
- _____.; HARRES, J. B. S. La epistemología evolucionista de Stephen Toulmin y la enseñanza de las ciencias. **Investigación en la Escuela**, Sevilla, v. 39, p. 17-26, 1999.
- RODRÍGUEZ, F. M. et al. Las hipótesis de transición como herramienta didáctica para la educación ambiental. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 32, n. 3, p. 303-318, 2014.

SAMUDIO PÉREZ, C. A.; ROSA, C. W.; DARROZ, L. M. Concepções alternativas em mecânica: um estudo de caso dos alunos de cursos de engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, Ouro Preto, v. 31, n. 2, p. 79-90, 2012.

SHAYER, M.; ADEY, P. S. **La ciencia de enseñar Ciencia**: desarrollo cognoscitivo y exigencias del curriculum. Madrid: Narcea, 1984.

SILVEIRA, F. L. A física no salto record de Felix Baumgartner. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 2306-1 - 2306-6, 2015.

_____; OSTERMANN, F. A insustentabilidade da proposta indutivista de "descobrir a lei a partir dos resultados experimentais". **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. especial, p. 7-27, 2002.

_____; MOREIRA, M. A.; AXT, R. Estrutura interna de testes de conhecimento em física: um exemplo de mecânica. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 10, n. 2, p. 187-194, 1992.

ZEMBAL-SAUL, C. et al. Web-based portfolios: a vehicle for examining prospective elementary teachers' developing understandings of teaching science. **Journal of Science Teacher Education**, [s.i.], v. 13, n. 4, p. 283-302, 2002.

ZYLBERSTAJN, A. **A evolução das concepções sobre força e movimento**. 2000.

Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/62320968/A-Evolucao-das-Concepcoes-Sobre-Forca-e-Movimento>>. Acesso em: 28 jul. 2018.

_____; PEDUZZI, L. La física de la fuerza impresa y sus implicaciones para le enseñanza de la mecánica. **Enseñanza de las Ciências**, Barcelona, v. 15, n. 3, p. 351-359, 1997.

DESAFIANDO O PARADIGMA DO ENSINO DA QUÍMICA: O CONTRIBUTO DA UNIVERSIDADE ABERTA DE PORTUGAL

Carla Maria Bispo Padrel Oliveira¹

Departamento de Ciências e Tecnologia, Universidade
Aberta, Portugal
Centro de Química Estrutural, Instituto Superior Técnico,
Univ. de Lisboa, Portugal
carla.oliveira@uab.pt

Fernando José Pires Caetano²

Departamento de Ciências e Tecnologia, Universidade
Aberta, Portugal
Centro de Química Estrutural, Instituto Superior Técnico,
Univ. de Lisboa, Portugal
fernando.caetano@uab.pt

¹ Professora associada do Departamento de Ciências e Tecnologia da Universidade Aberta e Vice-Reitora da mesma universidade. Doutorada em Engenharia Química pelo Imperial College of Science Technology and Medicine da Universidade de Londres é membro do Centro de Química Estrutural do Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa. Na Universidade Aberta é responsável por várias unidades curriculares na área da Química e coordena o doutoramento em Sustentabilidade Social e Desenvolvimento. No âmbito das atividades profissionais de gestão académica tem desenvolvido trabalho em domínios relacionados com políticas, metodologias e práticas de EaD, de Avaliação/Qualidade e Cooperação internacional.

² Professor auxiliar do Departamento de Ciências e Tecnologia (DCeT) da Universidade Aberta. É doutorado em Engenharia Química pelo Instituto Superior Técnico, U.T.L., mestre, também em Engenharia Química pela mesma instituição e licenciado em Química Tecnológica pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. É membro do Centro de Química Estrutural do Instituto Superior Técnico da Univ. de Lisboa, onde tem desenvolvido trabalhos de medidas de propriedades termofísicas de fluidos. Foi Diretor do DCeT e atualmente é Vice-presidente do Conselho Científico da Universidade Aberta.

RESUMO: A Universidade tem, ao longo dos anos, mantido uma enorme capacidade para se transformar e adaptar à evolução do Mundo e esse sentido de mudança é também plasmado na constante procura de novos caminhos, novas ideias e novas soluções. Pretende-se com este artigo apresentar o modelo pedagógico da Universidade Aberta – universidade pública portuguesa de ensino a distância – e em particular a sua aplicação ao ensino da química em contexto de *e-learning* e no âmbito do curso de 1º ciclo em Ciências do Ambiente. São apresentadas as diferentes estratégias que têm vindo a ser desenvolvidas, nomeadamente o recurso a trabalho experimental, o acesso a laboratórios virtuais e a disponibilização de *feedback* para as atividades formativas e avaliativas.

Palavras-chave: educação a distância on-line. Universidade Aberta. Ensino on-line da química. Laboratórios virtuais. Cursos on-line. E-learning.

ABSTRACT: The University has over the years maintained an enormous capacity to transform and adapt to changes in the world and this sense of adjustment is also in the constant search for new paths, new ideas and new solutions. This article aims to present the pedagogical model of Universidade Aberta (Portugal), the public distance learning university and in particular its application to teaching of chemistry in the *e-learning* context and within the first cycle programme in Environmental Sciences. Different strategies have been applied and implemented, including the use of experimental work, access to virtual labs and the provision of feedback to the training and evaluation activities.

Keywords: Online distance education. Open University. Online chemistry teaching. Virtual labs. Online courses. E-learning.

1 ENQUADRAMENTO

O ensino a distância teve a sua origem no ensino por correspondência, ainda no século XIX, e tem na sua base a separação física entre estudantes e professores. Nos anos 70, do século XX, apareceram as primeiras “universidades abertas” - instituições de ensino superior que utilizavam os meios tecnológicos da época (sobretudo o rádio e a televisão) para a difusão dos seus conteúdos. Nos finais dos anos 90, os avanços tecnológicos e a integração dos computadores em rede, permitiram o desenvolvimento de novas práticas pedagógicas, menos individualistas e mais colaborativas. Surgem novas terminologias e novos conceitos, nomeadamente os ambientes virtuais de aprendizagem, as comunidades virtuais de aprendizagem ou EaD *online*. O vocabulário e a pedagogia do mundo da Educação a Distância (EaD) ganham novas dimensões: deixa de ser uma educação distante, onde os estudantes estão isolados, e passa a ser uma modalidade de educação em que a cons-

trução do conhecimento acontece de forma crítica, criativa e contextualizada, utilizando os media e as redes digitais para anular as distâncias físicas e os fusos horários. A utilização sistemática das tecnologias de comunicação e a expansão das redes digitais possibilitam a formação de comunidades virtuais de aprendizagem colaborativa, que operam sem limites de tempo e/ou espaço. A Educação a Distância aproxima pessoas que ensinam e pessoas que aprendem, sem constrangimentos de espaço e tempo, começando a surgir como uma referência para a educação convencional e, também, como um fator de inovação e de mudança no seio de próprio sistema educativo.

Esta mudança de paradigma do ensino a distância universitário, conceptual e operacional, ocorreu numa altura em que, particularmente na Europa, as universidades tradicionais estavam em profunda mudança não sendo surpreendente que haja uma interação entre ambos os sistemas: presencial e a distância.

Desta forma, pode-se sistematizar dizendo que, no contexto da sociedade contemporânea, cada vez mais globalizada, o Ensino a Distância tem vindo a ganhar cada vez mais importância no seio do mundo académico formal e não formal sendo frequentemente designado como a alternativa mais adequada, sustentada e eficiente para promover a qualificação e capacitação de recursos humanos e responder de forma sustentada às crescentes necessidades educativas decorrentes das mudanças económicas e sociais.

2 O MODELO PEDAGÓGICO VIRTUAL

A Universidade Aberta (UAb), criada em 1988, é a universidade pública portuguesa de ensino a distância (EaD) e *e-learning*, que desenvolve e dinamiza atividades de ensino e investigação orientadas para a educação sem fronteiras geográficas nem barreiras físicas dando especial enfoque à expansão da língua e da cultura portuguesas no espaço lusófono (comunidades migrantes e países de língua oficial portuguesa). A generalização da internet e das redes de conhecimento vieram alterar, de forma radical, o ensino a distância. No espaço de duas décadas, os meios tecnológicos mudaram a forma de comunicar, de aprender e de estar. Para além de um espaço de formação, a Universidade é também um lugar “de” e “para” novas propostas educativas e uma plataforma para a disseminação de mudanças de perceções, atitudes e comportamentos.

Em 2007, no âmbito dos cursos formais e no contexto do quadro legislativo definido pela Declaração de Bolonha (1999) a UAb adota um novo modelo pedagógico suportado numa metodologia de ensino a distância através da modalidade on-line, que permite concretizar o ideário pedagógico constru-

tivista, através da criação de comunidades *virtuais* onde as aprendizagens ganham uma dimensão social importante (OLIVEIRA; CARMO; CAEIRO, 2016). Ainda em 2007 os cursos da UAb passaram a funcionar tendo por base este modelo pedagógico virtual desenvolvido na própria instituição e que estimula a comunicação por múltiplas vias e o estabelecimento de ambientes virtuais de aprendizagem, suportados por uma plataforma de ensino Learning Management System (LMS).

O Modelo Pedagógico Virtual (MPV)[®] da UAb - é fortemente centrado no estudante assumindo-se este como construtor do seu conhecimento e comprometido com o seu processo de aprendizagem; a este primado acresce (PEREIRA et al., 2007):

- Flexibilidade na aprendizagem - o modelo constitui-se como essencialmente assíncrono permitindo a não-coincidência de espaço e de tempo entre os intervenientes envolvidos; a comunicação e a interação processam-se de acordo com a disponibilidade do estudante, partilhando recursos, conhecimentos e atividades com os seus pares.
- Interação - variável frequentemente crítica nos processos de aprendizagem a distância; o modelo fomenta a interação com os conteúdos, mas também com os estudantes e entre pares.
- Modelo dinâmico e interativo, em permanente evolução, em particular pelas constantes inovações tecnológicas.

São estas as principais características que norteiam a organização do ensino, a planificação, a conceção e gestão das atividades de aprendizagem a propor aos estudantes, a tipologia de materiais a desenvolver e a natureza da avaliação das competências desenvolvidas.

Embora existam variantes na operacionalização para os cursos de 1º e 2º ciclo de estudo, as atividades de aprendizagem ocorrem no espaço virtual de cada unidade curricular, com recurso a diferentes dispositivos de comunicação que se encontram disponíveis num sistema de gestão de aprendizagem (LMS) sendo a interface com o estudante feita através da Plataforma Moodle (LMS) adaptada pela UAb de acordo com as características e elementos do seu modelo pedagógico.

Neste enquadramento a qualidade dos conteúdos disponibilizados e o modelo pedagógico adotado são elementos fundamentais para um ensino de qualidade e adequado, em particular no *e-learning*, onde a gestão e organização do tempo, a motivação e empenho (individual e coletivo), o desenvolvimento e aquisição de estratégias criativas e diversificadas de aprendizagem assumem particular importância.

As comunidades de aprendizagem on-line que se constituem no âmbito dos cursos formais e não formais são muito mais do que interações entre docentes e discentes e entre os discentes entre si; são espaços nos quais estudantes e professores interagem entre si na busca e na partilha de conhecimento, na realização de tarefas e na discussão de temas, mas também na partilha e troca de dúvidas, de resultados, de descobertas e de sentimentos.

As verdadeiras comunidades de aprendizagem, criadas no âmbito do MPV da UAb, trabalham de forma colaborativa, independentemente do espaço e do tempo e para um fim comum; constituem, assim, a grande mais-valia do Modelo Pedagógico da UAb.

3 AS CIÊNCIAS NA UAB

Science is an important component of our European cultural heritage. It provides the most important explanations we have of the material world. In addition, some understanding of the practices and processes of science is essential to engage with many of the issues confronting contemporary society (OSBORNE; DILLON, 2008, p. 5).

A Educação, inscrita no Princípio nº 7 da Declaração Universal dos Direitos da Criança (UNICEF; ONU; UNESCO, 1959) é um direito fundamental de qualquer pessoa e uma ferramenta imprescindível para o exercício de uma cidadania ativa. Assegurar que todas as pessoas possam aceder e ter uma educação de qualidade e que as suas aprendizagens se prolonguem ao longo da vida, é a forma mais consistente para dignificar a Humanidade e criar sociedades mais justas e resilientes.

Nos finais do século XX, no âmbito da Conferência Mundial sobre Educação Superior, a Declaração Mundial sobre Educação Superior no Século XXI (DE-LORS et al., 2003; UNESCO, 1998), no seu preâmbulo, desafia as Instituições de Ensino Superior a preparem-se para inovar os seus currícula, tornando-os mais direcionados para uma visão holística do mundo, de forma a proporcionarem uma melhor compreensão, interpretação e práticas orientadas para a consolidação dos direitos fundamentais, do desenvolvimento sustentável, da democracia e da paz.

No início do século XXI, durante o Fórum Mundial sobre Educação (UNESCO, 2001), cerca de 180 países acordaram em desenvolver todos os esforços para levar o ensino a todos os cantos do mundo. Existem muitas iniciativas, projetos e teorias sobre a Educação do futuro mas, o mais difícil é como fazer.

Enquanto educadores procuramos desenvolver nos estudantes o espírito crítico, a capacidade de refletir e de comentar, com propriedade, os caminhos trilhados pelo Homem, olhando para os progressos e para os retrocessos como exemplos do que a Humanidade pode e não pode fazer aos seus semelhantes e à Terra que nos acolhe e sustenta:

- Importa aprender e ensinar a olhar para as diferentes áreas científicas como áreas do conhecimento com um papel importante na história da humanidade.
- Importa ensinar e aprender a fazer as perguntas certas, a explorar os conhecimentos de forma criativa, a construir modelos mentais próprios.
- Importa aprender e ensinar partindo de níveis macroscópicos do conhecimento e estabelecer ligações com níveis microscópicos relevantes e em contexto.
- Importa aprender e ensinar em contexto, de forma significativa e com exemplos reais de forma a facilitar a colaboração com o objetivo de se encontrarem soluções inovadoras e com impacto no desenvolvimento de saberes e de práticas da vida quotidiana orientadas para exercício da cidadania ambiental sustentável.

Na UAb tentamos promover formas criativas de ensinar e aprender, não só pelas metodologias de ensino como acima de tudo pelas abordagens que privilegiamos. Veja-se o exemplo da Licenciatura em Ciências do Ambiente onde, através do cruzamento das Ciências Biológicas e da Terra, da Matemática, da Física e da Química, procuramos construir as necessárias bases científicas. Esta interdisciplinaridade é fundamental para permitir uma visão holística de fenómenos e de situações ambientais complexas que decorrem da ação do Homem.

Na mesma linha, o Mestrado em Cidadania Ambiental e Participação é um curso único em Portugal em termos de conteúdos científicos, e as matérias abordadas são atuais e transversais, nomeadamente as Alterações Climáticas, o Metabolismo Urbano, a Avaliação de Ciclo de Vida, Economia Verde e Ecologia Industrial, permitindo dar um contributo determinante na aplicação do Desenvolvimento Sustentável. O doutoramento em Sustentabilidade Social e Desenvolvimento é um programa inter e multidisciplinar integrando ciências sociais, ambientais e económicas; é o único nesta área lecionado em *e-learning* em Portugal e possui um processo de aprendizagem especializada e um percurso de investigação ancorado em centros de investigação de excelência.

Num contexto de aprendizagem ao longo da vida e no âmbito do ensino não-formal, e na área da divulgação científica, também a UAb apresenta proposta inovadoras. É exemplo disto o curso de curta duração (6 semanas), organizado conjuntamente com docentes do ensino superior brasileiro¹ e que tem como

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Brasil.

público-alvo fundamentalmente estudantes de Portugal e do Brasil (CAETANO et al., 2018). Este tipo de curso, por ser de duração breve, tem uma estrutura necessariamente mais leve e do ponto de vista científico são apresentados alguns conceitos básicos com o propósito de promover a curiosidade e incentivar a vontade de aprender mais. Do ponto de vista dos conteúdos são destacados alguns fenômenos naturais procurando-se relacionar as suas causas e consequências com as explicações científicas (simples e de fácil percepção). A adoção desta estratégia resulta do facto de considerarmos os diferentes tipos de público-alvo que: i) sendo estudantes universitários, podem ser provenientes de diferentes áreas científicas e ter níveis de conhecimento científico, particularmente em química, muito diferentes; ii) não sendo estudantes do ensino superior terão um conjunto de conhecimentos científicos em química ainda relativamente reduzido ou nulo; iii) sendo qualquer pessoa, de qualquer faixa etária, tem como objetivo pessoal aumentar o seu conhecimento geral ou procurar algumas respostas cientificamente suportadas.

A aprendizagem ao longo da vida no ensino superior com recurso a educação a distância e *e-learning* constitui um marco importante para aqueles que não podem deslocar-se diariamente a uma universidade seja por limitações de disponibilidade de horário seja por limitações geográficas. É, contudo, uma oportunidade para aumentar as suas competências. (AZEITEIRO et al., 2015)

3.1 O ENSINO DA QUÍMICA

A importância da Química na evolução da Humanidade e as suas relações e interações com o Ambiente, a Tecnologia, a Sociedade e o Desenvolvimento (Sustentável), numa ótica de responsabilidade socioeducativa / formativa individual e coletiva, não pode ser ignorada se considerarmos que “a degradação da natureza está estreitamente ligada à cultura que molda a convivência humana” (BENTOXVI, 2009, s/p).

Os fenómenos resultantes de processos químicos estão presentes em tudo o que nos rodeia e ao longo de muitas décadas fomos tirando partido de muitos deles, contribuindo para aquilo que habitualmente referimos como melhoria da qualidade de vida. Desde o uso da borracha e a produção dos mais diversos tipos de polímeros, até à produção de adubos ou o uso de inseticidas que permitiram o aumento das colheitas agrícolas, são inúmeros os processos desenvolvidos. No entanto e na sequência dos múltiplos problemas ambientais que foram surgindo, também fruto de um aumento populacional e de consumo, a química começou a ser encarada como a grande causadora destes problemas e passou a ser considerada “ciência maldita”. Atualmente e numa procura de soluções para travar, e reverter, os problemas ambientais, a quími-

ca, enquanto ciência, voltou a ganhar relevo no seu potencial para a resolução de muitos dos problemas ambientais (que criou).

Facilmente se compreende que o ensino da química foi, e continuará a ser, crucial para o desenvolvimento sendo que atualmente a química está colocada mais alta pois esta ciência deixa de ser vista como algo “sujo” para passar a ser vista como “verde”, amiga do ambiente.

Num sistema de aprendizagem a distância e em ambiente virtual, como é o da UAb, o ensino e aprendizagem de Ciências, e por maioria de razão da Química, representa um grande desafio para os professores e para os alunos. A adoção do MPV permitiu a introdução de novos métodos de ensino/aprendizagem e como refere Hodson (HODSON, 2000) há uma grande diferença entre “aprender ciência”, “aprender sobre ciência” e “fazer ciência”.

É também importante definir/estabelecer que tipo de literacia química se pretende que os estudantes adquiram: será que uma abordagem mais tradicional e puramente académica é adequada para a formação de cidadãos competentes e motivados para uma cidadania ativa? De acordo com Sjöström, Eilks e Zuin (EILKS; SJÖSTRÖM; ZUIN, 2017) são vários os autores que reforçam a necessidade de uma maior literacia científica e de conhecimentos de química em particular, não só para uma participação ativa e informada mas principalmente para o desenvolvimento de uma postura crítica que promove a compreensão da responsabilidade de cada um de nós e que nos direciona para um comportamento ambiental e social mais responsável.

Na Figura 1 apresentam-se três conceções distintas da literacia científica sendo que a abordagem atualmente adotada na UAb para o ensino da química se situa entre uma visão Contextual e uma visão Crítica.

No caso da UAb as Unidades curriculares foram desenvolvidas com o objetivo de promover competências e aptidões em matérias científicas relacionadas com o exercício de atividades profissionais mais do que as estritamente relacionadas com investigação científica.

Figura 1 – Diferentes visões de literacia científica

literacia científica: diferentes visões	objetivos	tipos de curricula
CONCEPTUAL	Aprendizagem para um desenvolvimento individual de competências, crescimento pessoal e formação académica avançada	Estrutura tradicional da disciplina e curricula orientado para a História da ciência
Contextual	Aprendizagem para uma participação individual e coletiva através da compreensão da ciência e suas aplicações	Ensino de Ciências baseado em contexto e nos currículos clássicos de ciência-tecnologia-sociedade (CTS)
Crítica	Aprendizagem orientada para a mudança de valores individuais e da sociedade	Ensino da ciência baseado em questões socio-científicas atuais e curricula orientado para a sustentabilidade crítica

Fonte: Eilks; Sjöström; Zuin, 2017. Figura elaborada pelos autores.

O presente trabalho incide no ensino formal² ao nível da licenciatura (em Ciências do Ambiente), sendo duas as unidades curriculares da componente de química: Conceitos Fundamentais de Química, onde se pretende fornecer aos estudantes um conjunto de noções basilares da química, essenciais para poderem vir a dominar a linguagem desta ciência; e Química e Ambiente onde, tendo por base alguns dos conhecimentos já adquiridos, se pretende fornecer ao estudante o conhecimento necessário para compreender alguns dos principais fenómenos ambientais que estão relacionados com as ciências da química.

4 OS DIFERENTES CENÁRIOS

A Química é provavelmente, das disciplinas científicas, a que mais tem beneficiado com a introdução de novos métodos de ensino-aprendizagem. Não é preciso recuarmos muito no tempo para encontrarmos as aulas magistrais onde o principal objetivo era apenas a disseminação da informação. Durante boa parte do século XX o ensino, também da Química, foi essencialmente centrado no professor e apesar da introdução de novos métodos e tecnologias continuou a ser um ensino de transmissão de informação. Sabemos que o conhecimento, ao invés da informação, não é transferível de pessoa para pessoa e muito menos de forma inalterada (BODNER, 1986) e de acordo com a teoria do construtivismo a compreensão e a assimilação resultam de uma construção individual: a aprendizagem significativa requer a integração

² No ensino formal existem currículos e regras de certificação bem definidas, enquanto o ensino não formal é um processo voluntário, não hierárquico e onde, geralmente, os resultados da aprendizagem não são formalmente avaliados.

do novo conhecimento com o conhecimento pré-existente, que por sua vez também condiciona a subsequente interpretação da informação (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1978).

A aprendizagem da química baseada em contexto, como forma de procurar apoiar o estudante, tem sido bastante divulgada e aplicada nas aulas de química em geral (AYYILDIZ; TARHAN, 2018). Naturalmente, faz também parte do processo de transmissão dos conceitos no âmbito destas unidades curriculares de química e tem sido uma preocupação para que os estudantes possam, não só, aprender os conteúdos como também saibam relacioná-los com fenómenos comuns, ainda que seja necessário algum trabalho da sua parte pois envolvem processos de reflexão e raciocínio (ALBANESE; MITCHELL, 1993; BROMAN; BERNHOLT; PARCHMANN, 2018; SEVIAN et al., 2018). É ainda fundamental que os estudantes aprendam a argumentar, a usar evidências científicas e em particular em aferir da veracidade das fontes e da necessidade de uma análise criteriosa da informação que é disponibilizada (EILKS; SJÖSTRÖM; ZUIN, 2017; SJÖSTRÖM; RAUCH; EILKS, 2015).

A inclusão de atividades experimentais em cursos online apresenta, para além de questões de segurança, dois desafios essenciais: selecionar atividades/experiências significativas (para os objetivos educacionais definidos) e geri-las de forma eficaz. De uma forma geral a opção é entre:

- i. os estudantes são obrigados a deslocarem-se ao *campus* (uma vez por semana ou uma semana por termo) para realizar as atividades de laboratórios, o que constitui uma limitação à flexibilidade do ensino online;
- ii. as atividades experimentais são realizadas por acesso a laboratórios virtuais, o que requer condições tecnológicas adequadas e retira a exposição aos sons e condições que fazem da química uma ciência experimental.

Em alternativa e recorrendo a materiais facilmente disponíveis e acessíveis e “técnicas” simples e limitadas, podemos usar a cozinha como laboratório! No entanto, uma preocupação existente sobre este tipo de experiências é que carecem de precisão e rigor e os estudantes não são expostos a alguns equipamentos utilizados em laboratórios modernos (REEVES; KIMBROUGH, 2004). No entanto, para os objetivos definidos (e anteriormente identificados) considerou-se adequado o uso de diferentes atividades com recurso também a diferentes meios e tecnologias.

4.1. ATIVIDADES

Com o objetivo de destacar a importância das Ciências do Ambiente e em particular da sua interdisciplinaridade, os estudantes são, no 1º ano e no âmbito de uma unidade curricular de Trabalhos de Campo³, confrontados com a visualização de algumas partes de um vídeo produzido pela National Geographic. Este vídeo apresenta diversos fenómenos que ocorrem no mundo que nos rodeia, e cruciais para a vida na Terra, e relacionados com reatividade química e física de alguns componentes existentes como a água e sais dissolvidos nos oceanos ou gases presentes na atmosfera. A participação ativa que ocorre neste bloco evidenciando diversos conceitos científicos da química com a física e biologia permite, através da interação que se estabelece entre o grupo de estudantes e o professor, a identificação de pré-conceitos, muitas vezes cientificamente errados, e trabalhar na sua correta construção científica e organização cognitiva e mental. Os fenómenos são identificados para que seja possível a exploração de vários conceitos e explicações à luz da reatividade química e das propriedades físicas de muitos compostos, permitindo que o estudante fique com uma perspetiva diferente e mais completa. Alguns exemplos dos conceitos e fenómenos que são abordados são:

- A relação da evaporação da água em certas regiões do globo e a formação de furacões para destacar a capacidade calorífica da água, propriedade tão importante em fenómenos meteorológicos ou em algo tão banal como no arrefecimento de motores;
- A importância dos rigorosos invernos na Antártida, em fenómenos tão desconhecidos quanto improváveis para a maioria de nós, mas responsáveis por arrastar grandes quantidades de oxigénio molecular para o fundo do oceano e a sua posterior reatividade com os sais emergentes na dorsal atlântica, que estão em contínua erupção de lava no fundo do oceano, e conseqüente importância para a vida já que os nutrientes assim formados são cruciais para a vida;
- A importância do transporte de matéria orgânica e inorgânica dos rios para os oceanos e, novamente, a conseqüente explosão de vida, plâncton, e produção de enormes quantidades de oxigénio para o planeta, vital para a vida;
- A importância dos fenómenos das auroras, boreais e austrais, por interação do oxigénio e do azoto molecular, com radiação solar de elevada intensidade, como forma de impedir que cheguem à superfície do planeta podendo destruir a vida;

Um outro tipo de atividades são as experiências programadas, pensadas para proporcionar demonstrações práticas dos princípios químicos, e complementadas com questões que conduzem à relação entre conceitos, observações experimentais e resultados. Todos os materiais e equipamentos usados são não-tóxicos e de fácil acesso a qualquer pessoa; os estudantes devem do-

³Trabalhos de Campo I, unidade que integra uma semana presencial com diversas componentes científicas como geologia, biologia e química em que os alunos têm um contacto direto com diversos trabalhos de campo e de participação e observação laboratorial

cumentar (através de fotografias ou vídeos) a realização das experiências. As atividades experimentais propostas pretendem explorar conceitos relacionados com a pressão, reações químicas, equilíbrio ácido-base, solubilidade e conceitos de termodinâmica. Alguns exemplos destes trabalhos são:

Para diferentes marcas de água engarrafada (com e sem gás) deve o estudante registar os valores de pH e a composição de sais dissolvidos que integram o rótulo.

Deve também procurar interpretar a libertação gasosa quando, por exemplo, se coloca água a aquecer até à ebulição, algo que todos os dias fazemos sem pensar nas suas razões.

Todas estas diversas observações permitem relacionar conceitos como o da solubilidade de gases, dissolução de sais e acidificação da água devido à presença do dióxido de carbono. Estes trabalhos permitem ainda que, através de pesquisa de informação, sejam encontrados argumentos de base científica que expliquem fenómenos como o que leva à morte da vida subaquática junto a locais de escoamento de águas quentes, em mares, rios ou lagos, de centrais de produção de energia, contribuindo para o incremento do potencial participativo em sociedade destes estudantes.

Aliando a perspectiva qualitativa à quantitativa é possível obter dados relativos à composição da água da sua região e realizar cálculos da dureza de água e encontrar as melhores estratégias para garantir o bom funcionamento, por exemplo, das máquinas de lavar loiça e/ou roupa.

Na sua maioria, estas atividades permitem que se relacionem estes “novos” conhecimentos científicos, adquiridos pelos estudantes, com diversos fenómenos relacionados com algumas das grandes preocupações ambientais.

4.2 LABORATÓRIOS VIRTUAIS

A partilha e a colaboração entre pessoas em diversas zonas do globo são agora uma realidade e através da rede global os trabalhos de uns podem ser potenciados e aproveitados por outros. É o que acontece, por exemplo, com alguns laboratórios virtuais disponibilizados online que permitem ao estudante ter acesso a determinados conceitos fundamentais, de uma forma mais visual. É possível, por exemplo, fazer diversos estudos de gases fazendo variar a pressão ou a temperatura de um contentor fechado contendo um gás, através de uma animação gráfica que apresenta os efeitos de forma visual e ainda permite realizar cálculos possibilitando ao estudante compreender melhor os conceitos teóricos. Desta forma há uma aprendizagem sustentada de conceitos químicos que envolve os estudantes desde o planeamento até

à condução da experiência, passando também por uma análise crítica dos resultados. No âmbito de uma das unidades curriculares foi disponibilizado o acesso, controlado, a laboratórios virtuais e a laboratórios remotos. Esta foi uma ação que não resultou para os estudantes como desejado – diferenças entre as matérias em estudo e as que existiam naqueles laboratórios virtuais, dificuldade na compreensão de termos em inglês, dificuldades no próprio acesso ao espaço virtual, foram algumas das justificações apresentadas por estudantes. Esta é no entanto uma área de trabalho que vamos tentar aprofundar e melhorar.

4.3 AVALIAÇÃO, APOIO E INTERAÇÃO ONLINE

No cumprimento do MPV a comunicação é essencialmente assíncrona e, nos cursos de 1º ciclo, a avaliação pode ser contínua (contempla a realização de dois a três e-fólios e de uma prova presencial, denominado p-fólio) ou final (apenas com uma prova escrita de avaliação final). Verifica-se que cerca de 85% dos estudantes optam pela avaliação contínua, que permite uma melhor distribuição temporal das diferentes matérias e acima de tudo promove uma maior interação com os conteúdos, entre os estudantes e com o professor. As atividades avaliativas, designadas por e-fólios, não obrigam o estudante a deslocar-se às instalações da UAb sendo submetidos online para posterior avaliação do docente. Nestas unidades curriculares têm-se implementado algumas estratégias que procuram dar oportunidade aos estudantes de mostrar os conhecimentos alcançados e, simultaneamente, minimizar possíveis riscos de fraude. Assim, os e-fólios colocam alguns desafios aos estudantes e envolvem pelo menos dois dos pontos que se listam a seguir:

- a) questões de resposta aberta, envolvendo cálculos e interpretação;
- b) realização de experiências simples e passíveis de realizar em casa⁴ com correspondente interpretação de observações/resultados e acompanhados por uma curta reportagem fotográfica ou em vídeo;
- c) pesquisa acerca de um tópico e preparação de um conjunto de slides, limitados em número;
- d) apresentação de um texto escrito, limitado em número de caracteres, relacionado com um tema em estudo.

Ao longo dos primeiros anos verificámos que alguns dos conceitos que se pretendia trabalhar através das experiências requeriam explicações mais de-

⁴A realização de uma atividade química/física experimental, mesmo que simples, pode implicar riscos. São sempre feitas recomendações de segurança como uso de óculos e luvas e em situações que envolvam libertação de gases (a partir de bebidas gasosas), o uso de uma fonte de calor (num fogão elétrico ou a gás, por exemplo), ou outras, são acompanhadas de um protocolo com instruções que devem ser seguidas para garantir a segurança. Ainda que correspondam a situações do dia-a-dia, é importante que cada estudante tome consciência dos riscos.

talhadas da parte do professor, e algumas das observações, embora corretas, não eram devidamente interpretadas, indicando a necessidade de algum trabalho adicional. Note-se que as avaliações são individuais e cada estudante recebe, para além da sua classificação, a apreciação detalhada dos seus trabalhos realçando os aspetos positivos e identificando os negativos.

No caso dos trabalhos experimentais considerou-se que a forma mais adequada e eficaz de superar as dificuldades encontradas pelos alunos era através de pequenos apontamentos (com duração máxima de 3 min) onde, em simultâneo com a realização das experiências, era possível facultar a correta interpretação das observações.

Ao serem questionados sobre a importância do material mediatizado na compreensão e conceptualização de conceitos fundamentais, surgiram 4 pontos essenciais:

- i. Proximidade – genericamente os estudantes consideraram que esta é uma forma de quebrar o gelo e promover a proximidade com os estudantes – “alguém” está atento às necessidades e dificuldades de cada estudante.
- ii. Conteúdos – os materiais produzidos foram encarados como recursos adicionais que permitiram não só a melhor compreensão dos conteúdos, mas acima de tudo identificar e corrigir os erros cometidos;
- iii. Como fazer - os vídeos constituíram também uma boa ajuda na superação de dificuldades em lidar com problemas envolvendo, por exemplo, representações gráficas ou cálculos numéricos;
- iv. Oportunidade - alguns estudantes questionaram o momento apropriado para introduzir este tipo de ferramentas pedagógicas, nomeadamente foi levantada a possibilidade de introduzir materiais videográficos antes das e-atividades.

De uma forma geral, os estudantes consideraram que a acessibilidade e compromisso do professor foi um fator-chave para serem bem-sucedidos e referiram até, como fator muito positivo, a possibilidade de, através das atividades experimentais, poderem também envolver a família e desta forma contribuir também para uma maior literacia científica do agregado familiar.

5 CONCLUSÃO

A conceção de uma disciplina, em particular as de cariz mais prático, deve sempre considerar as tecnologias e técnicas educacionais mais benéficas para os estudantes e que permitem o cumprimento dos objetivos definidos. O uso de várias tecnologias e métodos dentro de um único curso, é a melhor forma de corresponder às necessidades dos estudantes, às exigências do professor e aos diferentes conteúdos.

Nos espaços das unidades curriculares de química, de entre os vários recursos utilizados os estudantes referem, quase unanimemente, as atividades experimentais/hands-on como as que mais contribuem para melhorar a aprendizagem e consolidar conceitos.

Isto é também confirmado pelos resultados dos inquéritos de satisfação aos estudantes, realizados pela universidade, onde é reconhecido o trabalho dos docentes ao disponibilizar os mais diversos materiais de aprendizagem, materiais mediatizados e, em particular, os pequenos apontamentos explicativos, experimentais e de feedback. Este último tem sido reconhecido pelos estudantes como uma componente importante ao longo do seu estudo uma vez que lhes permite perceber se o seu caminho está a ser bem trilhado.

Mas os objetivos alcançados, do nosso ponto de vista, vão ainda mais além, ajudando a construir e estruturar pensamentos que potenciem a capacidade participativa em sociedade, cientificamente fundamentados.

Ainda que as respostas aos inquéritos de satisfação não sejam em número que permita fazer generalizações podemos inferir que, em termos de aprendizagem, há uma progressiva consciencialização dos estudantes para a necessidade de uma abordagem integradora dos conceitos, claramente observável ao longo do semestre e particularmente evidente nas questões que os estudantes vão colocando ao longo do curso.

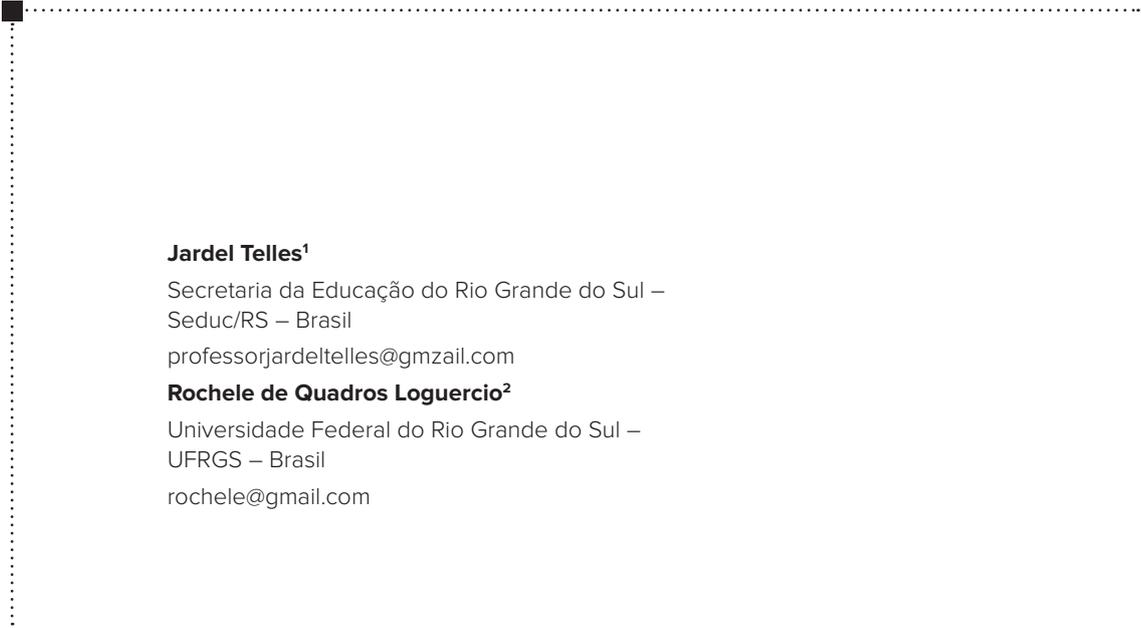
E porque aprender a ensinar é um processo sem fim e, citando Ramsden “Good teaching involves striving continually to learn about students’ understanding and the effects of teaching on it” (RAMSDEN, 2003), pretendemos continuar a promover abordagens integradoras e multidisciplinares que contribuam para a promoção da literacia científica e em particular para o gosto pela química.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBANESE, M. A.; MITCHELL, S. Problem-based learning. **Academic Medicine**, v. 68, n. 1, p. 52–81, jan. 1993.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Educational Psychology: A Cognitive View**. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1978.
- AYYILDIZ, Y.; TARHAN, L. Problem-based learning in teaching chemistry: enthalpy changes in systems. **Research in Science & Technological Education**, v. 36, n. 1, p. 35–54, 2 jan. 2018.
- AZEITEIRO, U. M. et al. Education for sustainable development through e-learning in higher education: Experiences from Portugal. **Journal of Cleaner Production**, v. 106, p. 308-319, 2015.
- BENTO XVI. **Caritas in veritate: a caridade na verdade; [terceira] carta encíclica de S. S. Bento XVI**. São Paulo: Paulus, 2009.
- BODNER, G. M. Constructivism: A theory of knowledge. **Journal of Chemical Education**, v. 63, n. 10, p. 873, out. 1986.
- BROMAN, K.; BERNHOLT, S.; PARCHMANN, I. Using model-based scaffolds to support students solving context-based chemistry problems. **International Journal of Science Education**, v. 40, n. 10, p. 1176–1197, jul. 2018.
- CAETANO, F. J. P. et al. Towards Climate Change Awareness Through Distance Learning—Are Young Portuguese and Brazilian University Students Vigilant? In: AZEITEIRO, U.; LEAL FILHO, W.; AIRES, L. (Ed.) **Climate Literacy and Innovations in Climate Change Education**., Champ: Climate Change Management, 2018. p. 261–273.
- EILKS, I.; SJÖSTRÖM, J.; ZUIN, V. The responsibility of Chemists for a better world: challenges and potentialities beyond the lab. In: **Revista Brasileira de Ensino de Química**. Campinas, v. 12, n. 1, p. 97-106, 2017.
- HODSON, D. The Place of Practical Work in Science Education. In: SEQUEIRA, M. et al. **Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências**. Braga: Universidade do Minho, 2000. p. 29–42.
- OLIVEIRA, C.; CARMO, H.; CAEIRO, S. Avaliação de uma unidade curricular do programa de doutoramento em Sustentabilidade Social e Desenvolvimento da Universidade Aberta de Portugal. In: CRISTIANO MACIEL; ALONSO, K. M.; PEIXOTO, J. (Ed.). **Coleção Educação a distância (12) Experiências, vivências e realidades**. Cuiabá: EdUFMT, 2016. p. 297-320.
- OSBORNE, J.; DILLON, J. (Ed.). **Science Education in Europe: Critical Reflections**. London: King's College, 2008.

- PEREIRA, A. et al. **Modelo Pedagógico Virtual da Universidade Aberta**: Para uma Universidade do Futuro. Lisboa: Universidade Aberta, 2007.
- RAMSDEN, P. **Learning to Teach in Higher Education**. London & New York: RoutledgeFalmer, 2003.
- REEVES, J.; KIMBROUGH, D. Solving the Laboratory Dilemma in Distance Learning General Chemistry. **JALN**, v. 8, n. 3, p. 47-51, 2004.
- SEVIAN, H. et al. Comparison of learning in two context-based university chemistry classes. **International Journal of Science Education**, v. 40, n. 10, p. 1239–1262, jul. 2018.
- SJÖSTRÖM, J.; RAUCH, F.; EILKS, I. Chemistry Education For Sustainability. In: EILKS I.; HOFSTEIN A. (Ed.) **Relevant Chemistry Education**. Rotterdam: Sense-Publishers, 2015. p. 163–184.
- UNESCO. **Declaração Mundial sobre Educação Superior no Século XXI**. Disponível em: <<http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/Direito-a-Educacao/declaracao-mundial-sobre-educacao-superior-no-seculo-xxi-visao-e-acao.html>>. Acesso em: 01 nov. 2018.
- UNESCO. **Educação para Todos - O Compromisso de Dakar** **Forum Mundial de Educação**, 2001. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001275/127509porb.pdf>>
- UNICEF; ONU; UNESCO. **Declaração Universal dos Direitos da Criança**.1959. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/declaracao_universal_direitos_crianca.pdf> Acesso em: 01 nov. 2018.

MONUMENTOS DE UMA INTERVENÇÃO HÍBRIDA



Jardel Telles¹

Secretaria da Educação do Rio Grande do Sul –
Seduc/RS – Brasil

professorjardeltelles@gmzail.com

Rochele de Quadros Loguercio²

Universidade Federal do Rio Grande do Sul –
UFRGS – Brasil

rochele@gmail.com

¹ Professor da Rede Estadual do RS na Escola Técnica Estadual Irmão Pedro. Mestre pelo PPG em Educação e Ensino de Ciências da UFRGS (2016).

² Professora Doutora no PPG em Educação e Ensino de Ciências da UFRGS e na AEQ/UFRGS.

RESUMO: O objetivo deste artigo é pontuar a possibilidade de uma produção híbrida que se encarregue de traduzir a ciência em um olhar artístico que entrecruze este campo com outros conhecimentos. A partir dos entendimentos de Bruno Latour, propor e analisar escritos narrativos, com temática jornalística, dos participantes de uma oficina temática e que sugeriu versar sobre a Química da guerra e suas aproximações possíveis com as Artes Híbridas. Entendendo esta produção como monumentos construídos em um campo discursivo a partir de posições e de possibilidades tradicionais. Tentando atravessar estas estruturas tradicionais para um além, que possibilite extravasamentos e reconstrução da ciência inserida num emaranhado de saberes.

Palavras-chave: Artes Híbridas. Ciência Híbrida. Monumentos.

ABSTRACT: The purpose of this paper is to punctuate the possibility of an hybrid production that can translate science into an artistic view which intersects this field with other knowledges. From Bruno Latour's perspective, I propose and analyse narratives which have journalistic features and were written by participants of a thematic workshop that discussed the role of Chemistry in the war and its possible relations to Hybrid Arts. I see this production as monuments which were built in a discursive field from non-traditional positions and possibilities. I try to go beyond the the traditional structures and make it possible to extend and to reconstruct science in a knowledge interweaving.

Keywords: Hybrid Arts. Hybrid science. Monuments.

1 PRODUÇÃO DIRETIVA E CONHECIMENTO

Nosso meio de transporte é a noção de tradução ou de rede. Mais flexível que a noção de sistema, mais histórica que a de estrutura, mais empírica que a de complexidade, a rede é o fio de Ariadne destas histórias confusas (LATOURE, 1994, p. 9)

A intervenção híbrida produz. A partir do nosso referencial, esta produção está prévia ao ato de fala, prévia à narrativa, prévia ao dito, mas não só: também se dá nestes espaços de produção; partimos da reflexão, dos sentidos e da subjetividade para objetivar a escrita e a narrativa daquilo que se percebe, que se sente.

E por intervenção híbrida se entende uma oficina sobre uma temática que possibilite de forma mais rápida as conexões com outros saberes para além do campo da química. A oficina planejada e posta em ação com estudantes de final de curso na graduação de Licenciatura em ciências de uma universidade pública, evidenciava a temática da guerra e foi pensada para potencializar a percepção das Artes Híbridas¹ no ensino de Química e a possibilidade de visualização dos constructos científicos a partir de uma ideia de rede, durante três momentos distintos: 1) instalação, 2) conteúdos artísticos e 3) produção de material híbrido escrito, sendo este último ponto o que pretende-se analisar neste artigo. Perceber, então, de que modo esta intervenção perpassa as participantes/estudantes, mobilizando-os a extravasar na escrita os sentimentos experimentados. Entendemos que esta última etapa² da pesquisa, de análise da oficina/intervenção, poderia se dar de outra forma, talvez mais qualitativa ou mais teórica, e ainda assim teria sua validade, mas, buscando dar corpo e consolidar os resultados desta pesquisa, empreende-se esforços na motivação de uma produção textual diretiva dos participantes, e posterior análise dos escritos baseados nesta produção textual. Utilizando-se das ferramentas de análise de discurso na vertente francesa engendrada às análises ácidas de Bruno Latour, empreende-se na investigação, principalmente, se a proposta de visualização das redes permitem construir conhecimento científico, se é possível administrar as informações ao ponto de construir saber, seja ele dentro das propostas curriculares tradicionalmente postas, ou, ainda, localizado em uma perspectiva não-tradicional.

¹ Artes Híbridas, como sendo uma aproximação entre as belas artes e as artes liberais.

² Percebendo que a plenitude deste trabalho se dá no acompanhamento de suas outras partes: Artigo I e Artigo II.

2 NÓ GÓRDIO OU EMARANHADOS?

Imagem 1 - O Nó Gordio



Fonte: Wikipedia, 2018.

Bruno Latour é um dos alicerces deste trabalho, nos fortalece e embasa, mas também inspira e motiva. Ele vai trazer o conceito de hibridação e também nos falar que a ciência dura precisa reatar o nó gordio, numa clara demonstração de que até mesmo a mitologia pode estar presente para contextualizar e explicar os conceitos que objetivamos. Górdio, na mitologia, foi um rei da Ásia menor de origem camponesa, e a lenda diz que ao assumir seu trono deixou sua humilde carruagem amarrada em frente ao palácio como símbolo de suas origens. Sucedido após a morte por seu filho Midas - mais conhecido por "seu toque dourado" - o rei deixou como herança a velha carruagem ainda amarrada por seu nó. Imaginando que a linhagem não tinha muitos sucessores devido à família humilde, depois de Midas o reino ficou sem representantes, tendo, pois, um antigo oráculo previsto ou decretado que assumiria o reino aquele que fosse capaz de desfazer o seu nó e conquistar sua posição. Neste momento, a mitologia se confunde com a história e se torna lenda quando se diz que o rei capaz de desatar este enigma foi Alexandre (O Grande), que teria dominado a Ásia ao "desatar" o nó em um golpe único de sua espada. Então, mitologicamente, desatar o nó gordio ficaria conhecido como uma habilidade e responsabilidade daqueles que ambicionariam resolver grandes problemas e conquistar muitas glórias, ou, no campo do conhecimento, seria separar todos os nós que separam o cientista de seu objetivo de entender cada um deles separadamente. A inspiração que Latour fornece a esta pesquisa se dá justamente na possibilidade de uma ciência atual que necessite reatar os nós que foram separados, irônica e paradoxalmente com o mesmo objetivo de

compreensão, desta vez mais ampla e num panorama híbrido de coletividade e construção colaborativa entre as várias ciências. E é neste sentido que se propõe a produção deste material das estudantes, com a finalidade de perceber os nós sendo reatados e entender a ciência enquanto emaranhado.

Cabem algumas grandes questões e provavelmente nenhuma resposta efetiva, mas precisamos entender se é possível constituir com algumas intervenções fissuras no solo árido e rochoso do ensino de Química. Os graduandos conseguem "escapar" da linearidade de um currículo estruturado por conceitos e proposições apenas da Química? Eles conseguem puxar fios histórico-sociais-econômicos capazes de visibilizar o quão imbricado estão na produção de conhecimento com relações de poder-saber? As estudantes, ao se colocarem diante da arte e ao serem questionados sobre a Química, conseguem produzir um texto híbrido? Quais os limites e quais as fronteiras que conseguem ser borradas?

Para que possamos buscar respostas ou produzir novas perguntas sobre o tema, produzimos uma oficina, e, desta curta oficina, buscamos duas produções das estudantes: na primeira, o impacto traduzido em palavras de uma experiência áudio-imagética³; na segunda, estes estudantes/participantes da oficina artística foram provocados a criar um texto e refletir sobre os temas e os debates elaborados durante as atividades, produzindo um material com estilo jornalístico, com inúmeras exigências. Esta segunda etapa, analisaremos nas páginas que se seguem. Porém, precisamos parar um pouco a narrativa para explicar os vários aspectos do material solicitado:

1) O estilo jornalístico - apresentação do texto em colunas e com imagens. A solicitação nasce do primeiro capítulo do livro *Jamais Fomos Modernos* (1994) de Latour, onde o autor introduz seu trabalho simulando a leitura de um jornal:

Na página quatro do jornal, leio que as campanhas de medidas sobre a Antártida vão mal este ano: o buraco na camada de ozônio aumentou perigosamente. Lendo um pouco mais adiante, passo dos químicos que lidam com a alta atmosfera para os executivos da Atochem e Monsanto, que estão modificando suas linhas de produção para substituir os inocentes clorofluorcarbonetos, acusados de crime contra a ecosfera. Alguns parágrafos à frente, é a vez dos chefes de Estado dos grandes países industrializados se meterem com química, refrigeradores, aerossóis e gases inertes. Contudo, na parte de baixo da coluna, vejo que os meteorologistas não concordam mais com os químicos e falam de variações cíclicas. Subitamente os industriais não sabem o que fazer. Será preciso esperar? Já é tarde demais? Mais abaixo, os países do Terceiro Mundo e os ecologistas metem sua colher e falam de tratados internacionais, direito das gerações futuras, direito ao desenvolvimento e moratórias [...] Na página

³ A experiência e o impacto desta oficina são abordadas de forma mais ampla no Artigo I desta dissertação.

oito, são computadores e chips controlados pelos japoneses, na página nove embriões congelados, na página dez uma floresta em chamas, levando em suas colunas de fumaça algumas espécies raras que alguns naturalistas desejam proteger; na página onze... (LATOIR, 1994, p. 7).

Tensionando as estudantes para quebrar uma forma textual própria das exatas, que é a escrita pouco narrativa, e, ao mesmo tempo, fazendo-os produzir seu primeiro nó górdio inteligível para um público não iniciado em Química.

2) O uso da fonte Helvética - pedimos às participantes que trabalhassem o texto com esta letra incomum, quase desconhecida de um estudante de graduação. O que observamos pode ser chamado de resiliência, as participantes não questionaram o porquê dessa fonte. “O design gráfico é a janela da comunicação, pela qual lemos o mundo (...) a forma como a informação chega a nós (...) a vida de um designer é uma vida de luta, luta contra o feio” (HELVETICA, 2007, s/p).

Já entendendo que o desenho e a escolha da fonte também é uma maneira de expressão artística, como de alguma forma já mencionamos (artigo 2), selecionamos a Helvética baseados no caminho desta fonte, que surge em 1957, pós segunda guerra. Ademais, embasados pela relação não só artística, mas também histórica da criação e utilização da fonte neste e em posteriores períodos, propomos seu uso como maneira de aproximação à abordagem jornalística. Fundamentados pelo documentário “Helvética” (2007), realizamos essa aproximação pelo visual limpo que desde a criação deste grafismo se propunha a passar uma imagem de ordem, de neutralidade e simplicidade. Inspirada no modelo tradicional de design suíço, a helvética tem uma temática mais gradil, simples e fechada, de fácil análise e leitura, com espaçamentos e ângulos mais retos.

Depois do horror e do cataclisma da segunda guerra [...] existia um sentimento de idealismo entre alguns designers no mundo, principalmente na Europa, o desenho era parte da necessidade de reconstruir [...] fazer as coisas funcionarem mais suavemente, fazê-las mais democráticas [...] existia esse senso de responsabilidade social (HELVETICA, 2007, s/p).

Utilizada como representação de uma Europa pós-guerra, buscando uma unidade de pensamentos, não foi um cenário de difícil propagação da helvética enquanto ideal moderno, simplista. Isto nos representa a possibilidade de pensar os trabalhos com helvética como potentes no que tange a temática da guerra e, ainda mais, das formalidades envolvidas nos jogos de poder trazidos por ela.

3) O título sugerido de “As redes da guerra: A Química na sala de aula & na banca de revista” – a proposta era produzir um texto versando sobre a aproximação dos conhecimentos do currículo tradicional com as realidades e produções múltiplas da guerra.

4) Usar os materiais fornecidos e debatidos nos espaços da oficina - A produção textual é muito importante na ciência, pois entende-se que o fato científico é o resultado de enfrentamentos que produzem atos discursivos, aprovados em uma comunidade que o legitima e o contesta; a “comunicação” do conhecimento é tão ou mais importante do que sua produção (LOGUERCIO, 2004).

As diferentes formas de construir os textos surgem quando os códigos de linguagem de cada ciência sem fronteira são entrecruzados em novos limites do saber. No caso específico dos lugares em formação [...] os embates entre o que pode ser dito e o como pode ser dito não apenas está no poder de narrar, mas na constituição das novas narrativas e seus sujeitos [...] As questões de linguagem não se restringem a produções literárias como dissertações, teses e artigos; são questionamentos importantes também na interlocução dos campos de origem [...] Se entendermos a pesquisa [...] como uma busca de qualificação das atividades de ensino, pesquisa e reprodutibilidade e dispersão dos mesmos, precisamos entender como esse processo pode ser produtor de saberes e, portanto, articulador de poderes (LOGUERCIO, 2004, p. 75).

A solicitação de um determinado tipo de texto pode produzir uma fissura na estrutura aprendida nas arenas da ciência e da escola tradicional. A ideia é ter uma aproximação do cotidiano, através de um artigo não científico - como estes que se lê informalmente, até mesmo nos consultórios médicos a espera de atendimento - com abordagem de uma revista ou jornal de banca. Justifica-se, então, a apresentação com formatação em colunas juntamente com a utilização de imagens, a utilização de fonte específica e a potência do seu título, como um dos textos (anexo 1) apresentados durante a prática.

Entendemos, que o trabalho e a função social do pesquisador são sempre coletivos, uma vez que este nunca está sozinho em sua pesquisa. Seus trabalhos seriam uma organização coletiva de disputa e conquista da verdade, sendo a coletividade destes trabalhos o que diferenciaria as ciências de outras formas do conhecimento. As ciências passariam a ser entendidas como um recorte do saber, se lançando em um empenho de aceitação que, a razão se faz potente a partir do debate (CHRÉTIEN, 1994). A produção textual é, na maioria das vezes, uma tarefa individual, mas se torna sempre coletiva na publicação, no momento de divisão com os pares; a produção só seria completamente individualizada se não passasse pelo processo de compartilhamento, mas, convenhamos, isso resultaria em uma falta de propósito da escrita.

Da produção não se exige os rigores e formalidades acadêmicos, mas se incentiva, pelo compartilhamento das ideias, a coletividade dos textos contruídos; na oficina os trabalhos são divididos e debatidos, para que cada participante se enriqueça ao ler e falar sobre o tema de si e dos colegas. Algumas observações estavam predefinidas para analisarmos o movimento dos estudantes com uma temática múltipla, que pode ser interpretada como fora dos conceitos químicos. Mesmo a representação escrita e seu estilo - a forma afora o conteúdo - era analisada, pois, entende-se, pode fazer parte do discurso, pode produzir discursos ou, ainda, ser o próprio resultado da produção dos discursos.

3 OS CONSTRUCTOS E O PERCURSO DE ANÁLISE

Seguindo a linha ou os caminhos de nossa pesquisa, que se encaminhou a, primeiramente, localizar na história os discursos da ciência e dos processos da cientificidade para, posteriormente, perceber outras maneiras de narrar estas construções, com o objetivo de localizar a ciência em um emaranhado de saberes, fazendo parte de uma rede que se dá a partir dos híbridos, podemos perceber, também nas produções desta intervenção, estes caminhos que reproduzem a lógica moderna, quando notamos alguns lapsos de crença na ciência positivista. O pensamento científico crítico marginaliza seus estudos, separando-os sempre e encaixotando-os em três conjuntos, quais sejam: fatos, poder, discurso.

O buraco de ozônio sobre nossas cabeças, a lei moral em nosso coração e o texto autônomo podem, em separado, interessar a nossos críticos. Mas se uma naveta fina houver interligado o céu, a indústria, os textos, as almas e a lei moral, isto permanecera inaudito, indevido, inusitado (LATOIR, 1994, p. 11).

Um pensamento híbrido que consiga interligar estes três conjuntos, além de criticamente impensável, é, na prática, difícil de ser executado ou posto em ação, bem sabemos. O exercício de um pensamento híbrido já é tarefa que exige muito estudo, muita reflexão, mesmo para aqueles que se encontram fora dos estagnados meandros culturais da cientificidade - apesar de nos posicionarmos fora deste entendimento, não pretende-se aqui afirmar que fizemos este papel com maestria na elaboração das partes componentes da pesquisa - portanto, sendo as estudantes do grupo pesquisado majoritariamente oriundas da “ciência dura” e das “práticas de bancada” na Química, esperava-se certa dificuldade neste processo de reflexão e principalmente de produção/tradução, pois, como compreende Michel Foucault, só é possível que se diga aquilo considerado aceitável dentro da epistême em que se encontra inserido.

[...] eu definiria épistémè como o dispositivo estratégico que permite escolher, entre todos os enunciados possíveis, aqueles que poderão ser aceitáveis no interior, não digo de uma teoria científica, mas de um campo de cientificidade, e a respeito de que se poderá dizer: é falso, é verdadeiro (FOUCAULT, 1997, p. 247).

Nas análises que fizemos do material produzido durante a intervenção/oficina, encontramos uma marcação forte na crença de uma ciência positivista, linear e progressista. Como podemos perceber nos excertos que seguem em que as palavras como "avanço" e "desenvolvimento" são frequentes. Mesmo em uma primeira leitura, é possível reconhecer os termos do regime de verdade que acompanha o referencial moderno.

[...] houve um grande avanço em pesquisas para aumentar e desenvolver novos processos capazes de atender a demanda (PARTICIPANTE 1).

Da mesma forma que na Primeira Guerra Mundial houve um grande avanço tecnológico na Química, a Segunda Guerra Mundial também ocasionou um grande avanço (PARTICIPANTE 2).

Então, de um ponto de vista, o desenvolvimento tecnológico é realmente acelerado quando está envolvido com as guerras. Às vezes seu mal uso entristece os inventores (PARTICIPANTE 3).

Na tentativa de diminuir o número de mortos, os países envolvidos nas guerras investem no desenvolvimento de novos medicamentos (PARTICIPANTE 4).

Antes, porém, é importante retomar aqui o entendimento de “regime de verdade”; para Foucault (1997), a verdade é produzida neste mundo graças a múltiplas coerções, e produz efeitos regulamentados de poder: “Cada sociedade tem seu regime de verdade, sua ‘política geral’ de verdade [...] os tipos de discurso que ela acolhe e faz funcionar como verdadeiros; os mecanismos e as instâncias que permitem distinguir os enunciados verdadeiros dos falsos” (FOUCAULT, 1997, p.12).

Podemos fazer uma aproximação desta ciência positivista - herança de um ideal moderno do científico - nos utilizando dos ditos por Stuart Hall, quando este fala sobre a descentralização do sujeito social moderno. Em sua obra “A identidade Cultural na pós-modernidade” (2005), Hall nos traz cinco grandes avanços na teoria social, as quais ele vai chamar de “descentrações”, que ao longo do século XX tiveram impacto pra desfazer um ideal de sujeito cartesiano, e que aqui queremos aproximar rapidamente do ideal de cientista/professor de ciências moderno ainda muito presente na atualidade. O primeiro ponto nos fala de uma outra análise dos ditos de Karl Marx, entendendo que ele desloca posições-chave da filosofia moderna quando afirma que as ações do indivíduo apenas podem ser realizadas nas condições históricas em que

ele está inserido, deslocando a importância da teoria do sujeito para as relações sociais. A segunda descentração versa a respeito da noção Freudiana do inconsciente, e de como os processos simbólicos contradizem a imagem natural do sujeito fixo com identidade única e estável. A identidade seria, então, “algo formado, ao longo do tempo, através de processos do inconsciente, e não algo inato (...) ela permanece sempre incompleta” (HALL, 2005, p.38). O terceiro momento está relacionado com a linguagem, associado ao trabalho de Saussure, Hall vai dizer que “Nós podemos utilizar a língua para produzir significados apenas nos posicionando no interior das regras da língua e dos sistemas de significado da nossa cultura” (HALL, 2005, p. 40). O quarto descentramento se apoia no conceito de poder disciplinar de Foucault, que explica as relações de poder envolvidas em manter a vida e as atividades individuais sob o controle de todos, e que, apesar de este controle ser fruto de instituições coletivas, ele se dá de forma individualizada nas ações e nos corpos dos sujeitos. Por fim, Hall fala do impacto do movimento feminista (entre outros movimentos sociais da década de sessenta) como crítica teórica e que ele abriu “para a contestação política, arenas inteiramente novas de vida social (...) enfatizou, como uma forma política e social, o tema da forma como somos formados e produzidos como sujeitos generificados” (HALL, 2005, p. 45), partindo da questão de gênero para trazer um entendimento de que as relações pessoais também fazem parte da política e devem ser debatidas como tal.

Pode-se, então, relacionar todos estes cinco pontos de revolução no pensamento moderno e de relação do indivíduo com a sociedade com o campo da epistemologia da ciência para explicar o porquê de uma ciência positiva ser um entrave ao nó górdio. O indivíduo inserido historicamente, construído e não fixo, que entende as limitações das regras de linguagem contemporâneas, regulado individualmente pelos jogos de poder coletivo e que percebe as relações pessoais como política, teria mais ferramentas para se constituir socialmente, e, na nossa proposta, construir visões educacionais e científicas mais amplas. Munido destas ferramentas e se deslocando dos ideais modernos, podemos ampliar o espectro de possibilidades no empreendimento de reatar o nó górdio e possibilitar a junção de ditas áreas tão distintas.

Os críticos desenvolveram três repertórios distintos para falar de nosso mundo: a naturalização, a socialização, a desconstrução [...] Cada uma destas formas de crítica é potente em si mesma, mas não pode ser combinada com as outras [...] Uma tal colcha de retalhos seria grotesca. Nossa vida intelectual continua reconhecível contanto que os epistemólogos, os sociólogos e os desconstrutivistas sejam mantidos a uma distância conveniente, alimentando suas críticas com as fraquezas das outras duas abordagens. Vocês podem ampliar as ciências, desdobrar os jogos de poder, ridicularizar a crença em uma realidade, mas não misturem estes três ácidos cáusticos (LATOURE, 1994, p. 11).

Não temos a pretensão de nos enxergarmos como este educador que consegue, em sala de aula, a partir de nossa prática, unir os “três ácidos cáusticos” no ensino ou problematizar para que os estudantes o façam perfeitamente, mas sim, partindo desta proposta de intervenção, mobilizar e facilitar um entendimento mais amplo do que é a ciência e de onde se localiza o campo de estudo daquilo que se diz científico e, ainda, por que o dizem científico; evidenciar, através das lentes das Artes Híbridas e da potência, e da mobilização do conhecimento nos períodos de grandes disputas e combates, os engendramentos construídos do saber e provocar no futuro pesquisador em ciência (seja na educação, seja no laboratório) a possibilidade de tradução do mundo de uma perspectiva para além da crítica, por assim dizer. “Desde o salão de madame de Guermites, sabemos que é preciso um cataclisma como o da Grande Guerra para que a cultura intelectual modifique ligeiramente seus hábitos e receba em sua casa os esnobes anteriormente indesejáveis” (LATOIR, 1994, p. 13).

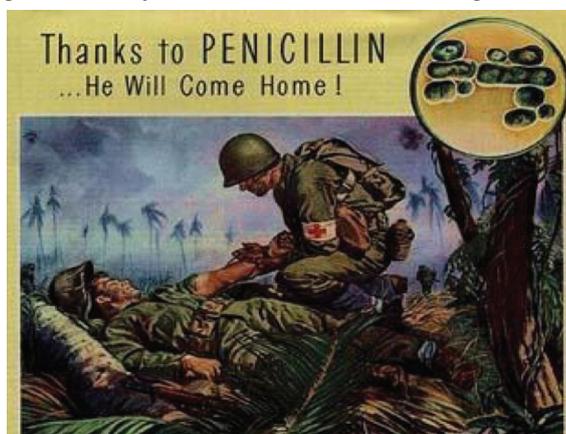
São poucos os fatos que nos possibilitam a percepção das redes e a leitura de um mundo híbrido quanto os períodos de guerra, percebemos isto nas falas de pensadores como Bruno Latour e Michel Foucault, não por acaso duas referências para a nossa proposta. Analisamos, então, a produção textual dos estudantes que deveriam localizar pontos de contato entre a Química, os períodos de guerra (sejam eles quais forem), o ensino de ciências na sala de aula e o conhecimento apresentado como informação em uma abordagem jornalística. Localizando, mas tentando ultrapassar esta barreira, nos propomos a analisar os textos produzidos para além das marcações de ciência crítica. Para localizar as possíveis mobilizações híbridas, nos empreendemos em uma leitura mais atenta e uma interpretação mais cuidadosa dos escritos. Atentemos, aqui, para o seguinte texto e subsequente imagem apresentados pela Participante 2:

A difícil produção da penicilina em grande escala e a falta de financiamento deixou a descoberta por longo período parada. Somente durante a Segunda Guerra Mundial que, também na Inglaterra, Howard W. Florey e Ernst B. Chain retomaram a pesquisa de Fleming e conseguiram produzir a penicilina em escala industrial. Em 1940, a penicilina foi utilizada pela primeira vez em um paciente humano, um policial, vítima de uma grave infecção sanguínea. [...] Tal era o interesse nessa produção que o governo americano autorizou 19 companhias a produzir o antibiótico (PARTICIPANTE 2).

Um texto que versa, de uma maneira geral, sobre a Química dos medicamentos e como isso poderia ser trabalhado em sala de aula utilizando estes conhecimentos e relacionado-os com os conceitos das funções orgânicas, segundo sugestão do autor. Costurando a elaboração dos fármacos nos pe-

ródos de guerra com a pesquisa e a indústria de medicamentos, damos ênfase a este excerto específico do texto pois ele dá visibilidade aos meandros das relações de poder na pesquisa, que constroem regimes de possibilidade intelectual dependendo das condições políticas de seu tempo. Por exemplo, o estudante evidencia o caso da Penicilina justificando que sua pesquisa desenvolveu-se no período de guerra pois tinha importância direta no front de batalha e nas possibilidades de manter os soldados por mais tempo em campo para conquistar mais vitórias, ou, ainda, para fazer a propaganda em solo nativo de que os soldados voltariam para casa salvos devido ao medicamento (Imagem 2). O texto, então, costura a Química, a farmácia, a guerra, a política, o financiamento de pesquisa, a propaganda militar e o apoio político da população; além de mostrar que a propriedade intelectual não é tão valorizada nos tempos conflituosos caso seja capaz de atrasar as vitórias bélicas.

Imagem 2 - “Graças à PENICILINA... Ele vai chegar em casa!”



Fonte: Imagem produzida pelo participante 2, 2018.

Baseado na evolução da Química, não só a partir da guerra, mas principalmente suas contribuições na alimentação, o texto de outro participante costura uma linha histórica dos avanços científicos na produção, conservação e distribuição dos alimentos, e como isso diferencia os homens dos animais, por exemplo. Analisemos alguns trechos dele que nos permitem visualizar os emaranhados científicos:

Iniciava-se um processo de pesquisa de alimentos e de saúde pública. A segunda guerra mundial insere a mulher no setor produtivo, retirando-a do ambiente familiar, onde era a responsável pela preparação dos alimentos [...] Isso liberta a mulher da jornada do preparo de refeições para sua família (PARTICIPANTE 3).

Em um texto que, inicialmente, aborda a química dos alimentos e as diferentes maneiras de conservação devido às necessidades dos campos de batalha, a participante faz uma aproximação destes processos científicos com questões de gênero. Discutir o papel da mulher na guerra e na sociedade nestes

tempos, elaborar hipóteses sobre o deslocamento social feminino devido às mudanças tecnológicas e uma nova perspectiva de organização familiar - na década de 50 - são tópicos emergidos em uma teorização química sobre a guerra e o ensino. A partir desta relação, que outras discussões são possíveis de se construir a partir de um olhar amplo de ciência? Que possibilidades podem ser pensadas para a sala de aula de ciência, seja no nível básico ou superior? Perguntas que podem ser complexas e ao mesmo tempo potentes, mobilizadoras. E não é outro se não esse o objetivo do trabalho que aqui se apresenta, qual seja, o de mobilizar novas visibilidades de educação e de mundo a partir de um entendimento mais amplo de ciência. O trabalho da referida participante ainda segue e se utiliza de outros contextos e de imagens para fazer novas conexões.

As rações consumidas pelos soldados americanos na segunda guerra eram disponibilizadas conforme as diferentes operações realizadas, eram chamadas de rações: do tipo K (ração de assalto), tipo C (de combate), ração B (de consumo diário) e tipo D (uso emergencial). As rações do tipo K eram separadas em três caixas que correspondiam às três refeições diárias: café da manhã (carne e ovos enlatados, cereal, barrinha de frutas, açúcar, goma de mascar e cigarros), jantar (queijo, limonada ou laranja, torrões de açúcar, gomas de mascar, cigarros e fósforos) e supper (carne, biscoitos, cigarros e fósforos) (PARTICIPANTE 3)

Imagem 3 - As rações na guerra



Fonte: Imagem produzida pelo Participante 3, 2018.

Curiosidades, fotografias (imagem 3), informação, novas possibilidades nos métodos de conservação, conexão com o científico, tudo isso como uma maneira de aproximar conhecimentos através da abordagem de reportagem,

possibilitando que toda essa informação possa se tornar conhecimento pela construção do debate que inter-relacione diferentes áreas do saber.

O aluno ao ser instigado a construir um pensamento [...] pode facilmente relacionar com o ambiente onde vive [...] ao relacionar temas históricos com a importância de uma série de compostos químicos que foram e ainda são fundamentais, se dá a oportunidade do aluno de construir suas próprias ideias a respeito do assunto [...] a Química não faz parte de um conhecimento isolado (PARTICIPANTE 3).

O estudo da Química envolve o processo de transformação da matéria [...] Seja no domínio do fogo, nos processos de cozimento de alimentos ou nas pinturas rupestres, a Química está desde sempre associada com a forma de vida e desenvolvimento humano. [...] Dentre muitos contextos históricos onde a Química é importante, as guerras têm se mostrado uma grande fonte de conhecimento e aprendizagem da disciplina de Química, uma vez que esta ciência está profundamente associada aos períodos das grandes guerras (PARTICIPANTE 1).

Como consequência dos graves ferimentos provenientes da guerra, os Estados Unidos criaram uma bandagem de algodão e celulose para usar nos ferimentos graves dos combatentes, hoje utilizado como absorvente feminino [...] Outros produtos desenvolvidos durante a primeira grande guerra foram introduzidos com o objetivo de auxiliar a saúde tanto dos combatentes quanto da população (PARTICIPANTE 1).

Conforme percebe-se, aparecem, também, alguns relatos da importância da contextualização para o ensino-aprendizagem de Química na produção dos participantes da oficina, dado que a mesma se realizou, como já narrado, num curso de licenciatura. A busca por uma aplicabilidade na área de atuação profissional é uma tendência recorrente e positiva. Assim podemos identificar nos excertos a cima o olhar direcionado para uma prática futura.

Entendemos que esses movimentos, sozinhos, não contemplam a trajetória construtiva de hibridação, mas, de novo, reiteramos que os participantes, apesar de vinculados à uma disciplina de educação, eram todos advindos da área “dura” da Química, e por isso avaliamos positivamente estas mobilizações, cuja potencialidade tende a ser muito rica. É possível identificar estes movimentos e potencialidades em outros trabalhos, igualmente.

A contextualização dos temas da guerra (política, história etc.) nas aulas de Química é ponto recorrente nos textos, mas é igualmente recorrente nas propostas de possíveis cruzamentos com saberes outros que não os científicos para a mobilização do conhecimento, seja ele formal ou não. Contextos polí-

tico-sociais que trazem consigo potencial de reflexão, como a utilização cotidiana de artefatos produzidos na duração de conflitos que têm seu propósito reinventado na sociedade: “A exemplo está o teflon, que foi descoberto como um produto pegajoso que não aderiria a nada. Posteriormente, foi empregado para revestir as primeiras bombas atômicas” (PARTICIPANTE 1).

Restam não só aos cientistas e pesquisadores de Química, mas também aos financiadores das pesquisas, serem capazes de progredir cientificamente sem vincular o crescimento científico a uma necessidade de guerras, onde há inúmeras vidas inocentes em jogo” (PARTICIPANTE 1).

Com o entendimento de uma relação próxima entre ciência/cientista e entidades de financiamento de pesquisa, percebemos uma aproximação de responsabilidade mais ampla quanto ao científico, mas por que o professor/educador ainda não aparece nesta relação de poderes/saberes?

Outra aluna traz uma posição onde poderia se enxergar mais momentos de entrecruzamentos múltiplos, os quais nos referimos continuamente durante a apresentação do material da oficina e ao fomentar os debates de nossa proposta, além de propor que eles refletissem e escrevessem sobre.

Apesar de tudo isso, é bem verdade que, quando ao final de cada guerra, as populações estão famintas, sofrendo com todo tipo de racionamentos e ainda com cidades que necessitam ser reconstruídas. Tudo então é movido no período do pós-guerra para reparar danos presentes. Então, naturalmente, a economia dos países gira mais rápido (se comparadas à destruição que ficou) e os principais setores como agricultura e indústria são acionadas fortemente” (PARTICIPANTE 2).

Entendimento de sociedade e relações econômicas durante os conflitos. Muitos participantes falaram das possibilidades de criação tecnológica nas grandes guerras, mas a relação desta produção com uma intencionalidade econômica é levantada com muita relevância. Seria o progresso no pós-guerra uma condição “natural”, no sentido de planejada, desejada, almejada? Teria este planejamento relação direta ou indireta com o financiamento da produção de conhecimento científico?

A parte da Física e da Química que ainda estava obscura, apesar de contar com grandes pensadores como Einstein, Bohr, Hahn, Meitner, Fermi, von Neumann, Feynman, Wilkins, Heisenberg, todos eram contemporâneos e estavam em um dos dois lados [...] Hitler não tinha essa via como prioridade e tratava-a aparentemente em segundo plano. “Física teórica era ‘coisa de judeu’ e custaram a entender as implicações do átomo partido”. Outro motivo das guerras: preconceito. Mas será que a energia nuclear só nos serve para destruição? (PARTICIPANTE 2).

A relação Química, História e Política aparece novamente, mas agora com um questionamento da moral que põe em cheque a relação saber/poder com a ética e com o preconceito. Diversos pensadores de um “lado” da guerra, muitos deles de origem judaico-germânica que fugiram dos horrores do holocausto para, justamente, ter a possibilidade de seguir seus estudos; pensadores, estes, que aparecem com uma forte representatividade em todos os livros didáticos de ciências desde os primeiros anos de estudo, ou seja, trazem a potencialidade de mobilização para uma ciência que faz parte de uma rede desde os primeiros contatos com o científico. “Mas, na escola, como trazer toda essa informação para a sala de aula sem carregar junto com ela pânico, demonização e arrependimento? [...] Para que tudo isso realmente ocorra, precisamos de inteligência para saber usar a tecnologia” (PARTICIPANTE 2).

Por fim, o último excerto escolhido versa especificamente sobre uma problematização da maneira como se deve abordar o conhecimento relacionado com conflitos: como ensinar? Provocação recorrente também, mas esperada na medida em que trabalhávamos com alunos que se pretendem Licenciados - mesmo que advindos do Bacharelado/Industrial. A aplicabilidade das Artes Híbridas diretamente em conceitos Químicos curriculares não fazia parte das intenções desta pesquisa, mas sim, a partir das Artes mobilizar um outro entendimento das científicidades, um novo olhar, mais amplo, que possibilite percepções outras para o educador/intelectual específico no momento de disputar saberes, espaços e construções educacionais não-ordinárias.

Tentar analisar estes excertos e falas de futuros professores de Química, mobilizados ou não por uma perspectiva artística, significa perceber o que se diz ou pode se dizer em um campo discursivo, “é operar sobre os documentos, desde seu interior, ordenando e identificando elementos, construindo unidades arquitetônicas, fazendo-os verdadeiros monumentos” (FISCHER, 2001, p. 205).

4 O CURRÍCULO: DA TRADIÇÃO AO NÓ

Existem diferentes trabalhos que evidenciam as possibilidades de agir sobre o currículo estabelecido, como as indicações de Lopes (2013) e Petrucci et al (2011), aplicados, aqui, mais especificamente ao currículo de Química. Essas possibilidades discorrem sobre o impacto das aproximações narrativas, afetivas e cotidianas nos trabalhos de Petrucci et al, bem como as peculiaridades dos currículos construídos como formas de estratégias de controle e produção cultural em Lopes.

Na medida em que é questionado o sujeito centrado e com identidades fixas, são desestabilizados os projetos curriculares que têm por propósito formar uma dada identidade no aluno ou operar com uma identidade

docente pré-estabelecida. Também são desestabilizados os projetos de formação de um sujeito emancipado e consciente, capaz de dirigir a transformação social. Se deixamos de ter projetos de futuro fixos e certezas em relação ao futuro, os projetos de formação para uma dada sociedade são contestados. Sociedade é ela mesma uma categoria impossível (Laclau, 2008), pois não há fundamentos absolutos que a sustentem como uma identidade plena. Tal conclusão leva-nos a pensar como construímos politicamente o que entendemos por social [...] Se são questionadas as noções de verdade e de certeza, a própria noção de conhecimento a ser ensinado é questionada e os embates em torno do que ensinar na escola assumem outros contornos (LOPES, 2013, p. 18).

Quando saímos de uma lógica curricular exata e deixamos de pensar que ela exerce uma função dogmática, possibilitamos novas imaginações e deslocamentos na ordem, oportunizando desestabilizações nas certezas curriculares. Os dogmas do conhecimento científico e as ciências ditas exatas podem ter um papel importante de influência na quebra de paradigmas e verdades estabelecidas, pois quando passamos a perceber estas rupturas em locais tão rígidos como o campo da ciência, chegamos a um entendimento mais amplo do papel social do saber.

Se as demandas da diferença são mais significativas – diferenças de gênero, sexualidade, etnia, raça, região, religião e tantas mais que são produzidas pelo constante diferir –, as demandas por um currículo multicultural multiplicam-se [...] a linguagem e a prática de uma educação multicultural possibilitam que alunos e professores repensem hierarquias e relações opressivas de poder, rompendo com sistemas eurocêntricos e colonialistas (LOPES, 2013, p. 19).

Inserida em uma realidade cultural diversa, onde se manifestam questões sociais intrigantes, a escola tem de ressignificar o seu papel e, com isso, elaborar estratégias que dialoguem com o tempo-espço de seus estudantes e que permitam o debate de ideias. Estratégias que destoem do entendimento ordinário e forneçam ferramentas suficientes para que atores da educação, na troca de experiências, imaginem novas possibilidades de arranjos sociais. As práticas culturais e o estudo da linguagem são ferramentas que possibilitam estes entendimentos quando rompem com antigos sistemas e permitem uma relação destes autores com suas posições de poder-saber.

A transformação social como um projeto do currículo é pensada considerando que a política de currículo é um processo de invenção do próprio currículo e, com isso, uma invenção de nós mesmos. Uma luta política constante e sem fim, mas exercida contextualmente por cada um de nós e por isso mesmo sendo capaz de trazer em si uma possibilidade de esperança (LOPES, 2013, p. 21).

Como de alguma maneira já foi tratado neste trabalho, um entendimento de política cotidiana se faz necessário numa educação transformadora. Cabe aqui percebermos a relevância do currículo nestas disputas diárias, que condicionam a vivência e o cotidiano de professores e estudantes. A política curricular perpassa todos os atores da educação, estejam eles nas instituições ou na comunidade escolar, e cabe a todos nós as decisões que possibilitam outras estratégias contextualizadas de mudança. A invenção “de uma nova possível significação do social, do currículo e da educação, é um espaço de ação, algo que temos o poder de inventar” (LOPES, 2013, p. 20). Este poder temos todos, atores da educação, nos espaços que estamos inseridos, nos lugares de possibilidade de diálogo, e, principalmente, nos espaços da pesquisa, que nos confere um lugar de poder, saibamos utilizá-lo para que nossas paixões nos movam no sentido de criação de novas concepções educacionais.

Segundo Goodson, um currículo que se preocupe em ouvir as paixões, buscas, sonhos e vontades dos que nele estão incluídos tem a potencialidade de trazer novamente o narrar de experiências, e não apenas de vivências. Isso possibilitaria que se repensasse o presenteísmo e o individualismo, propiciando a busca por um futuro coletivo e social. [...] Enfatizar a potencialidade de um currículo tecido pela e nas narrativas torna-se promissor quando pensamos, juntamente com Benjamin, que o narrar está atrelado ao saber aconselhar, sendo este aconselhamento entendido menos como uma forma de saber responder perguntas e mais como uma maneira de se dar sugestões (PETRUCCI et al, 2011, p. 202).

Façamos aqui uma pausa para um exercício que coloque a imagem em ação, ao refletirmos sobre o currículo tradicional - que a autora vai referir como ligado ao presente - que contempla a estratégia de “separar para compreender”, desatando os nós e propondo uma ideia social de conhecimentos destacados uns dos outros; imaginemos a escassez de possibilidades que se denota disto, junto aos rigores do “método científico” aplicados ao enquadrarmos as disciplinas em âmbitos opostos. Nesse sentido, nos somamos à Petrucci et al, ao pensarmos e propormos a inserção das Artes Híbridas como possibilidade de imaginação e possibilidade de exposição dos sentimentos, através da fala, da escrita e da reflexão, entendendo que estes sentimentos mobilizam e fortalecem um aprendizado não ordinário. A construção de um currículo que seja construído com, e permeado pelo conhecimento narrado se torna possível a partir desta perspectiva, o que, de outra maneira, poderia parecer inimaginável se advindo de propostas tradicionais que, entende-se, permitem pouca desordem.

Nesse contexto, a narrativa encontra-se intimamente relacionada ao ato de lembrar, entendido como o exercício do despertar, a possibilidade de resignificação da própria experiência através das memórias conscientes e inconscientes cheias de significados, sentimentos e sonhos. Na lembrança, emergem o ato de viver, o entrecruzamento de tempos (passado, presente e futuro), espaços e visões. Produzir narrativas, nesse sentido, não é só relatar, mas trazer as experiências no plural e trazer à tona as antigas narrativas sob o ponto de vista cultural [...] retomando relações pessoais e coletivas, construir uma outra forma de percorrer o mesmo trajeto [...] sem perder de vista a dimensão histórica e social do conhecimento a ser construído. Tal entrecruzamento possibilita o enraizamento de experiências articulando, através da narrativa, saberes das trajetórias de vidas individuais e o conhecimento socialmente instituído (PETRUCCI et al, 2011, p. 215).

Com a inspiração de um currículo narrativo onde relações pessoais e coletivas se articulam, articular também, usando como estratégia o relato, os sentimentos e a potência que a intervenção artística propõe, os conhecimentos de amplas áreas, visualizando cada saber como um ramo ou uma corda que ao se entrecruzar possibilita divergências e convergências múltiplas e que este é o emaranhado do qual o saber é formado, e que, na pretensão de juntar as pontas de cada corda, se possa percebê-lo e, com isso, utilizá-lo enquanto potência na produção do conhecimento estabelecido.

5 DISPERSÃO & CONSIDERAÇÕES

A produção é diversa, os resultados também, a proposta pretende provocar, mobilizar, e, obviamente, esta provocação acontece distintamente em cada participante, por suas particularidades, por intervir no percurso que os levou até aquele espaço, pelo ideal de profissional científico que carregam em si e os move em direcionamentos diversos. Podemos tergiversar sobre as infinitas possibilidades de aplicação e desenvolvimento desta proposta, no ensino básico (em abordagens qualitativas ou quantitativas, talvez), nos anos iniciais da graduação, em futuros intelectuais/professores, em futuros intelectuais/educadores, em profissionais da indústria ou voltados para o mercado de trabalho, enfim, a pesquisa não esgota e nem pensa num esgotamento, mas o contrário, como o início de um percurso longo e árduo de novos olhares, de novos intelectuais e de uma nova ciência, que construa mais e separe-se cada vez menos.

Nos posicionando com distância no que se refere a uma suposta tentativa de esgotar o debate proposto no início desta pesquisa, e, com efeito, sabendo das complexidades envolvidas na tentativa de visibilizar novas perspectivas, não só educacionais, mas também da Química e das relações poder-saber,

podemos entender que a construção, aplicação e análise da intervenção híbrida talvez não tenha se equiparado com as idéias de seus referenciais. O filósofo da ciência francês Bruno Latour fala da possibilidade de hibridarmos a tríade Fato-Sociedade-Discurso e percebê-las nas relações sociais de uma maneira geral; entendemos que isso pode se pensar possível - porém não simples - para o campo das ciências ditas “exatas/duras/cruas”, possibilidade, esta, que se traduz em movimentos complexos, intensos e constantes, sejam eles nas disputas curriculares, nas disputas e propostas didáticas, nas disputas da pesquisa acadêmica ou, efetivamente, nas disputas do dia-a-dia da rotina de laboratório. Por fim, pode-se utilizar os ditos de Michel Foucault, quando este nos diz que as pequenas construções cotidianas fazem parte da principal possibilidade de disputar os campos de poder, exercendo a microfísica onde quer que estivermos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHRÉTIEN, C. **A ciência em ação**. Campinas: Papirus, 1994.
- FISCHER, R. M. B. Foucault e a análise do discurso em educação. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, n. 114, p. 197-223, nov. 2001.
- FOUCAULT, M. **Microfísica do Poder**. 11. ed. Rio de Janeiro: Graal, 1997.
- HALL, S. **A identidade cultural na pós-modernidade**. Tradução de Tomaz Ta-deu da Silva e Guacira Lopes Louro. 10. ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2005.
- HELVÉTICA**. Diretor: Gary Hustwit. Produção: Gary Hustwit. Plexifilm, 2007. DVD (80 min), Color. UK.
- LATOUR, B. **Jamais fomos modernos**: ensaio de Antropologia simétrica. Tradução de Carlos Irineu da Costa. Rio de Janeiro: Ed.34, 1994.
- LOGUERCIO, R. Q. **Grupos nos limiares do saber**: Casos da educação em bioquímica. 2004. 108 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas – Bioquímica) – Instituto de Ciências Básicas da Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- LOPES, A. C. Teorias pós-críticas, política e currículo. **Educação, Sociedade & Culturas**, Porto, n. 39, p. 7-23, 2013.
- PETRUCCI, M. I. et al. NARRATIVAS E MÔNADAS: potencialidades para uma outra compreensão de currículo. **Currículo sem Fronteiras**, Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 198-217, jan./jun. 2011.
- WIKIPÉDIA. **Gordian Knot**. 2018. Disponível em: https://en.m.wikipedia.org/wiki/Gordian_Knot. Acesso em: 01 nov. 2018.

UMA PROPOSTA DE ENSINO INVESTIGATIVO SOBRE A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA: O EFEITO FOTOELÉTRICO

Marcello Ferreira¹

Universidade de Brasília – UnB – Brasil
marcellof@unb.br

Olavo Leopoldino da Silva Filho²

Universidade de Brasília – UnB – Brasil
olavolsf@unb.br

Alessandro Pinto Freitas³

Universidade de Brasília – UnB – Brasil
prof.alefreitas@gmail.com

Renato Lourenço⁴

Universidade de Brasília – UnB – Brasil
renato.xf@hotmail.com

Michel Lourenço⁵

Universidade de Brasília – UnB – Brasil
michelmbll@hotmail.com

¹Doutor em Educação em Ciências pela UFRGS. Professor do Instituto de Física e do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UnB.

²Doutor em Física pela UnB. Professor do Instituto de Física e do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UnB.

³Mestrando em Ensino de Física na UnB. Professor de Física da Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal (SEDF).

⁴Mestrando em Ensino de Física na UnB. Professor de Física da Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal (SEDF).

⁵Mestrando em Ensino de Física na UnB. Professor de Física da Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal (SEDF).

RESUMO: O presente trabalho teve por objetivo apresentar um material didático que permitisse tratar da Física Moderna e Contemporânea, em especial o efeito fotoelétrico, de modo contextualizado no cotidiano do aluno. O público alvo foi uma turma do 3º ano de Ensino Médio, turno noturno, na Região Administrativa do Gama, administrado pela Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal. As aulas foram elaboradas com base nos Três Momentos Pedagógicos de Delizoicov e Angotti (1994) – problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento –, aqui denominados: 1ª fase – situações do cotidiano de conhecimento diário dos alunos; 2ª fase – exposição dos conhecimentos necessários para a compreensão dos temas estudados e da problematização inicial; e 3ª fase – abordagem sistemática do conhecimento incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo quanto outras que, embora não estejam diretamente ligadas ao momento inicial, possam ser compreendidas pelo mesmo conhecimento. Após a coleta de dados, foi possível constatar que o material elaborado experimentalmente em sala de aula instigou os alunos, qualificando a aprendizagem e a curiosidade. Assim, mostra-se evidente a necessidade de aplicabilidade da FMC ao cotidiano, de modo a facilitar sua abordagem. Espera-se que o material aqui produzido sirva de modelo para professores de Física.

Palavras-chave: Física Moderna e Contemporânea. Efeito fotoelétrico. Três Momentos Pedagógicos. Ensino de Física.

ABSTRACT: The present paper aims at presenting a didactic material that allowed to deal with the Modern and Contemporary Physics, in particular the photoelectric effect, in a contextualized way in the daily life of the student. The target audience was a the third year high school group of the night shift, in the Administrative Region of Gama, administered by the Department of Education of the Federal District in Brazil. The classes were prepared based on the Three Pedagogical Moments of Delizoicov and Angotti (1994) - initial problematization, organization of knowledge and application of knowledge, here denominated: 1st phase - situations of the students' daily knowledge; 2nd phase – exposition of the knowledge necessary to understand the subjects and the studied initial problematization; and 3rd phase - systematic approach of the knowledge incorporated by the student to analyze and interpret both the initial situations that determined the study and others that, although not directly linked to the initial moment, can be understood by the same knowledge. After the data collection, it was possible to verify that the material elaborated experimentally in the classroom instigated the students qualifying the learning and the curiosity. Thus, the need to apply FMC to everyday life is evident, in order

to facilitate its use as a learning tool. It is hoped that the material produced here can serve as a model for teachers of Physics.

Keywords: Modern and Contemporary Physics. Photoelectric Effect. Three Pedagogical Moments. Physics Teaching.

1 INTRODUÇÃO

A Física tem por norte pesquisar muitos fenômenos e suas causas que se desdobram em aplicações em várias áreas, tais como: indústria, guerra, Medicina, Engenharia, isto é, desde as reações nucleares em cadeia, que ocorrem nos reatores nucleares e nas bombas, até o funcionamento de *lasers* e fibras óticas utilizadas em telecomunicações, passando por dispositivos semicondutores e circuitos integrados para a eletrônica.

O engajamento desta área científica no cotidiano social é algo muito importante. Destarte, muitos alunos não sabem a exata explicação de determinados fenômenos, principalmente quando estes estão relacionados com a Física Moderna e Contemporânea (FMC). Um exemplo desse tipo de lacuna é a aplicação dos conceitos e relações conceituais relativas ao Efeito Fotoelétrico (EF) para a explicação do acender e apagar das luzes dos postes em função da luminosidade do meio.

De fato, é possível uma análise de tal fenômeno nas mais diversas ações cotidianas, a saber: impressão a *laser*, dispositivos automáticos (portas eletrônicas e torneiras automáticas), controle remoto etc. E, ainda, é possível fazer menção aos novos aparelhos de *laser* utilizados na Medicina para a correção de defeitos da visão, retirada de tatuagem, remoção de pedras nos rins, tratamento de queimaduras, entre outros procedimentos.

Na transição do século XX para o século XXI, tanto a ciência como a tecnologia têm superado barreiras antes sequer imaginadas. Muitas descobertas e invenções trouxeram para o cotidiano aparelhos e equipamentos que encurtaram distâncias e expandiram os limites do conhecimento e da imaginação, acarretando em um paradoxo que disputa a atenção dos jovens com milhares de outros atrativos, apesar de o ensino de algumas disciplinas parecer estagnado.

A FMC possui um contexto histórico muito interessante. No ano de 1887, H. Hertz¹ realizou uma série de experimentos com os quais demonstrou a existência das ondas eletromagnéticas, ao observar que a energia eletromagnética capturada pelo sistema era utilizada para produzir a faísca nas pontas do receptor. Fazendo uso de vários obstáculos colocados entre as pontas dos aparelhos (papelão, vidro e quartzo, por exemplo), ele observou que o vidro,

¹Heinrich Rudolph Hertz (1857-1894), físico alemão.

diferentemente do quartzo, afetava a distância máxima, concluindo, corretamente, que o efeito se dava pela incidência, nas pontas do receptor, de luz ultravioleta produzida na descarga do transmissor. Tal fenômeno é conhecido como efeito fotoelétrico²: a luz ultravioleta (ou radiações mais energéticas como raios X e raios gama) incidindo em um metal faz com que elétrons sejam ejetados da superfície metálica.

Já no início do século XX, precisamente no ano de 1905, Albert Einstein, fazendo uso, de forma mais geral, das ideias de Planck³ para a energia dos osciladores na cavidade do corpo negro, logrou explicar as propriedades observadas no efeito fotoelétrico. Planck, em sua demonstração, se restringiu à quantização da energia para o caso dos osciladores (elétrons) nas paredes da cavidade. As ondas no interior da cavidade (produzidas pelos elétrons oscilando) eram quantizadas em decorrência disso. Einstein, então, a partir das exigências interpretativas do fenômeno, considerou que a *origem* da quantização da energia decorreria de uma constituição *corpuscular* dos raios luminosos, cada um portando uma quantidade fixa de energia que era transmitida praticamente de forma instantânea aos elétrons da placa na forma de choques. Os fenômenos usuais não permitiam observar tal característica devido ao grande número de fótons normalmente associado à energia radiante (assim como um líquido aparenta ser um fluido contínuo e não formado por elementos discretos).

Aqui, faz-se importante perceber que antes da descoberta da difração da luz, Newton⁴ desenvolveu um modelo corpuscular para a luz que, no entanto, não corresponde às ideias de Einstein, principalmente porque seu modelo não previa a difração da luz (fenômeno tipicamente ondulatório)⁵. Para explicar a difração e a interferência, Einstein supôs que as partículas de luz (fótons) não se moviam como partículas usuais, mas que se propagavam com intensidades médias dadas pela amplitude da onda eletromagnética associada, dada pelo modelo ondulatório. O caráter corpuscular seria manifestado apenas no processo de interação da radiação eletromagnética com a matéria (na emissão e absorção), quando a troca de energia se daria, segundo este modelo, por meio de colisões.

² A. Einstein, *Annalen der Physik* (Leipzig) (1905).

³ Karl Ernst Ludwig Max Planck (1858-1947), físico alemão.

⁴ Sir Isaac Newton (1642-1727), matemático, físico e filósofo inglês.

⁵ De fato, o interesse, à época, de Newton era explicar o fenômeno da polarização, que também resistia à explicação ondulatória (não se imaginavam as ondas eletromagnéticas como sendo transversais). Assim, Newton propôs um modelo de “corpúsculo de luz” em que tais corpúsculos apresentavam anisotropia estrutural que *seria* responsável pela polarização. Entretanto, este deve ser considerado apenas um modelo genérico, do qual se *vislumbra* a possibilidade de compreensão do fenômeno da polarização. Newton jamais formalizou esta explicação a partir das considerações dos corpúsculos de luz.

Seguindo as ideias de Planck, Einstein associou à radiação de frequência ν fótons de energia $E = h\nu$. A intensidade de luz passou a ser dada, então, pelo número de fótons emitidos por unidade de tempo. Supôs-se também que no efeito fotoelétrico um único fóton interage com um elétron, sendo completamente absorvido por este, que, após a interação, terá uma energia cinética $E = h\nu$. Após receber tal energia pela interação com o fóton, o elétron deve ainda perder alguma energia até escapar da superfície do metal. Assim, a energia cinética do elétron ejetado do metal se dá conforme a equação 1, vide figura 1:

Equação 1 - Equação característica do efeito fotoelétrico

$$K = E - \phi = h\nu - \phi \quad (1)$$

Em que:

K = energia cinética;

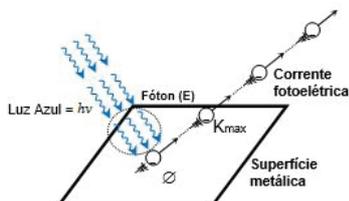
E = energia do fóton;

ϕ = função trabalho realizado para arrancar o elétron do metal;

h = constante de Planck; e

ν = frequência da radiação.

Figura 1 – Exemplo de Efeito fotoelétrico com incidência de luz Azul



Fonte: Figura elaborada pelos autores, 2018.

Com este conjunto de hipóteses, Einstein explicou o fenômeno do efeito fotoelétrico conforme Figura 1, até então não entendido na Física Moderna, apontando um comportamento de dualidade onda-partícula para os fótons; isto é, hora se comportam como onda eletromagnética ao viajar no espaço, ora se comportam como partícula no momento de colisão.

A estruturação das aulas teve como base os três momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti (1994), quais sejam: 1) Problematização inicial; 2) Organização do conhecimento; e, 3) Aplicação do conhecimento. Quando da proposta da problematização inicial, apresentou-se um vídeo gravado pelos próprios autores com o título “acender dos postes”⁶, mostrando o acender e o apagar das luzes dos postes; por conseguinte, o conceito de quantização de energia e fóton – a demonstração experimental (Relé fotoelétrico); posteriormente, uma série de discussões das questões/situações-problemas. Neste sentido, o

⁶ Disponível em <https://youtu.be/gDHLPSuz1rE>.

objetivo nesta fase inicial foi despertar o interesse dos alunos, fazendo com que eles formulem diferentes respostas e hipóteses da situação.

Para a coleta de dados, propôs-se um questionário com as questões problemas, contendo cinco questões com as seguintes abordagens: 1) Sobre painéis solares; 2) Sobre o funcionamento das luzes de iluminação pública; 3) Tipos de sensores de movimento no uso cotidiano; 4) Portas automáticas encontradas nas portas de shopping, torneiras e portas de elevadores, que se acionam ao se aproximar e se afastar delas; e 5) Descrever sobre o que sabe sobre o Efeito Fotoelétrico.

Diante do exposto, é preciso salientar o fato de ser comum encontrar alunos com a ideia de que estudar Física é algo difícil, chegando a afirmar que nunca farão uso daquele conhecimento adquirido em sala de aula. Assim, é possível questionar o motivo pelo qual não entendem a Física, cabendo aos docentes da área melhorar os métodos utilizados em sala de aula, tendo em vista que, em alguns momentos, podem parecer ultrapassados.

Neste ínterim, a presente pesquisa investigativa buscou as respostas para o seguinte questionamento: que potencialidades as práticas relacionadas ao cotidiano do aluno podem trazer de ganho para o ensino e a aprendizagem da Física? É em vista da discussão deste problema que propomos a presente pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A fundamentação teórica deste estudo, relativamente ao ensino, teve por base a obra Metodologia do Ensino de Ciências, de Delizoicov e Angotti (1994), que apresenta uma proposta das concepções de educação de Paulo Freire denominadas “Três Momentos Pedagógicos”, assim caracterizados: 1) Problematização inicial; 2) Organização do conhecimento; e 3) Aplicação do conhecimento.

Freire trata da pedagogia libertadora, das concepções de problematização e do processo de tal problematização. Já Delizeicov e Angotti (1994) destacam que toda atividade educacional pode ser aplicada nos três momentos pedagógicos supramencionados.

Sobre a teoria de Paulo Freire (1988), ela é progressista e se enquadra em uma tendência pedagógica libertadora, uma vez que tem por escopo a libertação do oprimido, que, por sua vez, libertaria o opressor. E, ainda, possui dois pilares, quais sejam: 1) Autonomia – para dar consciência ao educando de si e do mundo; e 2) Liberdade – para libertar o aluno, o oprimido, daquilo que o oprime. Neste sentido, aquele autor considera a educação como uma ferramenta social de libertação.

Diante das mazelas da sociedade em que estava inserido, Freire (1988) desenvolveu um método de alfabetização libertador conhecido como método Paulo Freire. Embora tivesse sido muito elogiado e seu método utilizado em muitos países da África e das Américas, incluindo até mesmo países desenvolvidos, no Brasil ele foi inicialmente marginalizado porque suas proposições foram entabuladas na época da ditadura – ocasião em que o Estado dispensava forte resistência ao comunismo. Por outro lado, seu método também era criticado porque defendia a tomada de consciência por parte dos educandos, além da liberdade e a autonomia destes, opondo-se aos ideais políticos que lhe eram contemporâneos.

Nesta esteira, Freire (1977) defendeu uma metodologia de alfabetização como meio de dar consciência aos analfabetos oprimidos – motivo pelo qual se pautou principalmente na classe operária. E, com efeito, ao defender seu método, faz uma reflexão sobre a educação bancária – transmissão do conhecimento sem qualquer reflexão; isto é, o educador simplesmente faz depósitos de conhecimento na mente dos alunos, que apenas acumulam informações, memorizando-as, sem reflexão; e tal ação maximiza a opressão, tolhendo a criticidade dos educandos, ao passo que satisfaz os interesses dos opressores, fazendo a condição de opressor o sonho do oprimido. Infelizmente, ainda é possível observar na estrutura educacional vigente os fundamentos da educação bancária.

Freire (2006) também discute o currículo, por criticar a adoção (imposição) de um currículo único e defender a liberdade de cada região brasileira em criar o seu próprio, tendo em vista as grandes diferenças regionais de uma nação continental. De fato, a realidade do aluno está diretamente associada à compreensão, sendo que, para este, o conteúdo ensinado tem que fazer sentido. Isto quer dizer, a título de exemplo, que não faz muito sentido para um aluno estar envolto à temática “quatro estações do ano” em lugares em que, de fato, somente existem duas; ou, ainda, fazer uso de palavras desconhecidas em uma região por conta das condições ali existentes, como, por exemplo, a palavra “pulôver”⁷ em locais como Belém do Pará, em que o clima é tipicamente quente.

Para Freire (1988), a consciência crítica (criticidade) e a dialogicidade são condições *sine qua non* para a libertação. Igualmente, o diálogo deve ter início na busca do conteúdo programático, que deve ser concebido em uma ótica do educador com o educando (MOREIRA, 2017).

Assim, para um ensino dialógico, Freire (2006) defende o uso de temas geradores, isto é, uma abordagem temática que possibilite ao aluno romper dog-

⁷ Espécie de suéter sem mangas que se veste sobre a camisa.

mas durante sua formação, construído horizontalmente com os estudantes. A escolha dos temas geradores deve estar intrinsecamente ligada à realidade social e regional do aluno, fazendo-lhe sentido, tornando-se, de fato, uma prática libertadora.

Freire (1988) se refere aos temas como objetos de estudo de compreensão no processo educativo, sendo que, na perspectiva epistemológica aqui adotada, constituem-se como objetos de conhecimento. O aspecto mais significativo da proposta educacional outrora apresentada é a proposição quanto ao currículo escolar: a estruturação das atividades educativas, incluindo a seleção de conteúdos que devem constar na programação das disciplinas, bem como sua abordagem sistematizada nas salas de aula, rompe com o tradicional paradigma curricular, cujo princípio estruturante é a conceituação científica, isto é, um currículo concebido com base em uma abordagem conceitual (DELIZOICOV, 2018).

Delizoicov e Angotti (1994) associam a redução temática da proposta freiriana à proposta curricular a ser desenvolvida pelo professor e, neste sentido, destacam os temas interligando o conhecimento do professor e do aluno. Aqueles autores destacam os grandes eixos balizadores nessa abordagem de ensino: o conhecimento que se quer tornar disponível, as situações significativas envolvidas nos temas e sua relação com a realidade imediata em que o aluno está inserido e os fatores ligados diretamente à aprendizagem – o tema gerador⁸ é uma forma de articular as três dimensões.

Freire (1988) assevera que o educador, no momento de problematização, deve fazer os alunos entenderem ou mesmo compreender a relação com os temas, isto é, na fase inicial a problematização seja acessada pelo professor.

Conforme exposto anteriormente, Freire (1988) propõe um processo em três momentos ou fases para estruturar a dinâmica em sala de aula, quais sejam: 1) Codificação; 2) Problematização; e 3) Decodificação, constituindo, assim, uma síntese das dimensões dialógica e problematizadora, que moldam o ato de educar. Com base em um código representando qualquer dos múltiplos canais de comunicação e das situações envolvidas nos temas, tal processo deve ser planejado de modo que sejam exploradas a dimensão dialógica do ato educativo e a dimensão problematizadora do ato do conhecimento. Neste ínterim, pretende-se lograr:

- a) A apreensão pelo educador do significado que o sujeito-aluno atribui às situações, logo que o aluno é imerso a uma interpretação da sua

⁸ São idealizados como um objeto de estudo que compreende o fazer e o pensar, o agir e o refletir, a teoria e a prática, pressupondo um estudo da realidade em que emerge uma rede de relações entre situações significativas individual, social e histórica, assim como uma rede de relações que orienta a discussão, interpretação e representação dessa realidade.

vida cotidiana, ao passo que possa ser problematizado sistematicamente;

- b) A apreensão pelo aluno, via problematização, fazendo se envolver explicitamente à formulação de problemas que devem ser enfrentados por meio da interpretação originada de conhecimentos científicos – introduzida pelo professor no processo de problematização e previamente planejada e estruturada em unidades de ensino; e
- c) A manifestação do educando, que seria o conhecimento inicial, refletindo, assim, seu nível de consciência sobre a situação apresentada inicialmente.

Os três processos apresentados por Paulo Freire têm como meta proporcionar subsídios para o enfrentamento e a superação desse nível de consciência, o que envolve rupturas. É precisamente nesse aspecto que a cultura elaborada, associada a essa dinâmica didático-pedagógica, tem um papel a desempenhar.

Parece claro que, se as rupturas outrora mencionadas são referentes à consciência dos alunos, elas também apontam para aquelas que necessitam ocorrer no sistema educacional, nos mais diversificados níveis de atuação. Em outros termos, a ação educativa revela-se como um processo que, rompendo com práticas educativas já estabelecidas historicamente, vai promovendo as transformações necessárias (DELIZOICOV, 2008).

Na hipótese do ensino de Física sob o viés freireano, o professor, juntamente com os alunos, pode escolher um tema gerador que norteará determinado conteúdo. Neste sentido, a escolha dos temas geradores tem início com a investigação – oportunidade de levantamento dos possíveis temas geradores, com base em critérios regionais e culturais, que se relacionem com a realidade do aluno. Em seguida, tem-se a tematização – momento em que novos temas geradores relacionáveis podem surgir. E, por último, tem-se a problematização – o aluno se conscientiza, e aquele conceito se torna um objeto de luta, de liberdade, por parte dos aprendizes. Por exemplo, poder-se-ia escolher, para determinada região do País, o tema gerador “geração de energia elétrica”. Talvez, a região em comento possua uma usina hidrelétrica, um lago para tal finalidade, ou até mesmo alguma escassez de energia. Neste ínterim, com base nesse tema gerador, poder-se-ia trabalhar com o conceito de energia mecânica, hidrostática, hidrodinâmica etc. No caso em tela, o conteúdo a ser trabalhado faria mais sentido para o aluno, despertando-lhe maior criticidade e permitindo-lhe o diálogo, a prática dialógica.

Delizoicov (2005) propõe o problema como gênese do conhecimento de Bachelard (1996), e a problematização da atividade docente, proposta por Freire

(1988). Em Bachelard, é preciso observar as atribuições para a compreensão, em que o conhecimento tem as origens, ou melhor, buscando uma melhor solução para problemas consistentemente formulados.

Antes de tudo o mais, é preciso saber formular problemas. E seja o que for que digam, na vida científica, os problemas não se apresentam por si mesmos. É precisamente esse sentido do problema que dá a característica do genuíno espírito científico. Para um espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma questão. Se não houve questão, não pode haver conhecimento científico. Nada ocorre por si mesmo. Nada é dado. Tudo é construído (BACHELARD, 1977, p. 148).

Com base em Paulo Freire, tomando o problema como eixo estruturador da atividade docente, Delizoicov (2005) busca a exploração didática de temas significativos que envolvam contradições sociais e que proporcionem uma renovação dos conteúdos programáticos escolares em uma dimensão crítica. Daí o objetivo geral da presente pesquisa: discutir as potencialidades da problematização do cotidiano do aluno, a partir de fatos relacionados à FMC, em especial, o EF, com base em determinados experimentos e vídeos do fenômeno, analisando e discutindo as potencialidades e até mesmo as dificuldades com os alunos.

3 METODOLOGIA

O material didático proposto na presente pesquisa foi aplicado no Centro de Ensino Médio (CEM), na Região Administrativa do Gama (RA II), administrado pela Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal (SEE/DF), em uma turma do 3º ano do Ensino Médio, turno noturno. As fotos e filmagens da atividade experimental foram obtidas com uma câmera digital modelo WB-100, Samsung®.

O produto educacional foi aplicado ao longo de cinco aulas com duração de 45 minutos. As aulas foram elaboradas com base nos Três Momentos Pedagógicos de Delizoicov e Angotti (1994), a saber: 1) Problematização inicial; 2) Organização do conhecimento; e, 3) Aplicação do conhecimento, aqui denominados 1ª fase, 2ª fase e 3ª fase, respectivamente.

Castro (1976), afirma que a sequência didática é equivalente a um curso em miniatura. O autor defende a adoção da sequência didática por acreditar que “a aprendizagem por unidades atende às necessidades dos estudantes de maneira mais efetiva”.

As unidades didáticas “apesar de que seguidamente se apresentem em classe de modo separado, têm mais potencialidade de uso e de compreensão

quanto mais relacionadas estejam entre si”, é importante dizer que a ação tem por condição de aplicação que o professor integre/conecte os conteúdos aos conhecimentos fragmentados de forma clara e, assim, possa “integrar conteúdos teoricamente isolados ou específicos para incrementar seu valor formativo” (ZABALA, 1998, p.139).

Podemos afirmar que as unidades isoladas geram um melhor aprendizado ao permitir uma progressão na introdução de conceitos que favorece uma maior compreensão do tema pelos estudantes, diminuindo, assim, o esforço necessário por parte do professor para integrar os modelos e conceitos. Desta forma, em uma sequência didática bem estruturada, podem-se organizar temas de conteúdos mais simples e fundamentais antecedendo os temas mais complexos para que haja realmente uma sucessão lógica dos conteúdos, de modo a facilitar o entendimento do aluno. Além disso, essa sequência estruturada pode fornecer um encadeamento de grandes temas correlatos, evidenciando a ligação que existe entre as grandes áreas de uma disciplina ou até mesmo, numa perspectiva mais ampla, de disciplinas diferentes.

Assim apresentou-se um material didático experimental relacionado à busca da compreensão do que leva ao acender e apagar das luzes dos postes de iluminação pública – relé fotoelétrico. Buscou-se propiciar aos alunos o aprimoramento do conhecimento sobre as diferentes formas de análise das contribuições do efeito fotoelétrico no cotidiano, usando a estratégia da abordagem experimental (relé fotoelétrico). A atividade teve como intuito oportunizar aos alunos observar, na prática experimental, os processos do efeito fotoelétrico, bem como a metodologia física e, em geral, científica subjacente à prática, a fim de que possam compreender a aplicação da análise do fenômeno.

Para inserir adequadamente o aluno na atividade experimental, foi necessário introduzi-lo nos conceitos de quantização de energia, fóton e onda eletromagnética, apresentados de forma simples, para que o objeto de estudo tivesse seus objetivos alcançados.

Pretendeu-se alcançar, ao término da aplicação do material didático, a aquisição, por parte do aluno, do conhecimento necessário sobre o tema “efeito fotoelétrico”, de modo que este constitua, no decorrer das aulas, capacidade crítica para analisar o fenômeno em diferentes contextos do cotidiano. Assim, desmistificou-se o ensino de Física para o aluno, conforme afirmam Carvalho et al (2010, p. 176):

A Física é, de longa data, uma das disciplinas mais temidas pelos alunos do Ensino Médio. Grande parte dessa fama deve-se ao fato de que seu ensino tradicionalmente vem sendo pautado na transmissão de conceitos e fórmulas cujas relações com a realidade parecem inexistentes.

É sabido que o ensino de Física vem se ajustando de diferentes modos e, neste sentido, faz-se importante algum distanciamento dos métodos tradicionais, que utilizam a estratégia da apresentação de conteúdos e a resolução de exercícios, resultando em alunos desmotivados e com pouco apreço pelo ensino da disciplina em questão.

De fato, é preciso motivar os professores da atualidade no que tange ao modo tradicional de ensino, buscando a inovação nas aulas. Uma alternativa nessa direção são as atividades experimentais de baixo custo, isto é, aquelas que não necessitam de agendamento em laboratório, fazendo com que os alunos saiam da pura dimensão da abstração, e sejam direcionados para uma análise dos fenômenos físicos que despertam curiosidades e, conseqüentemente, despertam também o interesse na investigação científica: a relação teoria-experimento-realidade. Grande parte dos professores realiza atividades experimentais sem fazer, contudo, uma reflexão da visão de ciência ali embutida (AZEVEDO et al, 2009).

Para a realização da presente investigação, dispôs-se do conhecimento com base no referencial teórico outrora apresentado, isto é, os três momentos pedagógicos de Paulo Freire, cada um com sua função específica e diferenciada, aqui denominados 1ª, 2ª e 3ª fases, respectivamente.

Na 1ª fase foram trabalhadas as situações do cotidiano de conhecimento diário dos alunos. Assim, eles foram desafiados a expor o que pensam sobre tais situações, para que o professor pudesse ir vislumbrando seu conhecimento prévio. De início, deu-se a apresentação de um vídeo em que se tem o acender e o apagar das luzes dos postes da iluminação pública na cidade de Brasília, Distrito Federal. Esperou-se, então, que os alunos pensassem se tal ação realmente ocorreu de maneira automática ou se algum indivíduo liga e desliga todos os dias as luzes em questão, uma vez que nunca se abordaram estas situações a partir de elementos de Física Moderna (FM) e tampouco o EF.

A finalidade do desafio apresentado foi fazer o aluno pensar sobre a própria interpretação das situações propostas, ao ponto de desenvolver sua habilidade de criticar suas próprias perspectivas, e também a fim de iniciar uma discussão, instigando este aluno a perceber a necessidade da obtenção de novos conhecimentos para o entendimento da situação, agora com os conceitos físicos antes desconhecidos.

Por conseguinte, aguçaram-se explicações contraditórias e localizaram-se as possíveis limitações do conhecimento existente, quando este é confrontado com o conhecimento científico adequado ao fenômeno. Assim, no que tange ao material didático utilizado (material suplementar), é preciso que o aluno de-

tenha, de antemão, o conceito de quantização de energia, isto é, que entenda e conheça o que é um fóton de energia.

Delizoicov e Angotti (1994, p. 54) recomendam que a postura de educador deva voltar-se mais para “o questionamento e lançamento de dúvidas sobre o assunto, para que assim possamos responder e explicar os fenômenos científicos”. Neste sentido, apresentaram-se para os alunos vídeos interessantes sobre o fenômeno aqui proposto, de modo que tivessem a curiosidade de entender a Física e desenvolvessem o interesse pela disciplina.

A principal ação na problematização inicial foi apenas observar o que os estudantes sabiam e pensavam sobre o EF, se pelo menos ouviram alguma coisa sobre o tema, tendo em vista que a FM nunca lhes foi introduzida como conteúdo. Aqui, o professor organizou a discussão não para fornecer explicações prontas, mas sim para buscar o questionamento das interpretações apresentadas pelos estudantes. É importante recordar que, na forma como foi concebida, na problematização inicial nos momentos pedagógicos também se fazem presentes os conceitos iniciais, não importando se espontâneos ou não; isto é, os estudantes podem explicitar sua concepção científica acerca das questões desafiadoras que lhes são apresentadas.

A problematização inicial na situação de estudo em questão tem a função de significar as linguagens, que se desdobrarão em uma discussão conceitual. Assim, faz-se importante saber e conhecer os conceitos científicos centrais sobre os quais é preciso trabalhar e introduzir os termos necessários nos momentos propícios.

Na 2ª fase, o professor expôs os conhecimentos necessários para a compreensão dos temas e da problematização inicial estudados. É parte do produto (material suplementar) apresentar o conteúdo de modo claro e objetivo em aula expositiva e dialogada, isto é, no modelo tradicional. Aqui, os conhecimentos necessários para a compreensão do tema e da problematização inicial foram sistematicamente estudados sob orientação do professor.

Em relação ao núcleo do conteúdo específico de cada tópico, Delizoicov e Angotti (1994) afirmam que este deve ser preparado e desenvolvido durante o número de aulas necessárias em função dos objetivos definidos e do livro didático ou outro recurso pelo qual o professor tenha optado para seu curso, sendo ressaltados pontos importantes e sugeridas atividades com as quais se poderão trabalhar para organizar a aprendizagem.

Do ponto de vista metodológico, para o desenvolvimento de tal ação, o professor é aconselhado a fazer uso das mais diversas atividades, tais como: exposição, formulação de questões, texto para discussões, trabalho extraclasse, revisão e destaque dos aspectos fundamentais, além de experiências.

No momento da atividade pedagógica é importante enfatizar que os conhecimentos científicos são o ponto de chegada, quer da estruturação do conteúdo programático, quer da aprendizagem dos alunos, ficando o ponto de partida com os temas e as situações significativas que originam, de um lado, a seleção e organização do rol de conteúdo, ao serem articulados com a estrutura do conhecimento científico, e de outro, o início do processo dialógico e problematizador.

Para que os alunos compreendam cientificamente as situações problematizadas, o papel do professor na organização do conhecimento consiste no desenvolvimento de diversas atividades (a utilização de textos de divulgação científica, a produção escrita envolvendo a narrativa, a utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação – TICs – e a dinâmica discursiva, por exemplo).

A 3ª fase destinou-se à abordagem sistemática do conhecimento incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo, quanto outras que, embora não estejam diretamente ligadas ao momento inicial, possam ser compreendidas pelo mesmo conhecimento.

O papel do professor consiste no desenvolvimento de diversas atividades para capacitar os alunos a utilizarem os conhecimentos científicos explorados na organização do conhecimento, com a perspectiva de formá-los para articular constantemente a conceituação científica com situações que fazem parte de sua vivência. Aqui se tem a busca pela “generalização da conceituação”, isto é, a identificação e o emprego da conceituação científica envolvida, em que “é o potencial explicativo e conscientizador das teorias científicas que precisa ser explorado” (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2018, p. 21).

O estudante tem a potencialidade de compreender cientificamente as situações tratadas na problematização inicial, motivo pelo qual, nesse terceiro momento, retomam-se as situações iniciais, que agora passam a ser entendidas a partir do olhar científico.

Ao apresentar tal momento pedagógico, Delizoicov e Angotti (1994, p. 55) asseveram que ele:

Destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram o seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento.

Assim, pretende-se que, “dinâmica e evolutivamente”, o aluno perceba que o conhecimento, além de ser uma construção historicamente determinada, está

acessível para qualquer cidadão e, por isso, deve ser apreendido, para que se possa fazer uso dele; isto é, “pode-se evitar a excessiva dicotomização entre processo e produto, Ciência de ‘quadro-negro’ e Ciência da ‘vida’” (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1994, p. 55).

Entre as características da dinâmica dos Três Momentos Pedagógicos está a apresentação dos assuntos não como fatos a memorizar, mas como problemas a serem resolvidos, propostos a partir da experiência de vida dos educandos, para serem trabalhados. Ao problematizar uma situação particular adotando uma estratégia dialógica, os conceitos são integrados à vida e ao pensamento do educando. Em vez da memorização de informações sobre Química, Física ou Biologia, ocorre o enfrentamento dos problemas vivenciados.

Em síntese, o movimento da problematização contido nos Momentos supra-mencionados pode possibilitar que os educandos se tornem críticos das próprias experiências, interpretando suas vidas, e não apenas passando por elas.

A sequência de ensino investigativa aqui empreendida⁹ foi organizada com base em um conjunto coerente de atividades investigativas, tais como: vídeos, laboratório aberto em sala de aula, demonstração investigativa, textos históricos, problemas e questões abertas, recursos tecnológicos etc., abrangendo os três eixos estruturantes da alfabetização científica. Cada uma das atividades investigativas tem início com um problema que, quando de sua resolução, os alunos tinham condições de levantar hipóteses e, ao testá-las, argumentarem, evidenciando a estrutura de seus pensamentos.

Aqui, a questão relevante foi o estudo da aprendizagem dos alunos, dividido em problemas menores. Como se trata de uma proposta de sequência didática, faz-se importante destacar que não se tem um conjunto de conteúdo fixo a ser ensinado no decorrer da sequência. O direcionamento dado em cada momento, não somente na sistematização dos conteúdos abordados, mas também da problematização, deve ser adaptável à realidade dos alunos.

Para a aplicação do material didático, somente foi possível fazê-lo às terças e quintas-feiras. Portanto, o período das aulas foi compreendido entre 03 a 17 de outubro de 2018. A partir da primeira aula, as três fases foram aplicadas em todos os dias, e a única aula em que não foram utilizadas as três fases consecutivas foi a última, destinada à avaliação final, correspondendo, assim, apenas à 3ª fase.

No Quadro 1, tem-se um resumo das atividades desenvolvidas no decorrer das cinco aulas.

⁹ Esta elaboração foi realizada no âmbito da disciplina de Processos e Sequências de Ensino e Aprendizagem em Física no Ensino Médio, ofertada no 2º semestre de 2018 no curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade de Brasília (UnB).

Para a atividade experimental, buscou-se o menor custo possível para a montagem do experimento do relé fotoelétrico – que reproduz o funcionamento da iluminação pública dos postes – no Ensino Médio.

O objetivo principal foi facilitar o entendimento do assunto a ser abordado, e auxiliar o professor para que, ao ler o material, tenha novas ideias para uso em sala de aula, auxiliando na introdução e no aprofundamento do conceito de FMC em uma perspectiva contextualizada.

Quadro 01 – Plano de Aula com a utilização da visita técnica como recurso pedagógico

Data	Aulas	Fases	Atividades	Tempo
03/10/2018	Aula 01	1ª	<p>1. Abertura da aula (5 minutos): apresentação da técnica de ensino dos Três Momentos Pedagógicos pelo professor com foco nos objetivos e funcionamento.</p> <p>2. Vídeo do acender a apagar das luzes dos postes, com o conteúdo programático para leitura.</p> <p>3. Conceito de quantização de energia e fóton, que orientarão as discussões realizadas pelos alunos, como, por exemplo: o comportamento dual da luz: discutir as principais definições das ondas eletromagnéticas; definir o que é fóton; discutir qual a importância de verificar quais são os comportamentos da luz; quais princípios devem ser observados pelo aluno no que tange o Efeito Fotoelétrico. Com o material didático disponibilizado pelo professor; destacar os pontos mais importantes discutidos em sala de aula; verificar quais tópicos deveriam ter sido discutidos, mas não foram.</p> <p>4. Demonstração experimental (relé fotoelétrico), como modelo exato do funcionamento das luzes dos postes, propiciando assim discussão das questões-problemas.</p>	45 min.
		2ª	<p>1. Discussões sobre as questões que envolvem a atividade experimental: Instigar os alunos a falarem sobre as questões, de forma que a discussão seja atrativa. O professor, nesta fase, apenas media as discussões da problematização sugerida ou até mesmo de outras aplicações cotidianas que irão surgindo naturalmente ao longo das aulas.</p>	
		3ª	<p>1. A proposta dessa atividade é verificar o que os alunos sabem sobre essa área de conhecimento e instigar sua curiosidade sem nenhuma finalidade avaliativa.</p>	

Data	Aulas	Fases	Atividades	Tempo
05/10/2018	Aula 02	1ª	<p>1. Descrição dos fatos históricos relevantes: menção a Maxwell e às ondas eletromagnéticas.</p> <p>2. A primeira evidencia do EF no experimento realizado por Hertz na tentativa de provar as ondas eletromagnéticas de Maxwell.</p> <p>3. Discutindo que foi verificado em seus experimentos, que uma placa metálica neutra adquire carga positiva quando atingida por luz ultravioleta.</p>	45 min.
		2ª	<p>1. Discussão sobre a verdadeira descoberta do EF por Lenard ao estudar os raios catódicos.</p> <p>2. Explanar sobre a hipótese do gatilho e a criação das leis empíricas, destacando que esta explicação foi a mais aceita até 1911, mesmo depois da hipótese de Einstein em 1905.</p> <p>3. Argumentar que a física clássica não fornecia alicerces teórico para explicar os seus resultados experimentais.</p>	
		3ª	<p>1. Neste último momento, relatar sobre a explicação do fenômeno dada por Einstein inspirada na quantização proposta por Planck.</p> <p>2. Elencar o quanto foi importante as contribuições dadas por Einstein, em que o mesmo recebeu o prêmio Nobel pelos seus trabalhos conclusivos a respeito do EF, destacando que não foi fácil a aceitação da explicação de Einstein, elencando as tentativas refutadas de Millikan, que acabaram por corroborar de forma definitiva a hipótese de Einstein.</p>	
10/10/2018	Aula 03	1ª	<p>1. Conceituar o fenômeno EF.</p> <p>2. Explanar sobre a quantização da luz.</p>	45 min.
		2ª	<p>1. Explicar como a frequência e a intensidade da luz influenciam a emissão de elétrons de uma superfície metálica.</p>	
		3ª	<p>1. Apresentar a função trabalho e relatar que existe um certo valor para cada tipo de material, explicando que cada um necessita de uma energia mínima para que os elétrons sejam ejetados, e apresentar a equação do EF.</p>	

Data	Aulas	Fases	Atividades	Tempo
12/10/2018	Aula 04	1ª	1. Apresentar algumas aplicações tecnológicas do EF e discutir seu funcionamento.	45 min.
		2ª	1. Medida da resistência do sensor (LDR) com o multímetro com variação da luz incidente e explicação do seu funcionamento.	
		3ª	1. Demonstração de uma atividade experimental sobre Led LDR relacionando com a explicação do EF e com aplicação tecnológica desse fenômeno.	
17/10/2018	Aula 05	1ª	Não se fez necessário.	45 min.
		2ª	Não se fez necessário.	
		3ª	1. Ao final da implementação da sequência didática, aplicar o questionário avaliativo, que permitirá ao professor diagnosticar se houve apropriação do conhecimento pelos alunos, sobre o tema discutido.	

Fonte: Quadro elaborado pelos autores, 2018.

Como objetivos específicos, o presente estudo teve por destaque: a) A construção de um material didático que aborde o efeito fotoelétrico (material suplementar); B) O auxílio na abordagem do ensino do efeito fotoelétrico; e, C) a contribuição na aprendizagem do aluno. Os materiais necessários para a montagem do experimento estão listados no Quadro 02, a seguir. Estes foram adquiridos em loja de componentes eletrônicos em Brasília no mês de outubro de 2018.

Quadro 02 – Custo de materiais para atividade experimental

Material	Custo em outubro de 2018 (em R\$)
1 relé fotoelétrico	13,00
1 base do relé fotoelétrico	8,00
1 trilho de conectores sindal para fios de 4 mm	8,00
1m Fio encapado vermelho 2,5 mm	4,00
1m Fio encapado preto 2,5 mm	4,00
1m Fio encapado branco 2,5 mm	4,00
1 bocal de lâmpada	3,40
1 lâmpada	3,80
1 caixa de tomada completa	8,50
1 plug tomado macho	0,50
Total	57,20

Fonte: Quadro elaborado pelos autores, 2018.

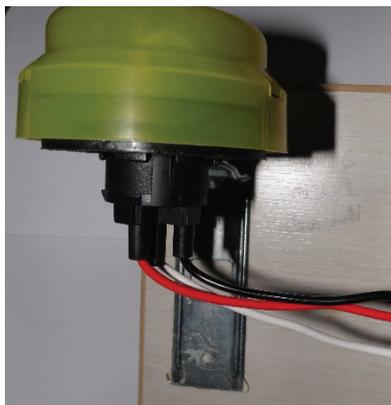
Para a montagem do experimento, fez-se uso de um alicate, cortando os fios no tamanho desejado. O circuito foi montado com fios flexíveis e com conectores sindal afixados sobre uma placa de Medium Density Fiberboard (MDF). O circuito poderia ter sido montado conectando os fios diretamente uns nos

outros, isolando-os com fita, mas, com o intuito de evitar acidentes, optou-se por usar os conectores. Além do mais, o trabalho torna-se mais prático com os conectores.

Os componentes foram fixados na placa MDF fazendo uso da cola TEK Bond, para, quando de seu manuseio, os componentes não se desprenderem.

Um passo importante nesta construção é certificar-se que os fios do relé fotoelétrico sejam conectados corretamente. Este é um dispositivo com três fios em sua saída, devendo ser conectado em uma base própria, onde estão os três fios de saída, geralmente nas cores preto, vermelho e branco (vide figura 2).

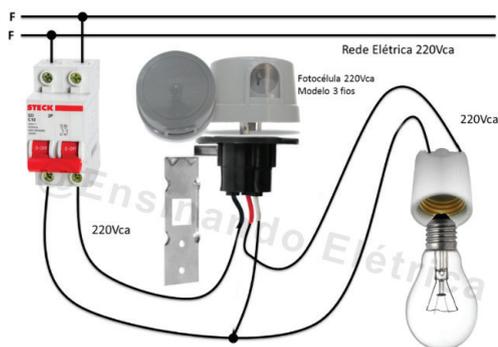
Figura 2 – Relé fotoelétrico com a base acoplada



Fonte: Figura elaborada pelos autores, 2018.

A montagem do circuito em uma rede de tensão de 220 volts é dada conforme a figura 3, que evidencia o modelo esquemático completo do funcionamento do modelo presente nos postes de eletricidade.

Figura 3 – Relé fotoelétrico montado a rede 220 volts



Fonte: Ensinando Elétrica, 2017. Figura adaptada pelos autores.

Em seguida, fez-se dois modelos esquemáticos do modelo de circuito elétrico ligado a uma lâmpada e exposto em sala de aula, conforme evidenciado nas Figuras 4a e 4b.

Figura 14a – Relé fotoelétrico ligado a uma lâmpada



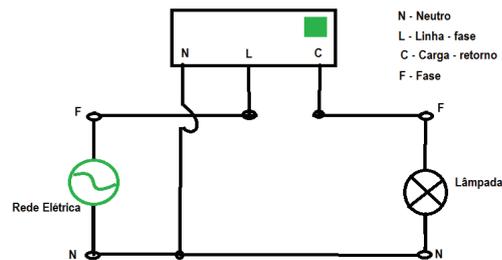
Figura 14b – Relé fotoelétrico ligado a uma lâmpada, montado em uma caixa de contatora elétrica



Fonte: Figuras elaboradas pelos autores, 2018.

Após a montagem do circuito elétrico, ligou-se na tomada, isto é, na rede elétrica, sendo percebido que a lâmpada não acendeu (vide Figura 5).

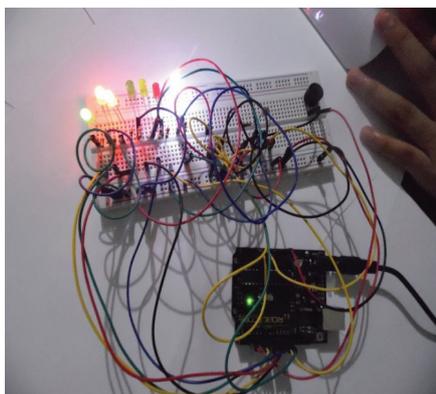
Figura 5 – Circuito elétrico relé fotoelétrico e lâmpada.



Fonte: Figura elaborada pelos autores, 2018.

Na busca por simular as portas automáticas dos Shopping, fez-se um modelo esquemático do modelo circuito elétrico em uma placa protoboard com o uso de placa Arduino, conhecido como “Projeto Alarme Multipropósito” exposto em sala de aula, conforme evidenciado na Figura 6.

Figura 6 – Alarme Multipropósito



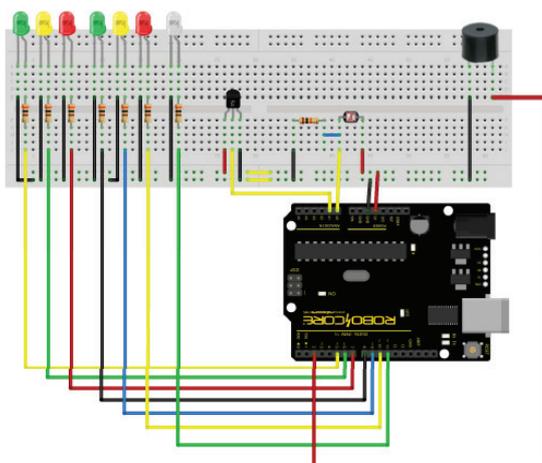
Fonte: Figura elaborada pelos autores, 2018.

Para a montagem deste experimento utilizamos alguns equipamentos eletrônicos, a saber: 02x Led Verde / 02x Led Amarelo / 02x Led Vermelho / 01x Led de Alto Brilho / 01x Buzzer 5V / 07x Resistor 300Ω / 01x Resistor 10kΩ / 01x LM35 / 01x LDR / cabos diversos.

Neste experimento do alarme multipropósito, se a temperatura estiver alta os três Leds deverão acender. Se os três Leds correspondentes à luminosidade estiverem apagados – indicando uma falta total de luminosidade no ambiente - um alarme deverá soar e um led de alto brilho irá acender.

A idéia de montagem deste experimento está disponível aos que adquirirem o produto de iniciantes para robótica, conforme figura 7.

Figura 7 - Alarme Multipropósito em Arduino



Fonte: Robocore kit iniciante V7.3 para arduino.

Em seguida, posicionou-se a mão em frente ao sensor fotoelétrico, simulando a noite, conforme evidenciado na figura 8, quando então a lâmpada acendeu.

Figura 8 – Simulando a noite, pondo a mão em frente ao sensor fotoelétrico.



Fonte: Figura elaborada pelos autores, 2018.

Em seguida, fizeram-se uso de alguns *lasers* de cores variadas no escuro, atingindo o sensor fotoelétrico, a fim de observar o que ocorre com a lâmpada. Com isso foi possível abordar o conceito de fóton, conforme evidenciado na figura 9, a seguir.

Figura 9 – Energia de diferentes frequências atingindo uma placa de metal



Fonte: Figura elaborada pelos autores, 2018.

4 ANÁLISE DE DADOS

Os dados foram analisados tomando por base a aplicação do produto “Relé fotoelétrico”, o questionário com as questões problemas e um questionário avaliativo aplicado no último dia de aula – requisito parcial de avaliação para a disciplina de Física.

A turma do turno noturno contava com um total de 32 alunos matriculados regularmente e que participaram assiduamente dos cinco dias de aplicação do material proposto. Assim, foi possível analisar todas as três fases em sua totalidade até sua finalização.

A estruturação das aulas teve como base os três momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti (1994), quais sejam: 1) Problematização inicial; 2) Organização do conhecimento; e, 3) Aplicação do conhecimento. Quando da proposta da problematização inicial, apresentou-se um vídeo gravado pelos próprios autores com o título acender dos postes¹⁰, mostrando o acender e o apagar das luzes dos postes; introduziu-se o conceito de quantização de energia e fó-

¹⁰ Disponível em <https://youtu.be/gDHLPSuzrE>.

ton – a demonstração experimental (Relé fotoelétrico); posteriormente, foi feita uma série de discussões das questões/situações-problemas. Neste sentido, o objetivo nesta fase inicial foi despertar o interesse dos alunos, fazendo com que ele formule diferentes respostas e hipóteses da situação.

Por fim, relataram-se a história e o conceito do EF proposto por Albert Einstein. De fato, trabalhar os conceitos de EF por meio de aplicações no cotidiano do aluno proporciona as seguintes habilidades: a) Desenvolvimento da capacidade de observação crítica; b) Aprimoramento da capacidade de trabalhar em equipe; c) Incitação a um comportamento mais autônomo dos alunos em relação à figura do professor; d) Aprofundamento da discussão de um tema proposto; e e) EF, mediante participação ativa dos alunos.

Para a coleta de dados, propôs-se um questionário envolvendo as questões problemas, contendo cinco questões com as seguintes abordagens: 1) Sobre painéis solares; 2) Sobre o funcionamento das luzes de iluminação pública; 3) Tipos de sensores de movimento no uso cotidiano; 4) Portas automáticas encontradas nas portas de shopping, torneiras e portas de elevadores, em que se acionam ao se aproximar e se afastar delas; e 5) Escrever o que sabe sobre o EF.

No 1º dia de aula, apresentou-se o conceito de quantização e energia e fóton, uma vez que os alunos nada conheciam sobre o tema “Física Moderna e Contemporânea”. Assim, foi preciso deixar os alunos livres para o levantamento de hipóteses sobre o relé fotoelétrico. Neste sentido, segundo Deliozicov e Angonti (1994), a função do professor na problematização inicial é instigar a discussão entre os alunos, lançando dúvidas e questionamentos sobre a temática, sem fornecer nenhuma explicação.

A seguir foi apresentado o questionário com as questões problemas, conforme Quadro 3:

Quadro 03 - Questionário com as questões problemas

Universidade de Brasília - UnB
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF
Professores: Alessandro Freitas/ Renato Lourenço/ Michel Lourenço
Aluno (a): _____ Idade: _____
Questões-Problemas
1. Com a discussão sobre a produção de energia limpa no mundo, alguns lugares têm usado a energia, especificamente a elétrica, gerada a partir da luz solar. Nesse caso, são usados painéis solares. Explique, da sua maneira, como é produzida a energia elétrica nesse caso.
R:
2. Você já deve ter reparado que as luzes dos postes, ao anoitecer, acendem sozinhas. Explique como isso acontece.
R:
3. Alguns locais, como lojas, residências e prédios fazem uso de sensores de movimento como alarme de segurança. Como esses dispositivos funcionam?
R:
4. É muito comum encontrarmos aparatos que abrem e fecham automaticamente, como o caso de portas de shopping, torneiras e portas de elevadores. Neles há um dispositivo que aciona a abertura ou fechamento. Você sabe que dispositivo é esse? Como ele funciona?
R:
5. Escreva o que você sabe sobre o efeito fotoelétrico.
R:

Fonte: Quadro elaborado pelos autores, 2018.

Durante a análise do questionário com as questões problemas, foi possível observar vários tipos de respostas. Para a questão 1, por exemplo, os alunos afirmaram que o processo em que o painel solar recebe a luz do sol sofre algum tipo de conversão ou transformação em energia elétrica. Para a questão 2, deu-se o que já se imaginava em sua aplicação, isto é, os alunos afirmaram que as luzes se acendem por conta de algum tipo de programação feita pela administração pública ou mesmo que a Companhia Energética de Brasília (CEB) possui um botão de liga e desliga das luzes dos postes. É claro que

alguns dos alunos se aproximaram da resposta quando da afirmação da existência de um tipo de sensor que detecta tanto o anoitecer como o amanhecer, porém, sem apontar qual tipo de sensor.

As questões iniciais tiveram um papel importante para o início efetivo da aplicação do produto. No que tange à questão 3, os alunos, em sua maioria, apresentaram respostas que se aproximaram da resposta correta, com erros apenas nos termos corretos, a saber: os sensores captam o calor do corpo humano; os objetos são programados para obter, a cada movimento do corpo, o calor; detector de temperatura do corpo, e assim por diante.

No caso da questão 4, por ser um tanto parecida com a questão 3, grande parte dos alunos fizeram a mesma relação da questão anterior, isto é, a temperatura do corpo; porém, nenhum deles chegou a mencionar que o corpo emite radiação na frequência infravermelha. Alguns nem lograram responder à questão.

A questão 5, objeto de estudo do presente artigo, pediu para que os alunos mencionassem o que sabiam sobre o EF. Assim, do total de 32 alunos, 17 afirmaram que não sabiam ou não teriam ouvido falar sobre o EF. E para a surpresa do presente estudo, três alunos acertaram a resposta: os elétrons são liberados de um material metálico por uma radiação.

Após a coleta de dados sobre o que os alunos sabiam sobre o EF, as questões permitiram problematizar a discussão sobre o fenômeno físico, evidenciando que o sensor funcionava devido à captação da variação de luz.

Dando prosseguimento às fases de aplicação do produto, a segunda fase consistiu na organização do conhecimento. Apresentou-se aqui a história do EF, seus conceitos, suas características e suas aplicações. As aulas foram elaboradas no modelo expositivo e dialogado, de modo que todo o material utilizado (vídeos, slides e apostilas) foi ministrado. Sobre a questão, Delizoicov e Angotti (1994) afirmam que o professor deve desenvolver amplamente os conteúdos de Física sempre de modo conexo com a problematização inicial apresentada, sendo possível empregá-la aplicando atividades diversas.

É importante destacar que durante a aplicação do experimento do Relê fotoelétrico, a curiosidade dos alunos foi intensa, pois logo queriam saber o motivo de tal fenômeno desligar e acender as luzes somente tirando e pondo as mãos em frente ao sensor fotoelétrico, de modo a simular o amanhecer e o anoitecer.

Na terceira fase, que corresponde à aplicação do conhecimento, todos os 32 alunos se fizeram presentes, sendo aplicado um questionário avaliativo, conforme Quadro 4, com sete questões, entre as quais, duas questões de vestibulo-

lares e três questões iguais ao questionário apresentado na primeira aula, que possibilitou a análise de aprendizado do aluno, uma vez que já se aproximava a prova do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) do ano corrente. A seguir, tem-se o Gráfico 1, que descreve os resultados do questionário avaliativo com índice de erros e acertos.

Quadro 4 - Questionário avaliativo

Universidade de Brasília - UnB Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF Professores: Alessandro Freitas/ Renato Lourenço/ Michel Lourenço Aluno (a): _____ Idade: _____ <p style="text-align: center;">Questionário avaliativo</p> <p>1. O efeito fotoelétrico pode ser explicado a partir das suposições de Einstein de que:</p> <ul style="list-style-type: none">a) A energia da luz cresce com a velocidade;b) A energia da luz é quantizada; (Resposta correta)c) A massa do elétron cresce com a velocidade;d) A carga do elétron cresce com a velocidade;e) Átomos irradiam energia; <p>2. (UFPA-99) A emissão de fotoelétrons por determinado metal exige que a luz incidente tenha:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Uma frequência maior que um determinado valor (Resposta correta)b) Intensidade superior a um valor determinadoc) Velocidade, em que o comprimento de onda e sua frequência sejam corresponsáveis dessa emissão.d) Um comprimento de onda superior a um determinado valore) Uma frequência e intensidade menor que um determinado valor. <p>3. Após inúmeras sugestões e debates, o ano 2005 foi declarado pela ONU o "Ano Mundial da Física". Um dos objetivos dessa designação é comemorar o centenário da publicação dos trabalhos de Albert Einstein, que o projetaram como físico no cenário internacional da época e, posteriormente, trouxeram-lhe fama e reconhecimento. Um dos artigos de Einstein publicado em 1905 era sobre o efeito fotoelétrico, que foi o principal motivo da sua conquista do Prêmio Nobel em 1921. A descrição de Einstein para o efeito fotoelétrico tem origem na quantização da energia proposta por Planck em 1900, o qual considerou a energia eletromagnética irradiada por um corpo negro de forma descontínua, em porções que foram chamadas quanta de energia ou fótons. Einstein deu o passo seguinte admitindo que a energia eletromagnética também se propaga de forma descontínua e usou esta hipótese para descrever o efeito fotoelétrico. Em relação ao efeito fotoelétrico numa lâmina metálica, pode-se afirmar que:</p>
--

- I. A energia dos elétrons removidos da lâmina metálica pelos fótons não depende do tempo de exposição à luz incidente. (Resposta correta)
- II. A energia dos elétrons removidos aumenta com o aumento do comprimento de onda da luz incidente.
- III. Os fótons incidentes na lâmina metálica, para que removam elétrons da mesma, devem ter uma energia mínima. (Resposta correta)
- IV. A energia de cada elétron removido da lâmina metálica é igual à energia do fóton que o removeu.

Analisando as afirmativas, conclui-se que somente

- a) Está correta a afirmativa I.
- b) Está correta a afirmativa IV.
- c) Estão corretas as afirmativas I e III. (Resposta correta)
- d) Estão corretas as afirmativas II e IV.
- e) Estão corretas as afirmativas III e IV.

4. Com relação ao efeito fotoelétrico, afirma-se que:

- I - Qualquer que seja a frequência da luz incidente, é possível que sejam arrancados elétrons de um metal.
- II - Quando elétrons são arrancados de um metal, quanto maior a frequência da luz incidente, maior são as energias com que os elétrons abandonam o metal.
- III - Quanto maior a energia de um fóton, maior é o número de elétrons que ele pode arrancar de um metal.

Das afirmativas acima

- a) somente I é correta.
- b) somente II é correta. (Resposta correta)
- c) somente I e II são corretas.
- d) somente I e III são corretas.
- e) I, II e III são corretas.

5. Você já deve ter reparado que as luzes dos postes, ao anoitecer, acendem sozinhas. Explique como isso acontece.

R:

6. Alguns locais, como lojas, residências e prédios fazem uso de sensores de movimento como alarme de segurança. Como esses dispositivos funcionam?

R:

7. Escreva o que você sabe sobre o efeito fotoelétrico.

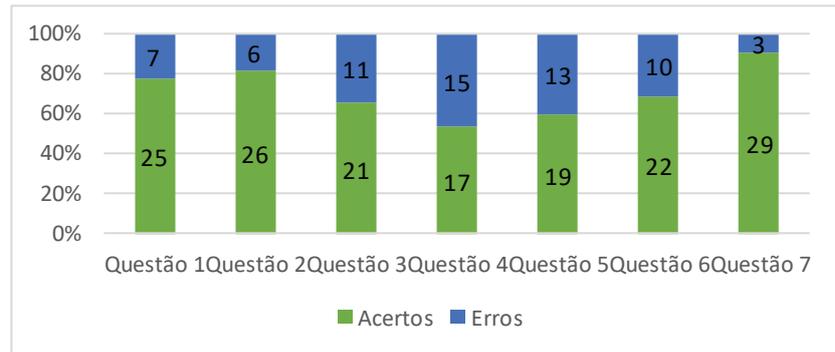
R:

8. Você considera que aulas com atividades práticas ou experimentais são:

- () Interessantes
- () Muito interessantes
- () Enfadonhas ou cansativas
- () Interessantes e despertam curiosidade
- () Pouco interessantes
- () outro. Especifique.

Fonte: Quadro elaborado pelos autores, 2018.

Gráfico 1 - Resultados do questionário avaliativo com índice de erros e acertos



Fonte: Gráfico elaborado pelos autores, 2018.

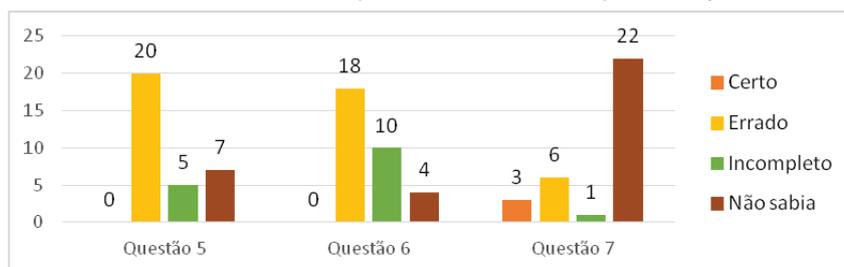
Com base no Gráfico 1, é possível observar que o nível de acertos foi satisfatório. Em média, os alunos tiveram 50% de acertos, sendo algo muito significativo. E entre as questões, havia duas que exigiram um pouco mais de atenção à leitura: questões 3 e 4. Aqui, talvez por ser um texto de análise ou muito extenso, grande parte dos alunos tenha se equivocado na resposta. No entanto, após os comentários do questionário avaliativo, alguns chegaram a afirmar que se confundiram no momento da marcação da alternativa correta, isto é, a alternativa C e B, no caso das questões 3 e 4, respectivamente.

Do ponto de vista do professor ou aplicador do produto em questão, ficou clara a necessidade de maior ênfase nas características do EF, quais sejam: a) Frequência de corte; b) Função trabalho; e c) Independência da luz. Do ponto de vista educacional, é possível perceber que o problema tem relação com o tempo de aulas necessárias para melhor abordagem do conteúdo.

As questões 5, 6 e 7 foram incluídas propositalmente, pois são as mesmas aplicadas nas questões problemas entregues na primeira fase do produto, permitindo analisar a qualificação ou mesmo a construção ou não do conhecimento referente ao EF.

A seguir, tem-se algumas comparações das questões impostas antes e após a implementação do produto educacional. Neste sentido, foi possível perceber um crescimento significativo em respostas corretas e potencialmente corretas, uma vez que alguns alunos não souberam fazer uso adequado do conceito. Mesmo assim, houve respostas incorretas. O Gráfico 2, a seguir, aponta o índice de respostas antes da implementação das questões problemas.

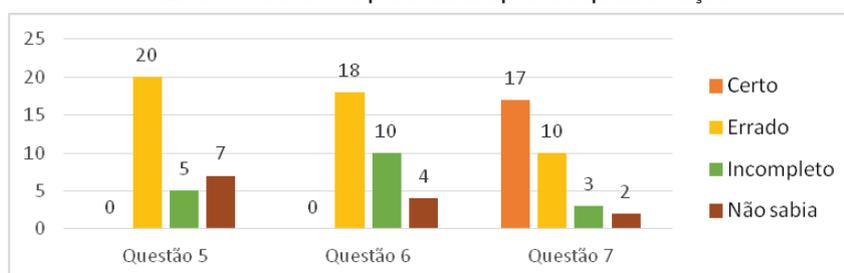
Gráfico 2 – Questões problemas antes da implementação



Fonte: Gráfico elaborado pelos autores, 2018.

Na coleta de dados foi possível perceber uma mudança drástica na escrita dos alunos no que tange aos termos científicos após a implementação. O Gráfico 3, a seguir, aponta o crescimento dos alunos ao final da implementação. Ali se tem que o número de respostas corretas ultrapassou em 50% aquele das questões corretas, isto é, um crescimento significativo e valoroso na análise em questão.

Gráfico 3 – Questões problemas após a implementação



Fonte: Gráfico elaborado pelos autores, 2018.

Na questão 7 do questionário avaliativo, referente ao que o aluno entende sobre o EF, em que antes somente um aluno acertou a resposta correta, o número de acertos ultrapassou os 53% do total de alunos, conforme o Gráfico 3. Diante do resultado obtido, pode-se considerar que a proposta foi alcançada, dadas as evidências de êxito na aplicação do produto.

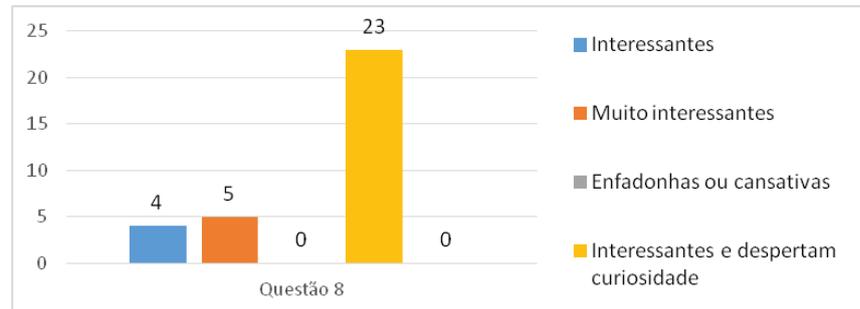
Em geral, os alunos lograram entender o funcionamento do Relé fotoelétrico, bem como o conceito que envolve o funcionamento do dispositivo que faz acender e apagar as luzes dos postes de iluminação pública.

O objetivo do questionário avaliativo foi fazer com que os alunos refletissem sobre o tema apresentado, estimulando-os em sua aprendizagem. Após a análise em questão, verificou-se que a sequência didática das aulas contribuiu significativamente ao aprendizado do EF – objeto do presente estudo.

É preciso destacar que, no questionário avaliativo, havia uma questão (8) que pedia a opinião dos alunos a respeito do uso de atividades experimentais, mesmo que fora do laboratório de Física, a saber: “Você considera que aulas com atividades práticas ou experimentais são: () Interessantes; () Muito interessantes; () Enfadonhas ou cansativas; () Interessantes e despertam

curiosidade; () Pouco interessantes; () outro. Especifique”. No Gráfico 4, a seguir, tem-se os dados referentes à pergunta investigativa em questão.

Gráfico 4 – Considerações dos alunos acerca de atividades experimentais



Fonte: Gráfico elaborado pelos autores, 2018.

Pelo Gráfico 4, foi possível perceber que 71,8% dos alunos consideraram a atividade experimental em sala de aula muito interessante para o despertar da curiosidade.

A partir dos dados coletados, verificou-se que a aplicação do produto educacional estimulou os alunos, despertando seu interesse no aprofundamento do conhecimento científico envolvido, no caso, o EF.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em um estudo científico realizado através das questões problemas, em especial a questão 5, os alunos confirmaram que nada sabiam sobre o tema “Efeito Fotoelétrico”, bem como sobre as características que facilitam a realização da investigação.

Assim, vale destacar algumas considerações: a) É possível que o produto educacional não seja igualmente efetivo em todos os segmentos do Ensino Médio – os educadores podem notar essa menor efetividade e creditar ao produto uma baixa resolubilidade, mesmo para os segmentos educacionais que dele poderiam se beneficiar; e, b) O interesse educacional dos professores em estimular o uso do produto para todos os alunos com um dado interesse, e não somente aos subgrupos investigados, acarretando um crescimento significativo de conhecimento científico.

A análise dos dados permitiu afirmar que a estimulação por atividade experimental levou ao crescimento e à curiosidade dos alunos. Assim, mostra-se evidente a necessidade de aplicabilidade da FMC ao cotidiano.

A implementação do material didático o “Relé fotoelétrico” tornou as aulas mais dinâmicas e atrativas, evidenciadas através do envolvimento e curiosi-

dade dos alunos em realizar os experimentos e verem o funcionamento, fazendo, de modo geral, o aluno conectar-se com o cotidiano vivenciado diariamente, relacionando conceitos físicos antes não conhecidos. Neste sentido, o professor como mediador torna a aula mais dialógica e participativa.

No âmbito educacional, fazer uso de experimentos para o ensino de FMC tornou-se viável, uma vez que, após a análise de dados, foi possível verificar que os resultados foram satisfatórios. No mais, ainda são poucos os materiais disponíveis para a execução de experimentos de baixo custo em sala de aula no que tange a FMC, pois, grande parte dos livros textos requer o uso de laboratório. Logo, cabe aos educadores criarem experimentos alternativos de baixo custo para estimular a curiosidade e atenção do aluno.

O experimento “Relé fotoelétrico” aqui apresentado pode ser utilizado em diferentes temas da Física, como, por exemplo, a eletricidade, no que tange o conceito de corrente e tensão elétrica, entre outras abordagens, cabendo ao professor verificar sua melhor aplicabilidade em sala de aula.

Durante a realização da experimentação, os alunos buscaram se aprofundar no conhecimento com o objetivo de conhecer o fenômeno físico envolvido, tendo em vista que para eles foi algo interessante, chamando-lhes a atenção.

A aplicabilidade do produto educacional relacionado ao EF foi totalmente fundamentada nos três momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti (1994), tornando o processo mais significativo. O planejamento da sequência didática foi elaborado cuidadosamente, de modo que as estratégias de ensino foram relacionadas ao tema, em que foi observado o que os alunos conheciam inicialmente sobre o objeto de estudo ao ser apresentado o vídeo. A proposta realizada de acordo com o referencial teórico é um processo gradativo dos conceitos físicos, aproximando o aluno ao cotidiano de vivência.

Diante do exposto, o presente estudo mostrou-se eficaz no que tange ser uma estratégia educacional viável de abordagem do EF. Mas, mesmo com resultados apontados como satisfatórios, muitos são os elementos a serem aprimorados, na busca de um melhor aproveitamento. Para tanto, o professor deve direcionar corretamente o produto à realidade vivenciada no cotidiano dos alunos.

Assim, espera-se que o produto educacional sirva aos professores de Física do Ensino Médio para o ensino de FMC, em especial, à temática EF, e que a sequência didática possa ser estendida a abordagens e propostas sobre novos temas a serem implementadas nas escolas de Ensino Médio, por meio das quais o aluno possa pensar, a partir de agora, por exemplo em energia limpa, ou ainda, em economia de energia, através do uso painéis solares.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, H. L. et al. O uso do experimento no ensino da Física: Tendências a partir do levantamento dos artigos em periódicos da área no Brasil. In: Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências, 7, 2009, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: Abrapec, 2009. p. 1-12. Disponível em: <http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/1067.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2018.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- _____. **O racionalismo aplicado**. Rio de Janeiro: Zahar, 1977.
- CASTRO, A. D. E. A. **Didática para a escola de 1º e 2º graus**. São Paulo: Pioneira, 1976.
- CARUSO, F., OGURI, V. **Física Moderna**: Origens Clássicas e Fundamentos Quânticos. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2016.
- CARVALHO, A. M. P. et al. **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning; 2010. (Coleção Ideias em Ação).
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Metodologia do Ensino de ciências**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1994.
- _____. Problemas e problematizações. In: PIETROCOLA, M. (Org.). **Ensino de Física**: Conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora. 2. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2005. p.125-150.
- _____. La educacion en ciencias y la perspectiva de Paulo Freire. **Alexandria**, Florianópolis, v. 1, p. 37-62, 2008.
- _____.; ANGOTTI, J. A.; PERMAMUCO, M. M. **Ensino de Ciências**: fundamentos e métodos. 5. ed. São Paulo: Ed. Cortez, 2018.
- ENSINANDO ELÉTRICA. **Como ligar fotocélulas 220v e 127v**. 2017. Disponível em: <https://ensinandoeletrica.blogspot.com/2017/02/ligarfotocelulas.html>. Acesso em: 06 dez. 2018.
- FREIRE, P. **Extensão ou comunicação?** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1977.
- _____. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1988. 184p.

_____. **Educação como prática da liberdade**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2006.

KNIGHT, R. **Física 4**: uma abordagem estratégica. Tradução de Clóvis Belbute Peres e Ana Rita de Avila Belbute Peres. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 2017.

ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998

O EFEITO FOTOELÉTRICO

Conteúdo

A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA: O EFEITO FOTOELÉTRICO

Introdução	346
A interpretação vista de forma clássica	349
O potencial de corte	350
Os limites da interpretação clássica	352
A explicação de Einstein	353

A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA: O EFEITO FOTOELÉTRICO

Introdução

As linhas a seguir tiveram por norte propiciar uma compreensão da quantização da energia para a luz e para a matéria, visando tratar do EF em termos de quanta de luz, bem como utilizar o conceito de fóton. Foram utilizados como fonte de pesquisa Knight (2009) e Caruso (2016), que nortearam a descrição.

Faz-se importante o conhecimento histórico dos fatos que levaram ao descobrimento do EF no ano de 1886. Neste sentido, Heinrich Hertz foi o primeiro a demonstrar que ondas eletromagnéticas podem ser geradas artificialmente. Buscando comprovar as previsões da teoria eletromagnética de Maxwell, aquele estudioso assentou os últimos blocos da Física Clássica e, em uma dessas ironias sempre presentes na história, descobriu acidentalmente o fenômeno que daria início à revolução quântica. No curso de suas investigações, ele notou que um eletroscópio negativamente carregado podia ser descarregado por meio da incidência de luz ultravioleta (KNIGHT, 2009, p. 1209).

Knight (2009) afirma que:

A observação de Heinrich Hertz chamou a atenção de Thomson, que concluiu que a luz ultravioleta causava a emissão de cargas negativas pelo eletrodo, restaurando, assim, a neutralidade elétrica do eletroscópio. No ano de 1899, Thomson demonstrou que as cargas emitidas eram elétrons. Neste ínterim, a emissão de elétrons por uma substância devido à incidência de luz em sua superfície tornou-se conhecida como o **Efeito Fotoelétrico**. Os elétrons emitidos eram frequentemente denominados *fotoelétrons*, a fim de indicar sua origem, mas eram idênticos, em todos os aspectos, a todos os outros elétrons.

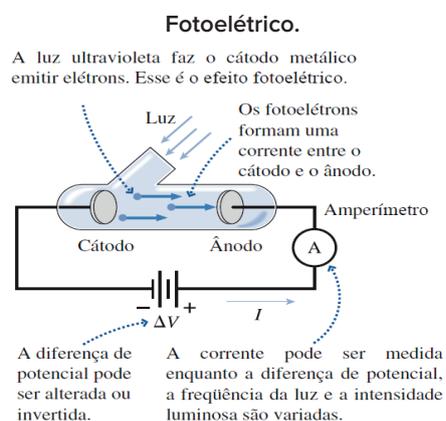
Embora tal descoberta pareça ser uma nota de rodapé na história da ciência, ela rapidamente se tornou um (ou talvez o) evento-chave que abriu a porta para ideias novas. Aqui, é possível perceber como a Física Clássica foi incapaz de explicar os detalhes do experimento em questão e tomar consciência do conceito novo e impressionante, introduzido por Einstein.

Na história da ciência, existem fatos curiosos sobre o famoso experimento; neste, realizado em 1887, em que Hertz produziu e detectou ondas eletromagnéticas, foi especificamente projetado para confirmar a teoria ondulatória da luz de Maxwell. Ao mesmo tempo, foi observado também, pela primeira vez, o

fenômeno do efeito fotoelétrico, que mais tarde ensinaria a proposição de um comportamento dualístico da luz, e não apenas o ondulatório. Hertz utilizou uma sintonização entre o circuito e um centelhador com o intuito de produzir as ondas, assim como usou a semelhança entre os circuitos para detectá-las. Desta forma, acidentalmente, notou que a luz que provinha do centelhador do transmissor, não incidia sobre o centelhador do receptor, pelo que deduziu a distância entre os eletrodos do segundo centelhador para a recepção de sinais. A luz facilitava, portanto, a produção de centelhas.

Hertz ficou deveras intrigado com a descoberta inesperada do efeito fotoelétrico; isso interferia em sua pesquisa principal, mas o cientista reconheceu a importância deste fenômeno e tratou imediatamente de interromper os seus outros trabalhos, dedicando-se por seis meses a estudá-lo com afinco. Seus resultados, publicados naquele mesmo ano, foram complementados por outros pesquisadores. Em seus estudos acabou descobrindo que partículas negativas eram emitidas quando uma superfície totalmente polida era exposta à luz. Em 1900, Phillip Lenard submeteu essas partículas a um campo magnético, chegando a uma razão carga-massa da mesma ordem que a observada nos raios catódicos estudados por Thomson; em outras palavras, as partículas emitidas eram elétrons. Construindo um tubo de vidro dotado de dois eletrodos opostos e uma janela (vide Figura 1) em que era feito vácuo a fim de facilitar a movimentação dos elétrons entre os eletrodos, aquele estudioso iluminou o eletrodo por meio da janela.

Figura 1 - Dispositivo experimental de Philip Lenard para o estudo do Efeito



Fonte: Knight (2009, p. 1209).

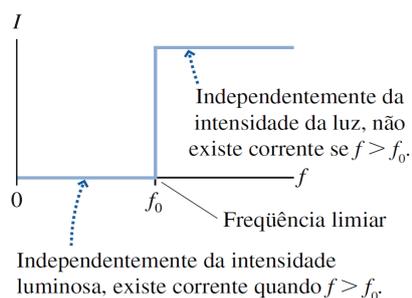
Phillip Lenard, ao iluminar o cátodo com luz ultravioleta, descobriu que se formava uma corrente de sentido anti-horário (elétrons fluindo em sentido horário). A fim de manter a mesma corrente em todo o circuito, eliminaram-se os nós neste circuito. Neste sentido, no espaço entre o cátodo e o ânodo, a corrente consiste de elétrons que se movem livremente pelo espaço (isto é, não em um fio) à mesma taxa (mesmo número de elétrons por segundo) que

a corrente do fio; e, ainda, não surge corrente se os eletrodos são mantidos no escuro – os elétrons não partem do cátodo espontaneamente, mas a iluminação causa a ejeção de elétrons, a partir do cátodo, a uma taxa constante (KNIGHT, 2009).

Aquele estudioso fez uso de uma bateria para estabelecer uma diferença de potencial ajustável ΔV entre os eletrodos. Ele pôde, então, estudar como a corrente I variava em função da diferença de potencial, da frequência e da intensidade da luz, com base nas seguintes observações, a saber:

- A corrente I é diretamente proporcional à intensidade luminosa – se a intensidade dobrar, a corrente também dobrará de valor;
- A corrente surge assim que a luz incide, sem qualquer retardo – a corrente surgia durante o intervalo de $\approx 0,1$ s de resposta do equipamento (experimentos posteriores demonstraram que a corrente surge em menos de 1 ns);
- Fotoelétrons são emitidos apenas se a frequência da luz exceder uma frequência limiar f_0 , conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - A corrente fotoelétrica em função da frequência luminosa f .

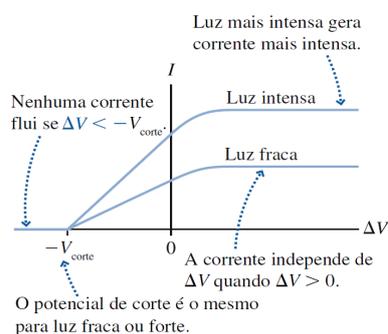


Fonte: Knight (2009, p. 1209).

- O valor da frequência limiar f_0 depende do tipo de metal que constitui o cátodo;
- Se a diferença de potencial ΔV for positiva (ânodo positivo com relação ao cátodo), a corrente não variará com o aumento de ΔV , e se ΔV tornar-se negativa (ânodo negativo com relação ao cátodo) pela inversão da bateria, a corrente decrescerá até atingir o valor nulo em um

determinado valor de voltagem $\Delta V = -V_{\text{corte}}$. O valor de V_{corte} é denominado potencial de corte, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - A corrente fotoelétrica em função do potencial da bateria.



Fonte: Knight (2009, p. 1209).

- f) O valor de V_{corte} é o mesmo para intensidades luminosas fracas ou fortes, isto é, luz mais intensa gera corrente maior, conforme evidencia a Figura 3 (todavia, em ambos os casos, a corrente cessa quando $\Delta V = -V_{\text{corte}}$).

A interpretação vista de forma clássica

A mera existência do EF não constitui uma dificuldade para a Física Clássica. Os elétrons são os portadores de carga nos metais, em que eles se movem livremente como se formassem um “mar” de partículas negativamente carregadas.

Os elétrons estão ligados ao metal e não são espontaneamente liberados de um eletrodo à temperatura ambiente. Porém, um pedaço de metal aquecido a temperaturas suficientemente altas, por exemplo, o ferro a 1000 K mostrando-se na cor rubra, ou ainda, na liga de tungstênio presente em lâmpadas incandescentes, ao ser aquecido a 4000 K emite uma luz branco-amarelada, emitindo elétrons em um processo denominado emissão térmica. O tubo de elétrons dos antigos televisores ou monitores de computador utiliza a emissão térmica a partir de um filamento de tungstênio aquecido.

Assim, faz-se necessária uma energia mínima para liberar um elétron de um metal. Para extrair um elétron, é preciso exercer uma força sobre ele (isto é, realiza-se trabalho sobre o elétron) até que sua energia seja suficientemente grande para que ele escape. A energia mínima E_0 necessária para liberar um elétron em um metal é denominada função-trabalho do metal, aqui representada pela letra grega ϕ . Alguns elétrons podem necessitar de mais energia do que E_0 para escapar, mas todos os elétrons precisarão ao menos de E_0 .

Metais diferentes possuem diferentes funções-trabalho. Sobre a questão, a Tabela 1, apresenta uma pequena lista, em que as funções-trabalho são dadas em elétron volts (eV).

Tabela 1 - A função-trabalho para alguns elementos.

Elemento	ϕ em E_0 (eV)
Potássio	2,30
Sódio	2,75
Alumínio	4,28
Tungstênio	4,55
Cobre	4,65
Ferro	4,70
Ouro	5,10

Fonte: Knight (2009, p. 1210).

Aquecer um metal aumenta a energia térmica dos elétrons. Em temperaturas suficientemente altas, como o ferro a 1000 K a energia cinética de uma pequena percentagem dos elétrons pode exceder o valor da função-trabalho. Tais elétrons podem, então, deixar o metal. Na prática, são poucos os elementos, como o tungstênio, para os quais a emissão térmica torna-se significativa antes de o metal se fundir.

Ao admitir ser possível elevar a temperatura apenas dos elétrons, via aumento de sua energia cinética, e não da rede cristalina como um todo, tem-se a iluminação da superfície metálica. Neste sentido, como as ondas eletromagnéticas são absorvidas pelos elétrons de condução, e não pelos íons positivos, a onda luminosa transfere sua energia apenas aos elétrons. Após algum tempo transcorrido, os elétrons transferirão energia para a rede cristalina; mas, se a luz for suficientemente intensa, a temperatura eletrônica pode se tornar substancialmente maior do que a temperatura do metal. Aqui vale destacar que, no ano de 1900, era plausível pensar que uma luz intensa causasse a emissão térmica dos elétrons sem fundir o metal.

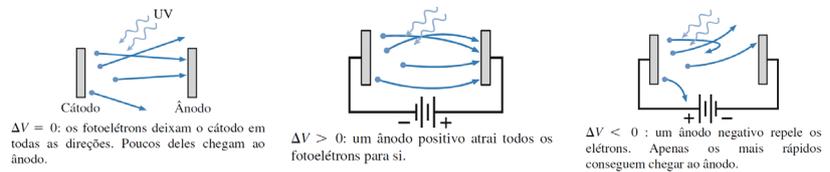
O potencial de corte

Os fotoelétrons deixam o cátodo com certa energia cinética. Dentro do metal, um elétron com energia $E_{\text{elétron}}$ perde energia ΔE ao escapar, isto é, emerge como um fotoelétron com energia cinética $K = E_{\text{elétron}} - \Delta E$. A energia da função-trabalho, E_0 , é a energia mínima necessária para remover um elétron; logo, a energia cinética máxima de um fotoelétron é

$$K_{max} = E_{\text{elétron}} - E_0 \quad (2)$$

Após deixarem o cátodo, os fotoelétrons se movem em todas as direções. Alguns chegam ao ânodo, gerando uma corrente mensurável, mas muitos não conseguem fazê-lo.

Figura 4 - A corrente fotoelétrica depende do potencial do ânodo.

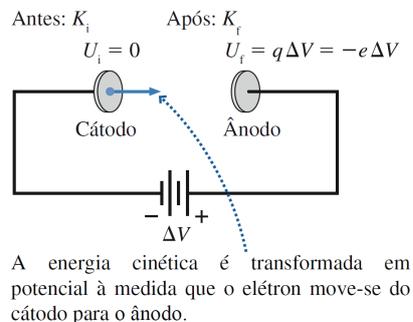


Fonte: Knight (2009, p. 1210).

A figura 4 evidencia que um ânodo positivo atrai todos os fotoelétrons para si. Uma vez que todos os fotoelétrons atingem o ânodo, um aumento em ΔV não gerará qualquer acréscimo na corrente I – razão para as linhas horizontais no lado direito do gráfico da Figura 3.

Um ânodo negativo repele os elétrons. Contudo, os fotoelétrons que partem do cátodo com energia cinética suficientemente grande podem vencer esta força de repulsão e atingir o ânodo. A corrente diminui uniformemente à medida que a voltagem se torna mais e mais negativa, até atingir o potencial de corte, quando todos os elétrons retornam e a corrente cessa – comportamento observado à esquerda da Figura 3.

Figura 5 - A energia é conservada.



Fonte: Knight (2009, p. 1211).

Ao considerar o cátodo como o zero da energia potencial, conforme ilustrado pela Figura 5, um elétron emitido pelo cátodo com energia cinética K_i possui uma energia total inicial dada como

$$E_i = K_i + U_i = K_i + 0 = K_i \quad (3)$$

Quando o elétron atinge o ânodo, que está a um potencial ΔV em relação ao cátodo, ele possui energia potencial igual a $U = q\Delta V = -e\Delta V$ e energia total final

$$E_f = K_f + U_f = K_f - e\Delta V. \quad (4)$$

Da conservação de energia, $E_f = E_i$ a energia cinética final do elétron fica

$$K_f = K_i + e\Delta V \quad (5)$$

O elétron acelera ($K_f > K_i$) caso ΔV seja positiva, e desacelera caso ΔV seja negativa, mas, ainda assim, ele atingirá o ânodo ($K_f > 0$) se K_i for suficientemente grande.

Um elétron com energia cinética inicial K_i ficará inerte ao alcançar o ânodo se a diferença de potencial for $\Delta V = -K_i/e$. A diferença de potencial que faz com que os elétrons mais rápidos, aqueles com $K = K_{max}$, retornem ao cátodo, cessando a corrente, é igual a

$$\Delta V_{\text{elétron mais rápido}} = -\frac{K_{max}}{e}. \quad (6)$$

Por definição, a corrente elétrica é obtida pela diferença de potencial $\Delta V = -V_{corte}$, em que V_{corte} é o potencial de corte,

$$V_{corte} = \frac{K_{max}}{e}. \quad (7)$$

Portanto, a energia cinética máxima dos fotoelétrons é determinada pelo potencial de corte.

Os limites da interpretação clássica

Uma análise clássica com base na emissão térmica de elétrons por um metal explica as observações de Phillip Lenard¹¹. Porém, nada ali sugere que deveria existir uma frequência de limiar. Neste sentido, se uma luz de baixa intensidade e com frequência maior que a de f_0 produz uma corrente, porque isso não ocorre com uma luz mais intensa, mas que apresenta frequência menor que a de f_0 ?

E quanto à observação de Lenard sobre a instantaneidade da corrente? Se os fotoelétrons se originam da emissão térmica, deveria existir um instante de tempo em que a luz eleve a temperatura dos elétrons ao ponto que escapassem.

De fato, cálculos bastante simples comprovam que levaria muitos minutos até atingir o ponto em que a carga começasse a fluir; mas, como já ressaltado, a experiência mostra que a transmissão da energia é feita de modo quase instantâneo.

¹¹ a) A corrente I é diretamente proporcional à intensidade luminosa – se a intensidade dobrar, a corrente também dobrará de valor; e) Se a diferença de potencial ΔV for positiva (ânodo positivo com relação ao cátodo), a corrente não variará com o aumento de ΔV , e se ΔV tornar-se negativa (ânodo negativo com relação ao cátodo) pela inversão da bateria, a corrente decresce até zerar a um valor específico de voltagem $\Delta V = -V_{corte}$.

Finalmente, a luz mais intensa deveria aquecer os elétrons a temperaturas mais altas, elevando a energia cinética máxima dos fotoelétrons e aumentando o potencial de corte V_{corte} . Entretanto, Lenard chega à conclusão da independência da intensidade da luz e o potencial de corte.

Embora a simples presença dos fotoelétrons não seja surpreendente, a Eletrodinâmica Clássica era incapaz de explicar o seu comportamento observado. A frequência de limiar e a instantaneidade da corrente pareciam difíceis de ser explicar.

A explicação de Einstein

Max Planck, no ano de 1900, buscou entender com detalhes o espectro de corpo negro da luz emitida por um objeto incandescente. Este problema resistia a uma análise clássica, e Planck encontrara uma hipótese pouco usual para explicar com perfeição o espectro da radiação emitida por um corpo negro: na posição de equilíbrio os átomos realizam uma vibração ao redor de uma determinada posição com frequência f ; no oscilador harmônico clássico a energia depende de sua amplitude assumindo assim qualquer valor. Com a finalidade de deduzir o espectro corretamente, Planck teve que supor que os átomos oscilantes não tivessem a liberdade de possuir qualquer valor de energia; isto é, a energia dos átomos que vibrassem com uma frequência f tinha de assumir um dos valores específicos $E = 0, hf, 2hf, 3hf, \dots$, em que h é uma constante – as energias de vibrações seriam, assim, quantizadas.

Planck, após comparar seus cálculos com os resultados experimentais, determinou o valor da constante h – a constante de Planck. Seu valor é

$$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s} = 4,14 \times 10^{-15} \text{ eV} . \quad (8)$$

O primeiro valor, em unidades do Sistema Internacional, é apropriado para grande parte dos cálculos, mas é possível notar que o segundo é útil quando as energias estão expressas em eV.

O ano de 1905 foi aquele em que Einstein publicou seu artigo sobre a Teoria da Relatividade – temática mais conhecida pelo público em geral. Também, neste mesmo ano, publicou outro artigo, agora sobre a natureza da luz, em que propõe uma ideia ousada, mas extremamente simples, para explicar os dados de Phillip Lenard sobre o EF.

Einstein foi ainda mais longe, sugerindo que a radiação eletromagnética fosse quantizada não apenas quanto à energia, mas também estrutural e ontologicamente; isto é, a luz não seria uma onda contínua, mas se propagaria segundo pequenos pacotes discretos de energia. Ele denominou cada pacote de

energia de quantum de luz, além de postular que a energia de um quantum de luz é diretamente proporcional à frequência luminosa (CARUSO, 2016). Logo, cada quantum de luz possui uma energia igual a

$$E = hf, \quad (9)$$

em que h é a constante de Planck e f é a frequência da luz.

Três são os postulados enunciados por Einstein sobre os quanta de luz interagindo com a matéria, quais sejam:

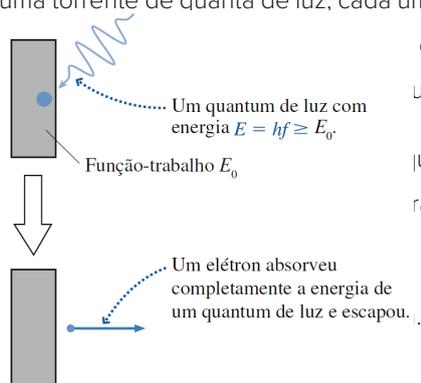
A luz de frequência f consiste de quanta definidos, cada um com energia $E = hf$ (cada fóton viaja, no vácuo, à velocidade da luz, c , que é aproximadamente igual a 300000000 m/s);

Cada quanta de luz é emitido ou absorvido integralmente (uma substância pode emitir 1, 2 ou 3 quanta, mas não uma fração de quantum, por exemplo, 1 + 0,5 quantum – logo, um elétron de um metal não pode absorver a metade de um quantum, mas apenas um número inteiro dele); e

Um quantum de luz, quando absorvido pelo metal, transfere a totalidade de sua energia a um único elétron.

Tais postulados evidenciam que a luz incide em porções, que as porções não podem ser divididas, e que a energia de uma porção é entregue a um elétron apenas em um processo de colisão. Eles são cruciais para a compreensão das novas ideias que originaram a Física Quântica e estão em total oposição aos conceitos da Física Clássica, em que a energia pode ser continuamente subdividida e compartilhada.

Assim, se Einstein estiver certo, a luz com frequência f que ilumina o metal é uma torrente de quanta de luz, cada um com energia hf , (KNIGHT, 2009). Cada



cedendo ao elétron uma energia $E_{\text{elétron}}$ usões interessantes, a saber:

um quantum de luz possui $E_{\text{elétron}} = hf$
 a perturbação ambiente é tão menor do que hf

Fonte: Knight (2009, p. 1214).

A figura 6 indica que tal elétron pode escapar do metal, tornando-se um fotoelétron, desde que

$$E_{\text{elétron}} = hf \geq E_0. \quad (10)$$

Em outras palavras, existe uma frequência de limiar, dada por

$$f_0 = \frac{E_0}{h} , \quad (11)$$

para a ejeção de fotoelétrons. Assim, se f for menor que f_0 , mesmo por uma pequena diferença, nenhum elétron terá energia mínima para escapar; e isso independe de quão intensa seja a iluminação. Todavia, mesmo uma luz fraca (poucos fótons) que, entretanto, tenha $f \geq f_0$, transferirá energia suficiente para que alguns elétrons escapem, pois cada quantum só transfere energia para um único elétron.

Tal comportamento limiar é exatamente o que foi observado por Phillip Lenard. A frequência de limiar é diretamente proporcional à função-trabalho. Metais com função-trabalho elevada (ferro, cobre e ouro, por exemplo) exibem o EF somente quando iluminados com luz ultravioleta de alta frequência. Para metais com valores de E_0 menores (sódio e potássio, por exemplo), a fotoemissão se dá para frequências mais baixas, no visível.

Quanto maior a intensidade da luz maior será quantidade de transferência de quanta de luz para a superfície, que ejetam um número maior de fotoelétrons, gerando correntes mais intensas.

Há uma distribuição de energias cinéticas, pois diferentes fotoelétrons necessitam de diferentes energias para escapar, sendo a energia cinética máxima dada por

$$K_{max} = E_{el\acute{e}tron} - E_0 = hf - E_0 . \quad (12)$$

Diante do exposto, o potencial de corte V_{corte} é diretamente proporcional a K_{max} . Einstein em sua teoria assume que o potencial de corte está relacionado com a frequência luminosa na forma

$$V_{corte} = \frac{K_{max}}{e} = \frac{hf - E_0}{e} . \quad (13)$$

O potencial de corte é, assim, independente da intensidade da luz. Logo iluminações fracas ou fortes apresentarão o mesmo potencial de corte, conforme Lenard observara, mas sem a explicação anterior.

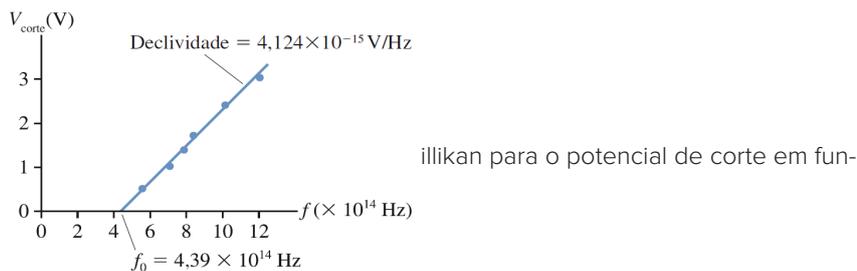
Se cada quantum de luz transfere sua energia hf para apenas um elétron, este imediatamente adquire energia para escapar. A corrente deve, então, ser instantânea, sem retardos, exatamente como observado por Lenard.

As hipóteses de Einstein explicam não apenas as observações de Lenard, mas fazem uma nova previsão. Conforme a Equação 8, o potencial de corte deveria se dar em função linear crescente da frequência luminosa f . As-

sim, é possível reescrever a Equação 14 em termos da frequência de limiar $f_0 = E_0/h$ na forma

$$V_{\text{corte}} = \frac{h}{e}(f - f_0). \quad (14)$$

Um gráfico do potencial de corte V_{corte} versus frequência da luz f deveria partir do zero, em $f = f_0$ e aumentar linearmente com declividade h/e . De fato, a declividade do gráfico fornece um método de mensuração da constante de Planck.



Fonte: Knight (2009, p. 1215).

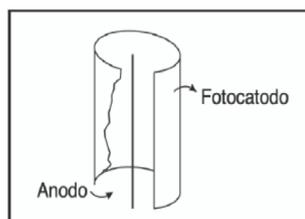
Lenard não havia medido o potencial de corte para diferentes frequências, de modo que Einstein o propôs como uma previsão não testada de sua teoria. Robert Millikan aceitou o desafio, uma vez que já havia realizado experimentos com uma gota de óleo para medir a relação entre a carga e a massa do elétron. Alguns de seus dados para um cátodo de césio estão reproduzidos na Figura 7 que demonstram experimentalmente as previsões de Einstein ao revelar a existência de linearidade entre frequência f e o potencial de corte V_{corte} .

Millikan, a fim de determinar h , calculou a declividade de seu gráfico e o multiplicou por e (valor este encontrado anos antes com o experimento da gota de óleo). Tal valor estava em acordo com o valor obtido por Planck no ano de 1900, em um experimento totalmente distinto. De fato, os quanta de luz, eram reais!

O fenômeno do efeito fotoelétrico permite inúmeras aplicações tecnológicas. Uma célula fotoelétrica a vácuo é uma válvula constituída de um catodo fotosensível (fotocatodo), de grande área, colocado no interior de um bulbo selado e de um anodo coletor de elétrons sob a forma de um fio ou anel colocado à frente do fotocatodo (vide Figura 8).

A aplicação mais utilizada na Física é a válvula fotomultiplicadora, constituída de uma fotocélula e de um conjunto de anodos auxiliares (dinodos), que têm a função de multiplicar o número de elétrons fotoemitidos, feitos de substâncias de baixa função trabalho, responsáveis por uma emissão secundária de elétrons em número bem maior que o incidente.

Figura 8 - Esquema de uma célula fotoelétrica a vácuo.



Fonte: Caruso (2016, p. 319).

Em relação aos componentes da segunda categoria, a quebra de ligações covalentes em semicondutores devido à ação dos fótons (EF interno) é muito utilizada nas resistências fotoelétricas, denominadas Light Dependent Resistor (LDR), em português Dispositivo Dependente da Luz, ou em dispositivos que transformam a energia luminosa em elétrica, como, por exemplo, os fotômetros, que permitem avaliar a intensidade da iluminação a partir da corrente elétrica. No mesmo processo tem-se o funcionamento das pilhas solares utilizadas em foguetes espaciais ou em qualquer calculadora eletrônica portátil.

CONSIDERACIONES SOBRE SOCIEDAD, CIENCIA Y TECNOLOGÍA EN EL TRABAJO EDUCATIVO: ASPECTOS CONTEXTUALES DE IMPORTANCIA EN EL USO DEL LENGUAJE MATEMÁTICO

Oscar Holguín Villamil¹

Universidad Nacional de Colombia – UNAL – Colômbia
oscar.holguin@gmail.com

Daniel Mill²

Universidade Federal de São Carlos – UFSCar – Brasil
mill@ead.ufscar.br

¹ Colombiano. Magister en Investigación de la Universidad Nacional de Colombia. Estudiante del programa de posgrado en Educación de la Universidad Federal de São Carlos (UFSCar). Miembro activo del grupo de pesquisa Horizonte.

² Brasileiro. Doutor em Educação pela UFMG, com pós-doutorados pela Universidade de Coimbra e pela Universidade Aberta de Portugal. Professor da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), onde trabalha como Docente e Gestor de Educação a Distância (EaD). É membro do Programa de Pós-Graduação em Educação e do Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Sociedade. É Líder do Grupo Horizonte (Grupo de Estudos e Pesquisas sobre Inovação em Educação, Tecnologias e Linguagens) e, como pesquisador, tem interesse particular pela interseção das temáticas: Trabalho Docente, Tecnologias, Linguagens, Cognição e Educação a Distância.

RESUMEN: Se desarrollan reflexiones analítico-metodológicas que reconstruyen cualitativamente el vínculo entre pasado y presente en relación dialéctica ciencia natural y social, tecnología en relación con las matemáticas. Posibilita claridades pedagógicas de ciencia y tecnología en la formación de ciudadanos del siglo XXI; considera el referente conceptual de educación en ciencia y tecnología con enfoque CTS y STEM como estrategias curriculares características del uso de procesos técnicos y tecnologías digitales (TIC), componente social y matemáticas en el desarrollo de CT+I en la agenda mundial 2030.

Palabras clave: Matemáticas. Ciencias. Tecnologías. Pedagogía.

ABSTRACT: Develop analytic-methodologic reflections and reconstruct qualitatively the pedagogical link between past and present in dialectic relationship natural and social science, technology and their mathematic`s relationship. Possibility among pedagogy clarities on science and technology in formation of citizens of the 21st century; consider a conceptual reference in science and technology education with STS and STEM focus for curricular strategies characteristic on use technical processes and digital technologies (ICT), social component and mathematics in ST+I development on the world Agenda 2030.

Key words: Mathematics. Science. Technologies. Pedagogy.

RESUMO: Desenvolvem-se reflexões analítico-Metodológicas que reconstroem qualitativamente a ligação entre passado e presente na relação dialéctica ciência natural e social, tecnologia e sua relação com as matemáticas. Posibilita clarezas pedagógicas de ciência e tecnologia na formação de cidadãos do século XXI; considerando o referênte conceitual na educação de ciência e tecnologia com foco CTS e STEM como estratégias curriculares características pelo uso de processos técnicos e tecnologias digitais (TIC), componente social e matemáticas no desenvolvimento da CT+I na agenda mundial 2030.

Palabras chave: Matemáticas. Ciências. Tecnologias. Pedagogia.

1 INTRODUCCIÓN

Para unos la ciencia es una sublime Diosa, para otros, una vaca que suministra excelente Mantequilla. (SAGAN, 1984).

No tiene sentido considerar estas reflexiones como una apología a las ciencias, a la tecnología en singular o a las tecnologías en plural; tampoco se trata de hacer trazas para definir el estatuto epistemológico de campos del conocimiento que llevan en construcción un periodo tan largo como la historia de la humanidad. Por lo contrario, los autores en compromiso con la construcción de un proceso educativo de calidad y pertinencia desde el ámbito de la educación y las tecnologías, para lo cual pueden existir posturas a favor y en contra, con adherencia al hecho de que existe un lugar común desde la academia, desde el que se efectúan los planteamientos y reflexiones de este ejercicio en el que las ciencias y las matemáticas son asumidos a la manera de “derechos básicos” que tienen los seres humanos en cualquier contexto del mundo, para estructurarse como habitantes del mundo; en tanto que derechos, las ciencias, la(s) tecnología(s) y las matemáticas pueden ser reclamadas a los sistemas gubernamentales, como cajas de herramientas y andamiajes (BRUNER, 1995; 2000), y como proceso de autorregulación del aprendizaje (ZIMMERMAN; SCHUNK, 1998); que apoyan en la lectura real del mundo enseñado; a la educación se le atribuyen “poderes” y responsabilidades en los cambios que la sociedad espera que se den en el mundo; por lo tanto, es claro que de las matemáticas dependen tanto los políticos, como las sociedades para garantizar esos cambios.

Un ciudadano formado y participante del mundo para el desarrollo sostenible, según UNESCO (2017) debe estar en condiciones de participar argumentativamente de manera justa, pacífica, tolerante y en condiciones de tomar decisiones con un lenguaje probado y aprobado internacionalmente; es decir, es importante que en el diseño curricular de las políticas públicas, las administraciones gubernamentales reconozcan la importancia de que todos los ciudadanos tengan una formación en matemáticas y ciencias de manera integral, puesto que el aprendizaje de las ciencias y de la tecnología, se puede asimilar a la forma y al momento en que el humano aprende a leer y a escribir. En palabras de Heidegger (1987) se ingresa a “*la casa del ser*”. Cuando se ingresa al mundo de las matemáticas y de la literatura, se ingresa porque de lo contrario, no se consigue ser parte del mundo.

2 CONTEXTO PROBLEMÁTICO QUE DA ORIGEN A LAS REFLEXIONES

Las Consideraciones actuales sobre la problemática de la Educación y sus intersecciones con la epistemología y con la pedagógica de la ciencia natural y social, con la tecnología y con las técnicas y los procesos¹, de acuerdo con las formas conceptuales de interpretación de los problemas epistemológicos de la ciencia y de la tecnología, que se resumen en la confrontación entre diversas consideraciones de reflexión teórica tanto de la perspectiva pedagógica y didáctica de la educación, como de la epistemología de la ciencia y la tecnología, entre las que se identifican a Schön (1982), Francesco Tonucci (1990), Javier Echeverría (1995). En Latinoamérica, el trabajo de José Joaquín Brunner (2003), Tomas Buch (2003) y particularmente los aportes de Álvaro Vieira Pinto (2013) en el contexto brasilero sobre el tema convergente de la educación en ciencia y tecnología.

Por otra parte, desde la perspectiva sociológica de la ciencia y la tecnología en el caso de Theodor Adorno y Max Horkheimer, desde la crítica a la racionalidad instrumental y representantes del círculo hermenéutico de Fráncfort; el sentido compensatorio de la educación y de las humanidades que rechazan el determinismo tecnológico y que muestran su vigencia en la emergencia de reflexiones sobre la esencia de la técnica (HEIDEGGER; 1987; 1997; 2007), desde la que no pocos grupos académicos, hoy se comprometen con demostrar que el estudio y la investigación sobre la ciencia y la tecnología, sus relaciones, tensiones, posibilidades y retos, se puede abordar en la escuela y que este abordaje es apropiado; sólo si se concibe este estudio más allá del dualismo entre ciencia y tecnología.

Para Adorno y Horkheimer, se debe transmitir la crítica simple de la educación y de la ciencia, un proceso didáctico desde la escuela que se desarrolla para la enseñanza de la ciencia, de la tecnología y de su lenguaje. Las Matemáticas. Desde donde la concienciación y apropiación social de los sistemas de la declaración científico-tecnológica actuales, se hace posible y que se encuentra entre la conciencia de la perspectiva instrumental e histórico-social y trascendente-crítica conocida como “medios para fines” de Horkheimer (1973), que hoy supone la práctica interpretativa de la filosofía de la ciencia moderna y en ella de las ciencias naturales y de las Humanidades; que se encuentran para su reflexión pedagógica en el complejo de las ciencias de la Educación, en una relación problemática que para su investigación hoy, dispone de los entramados de los denominados “comités de ética”, que suponen la búsqueda de principios y reglas para un manejo responsable de datos, información y conocimiento humanos que no sólo se asumen para la exposición de los logros

¹Desde los procesos ideológicos y educativos, hasta los procesos industriales.

de la ciencia y de la tecnología; sino que también hacen parte del bagaje y del cúmulo de conocimiento aportado por la ciencia social y por las humanidades.

Las consideraciones epistemológicas, contemplan cuatro pasos que las ciencias y las tecnologías están tratando de dar y de demostrar hacia el lugar que adquiere el lenguaje matemático en las disposiciones que son aportadas en el estudio de la relación entre educación, ciencia y tecnología. Que se trate de ser responsable en el uso de las técnicas modernas sólo desde la dimensión política o ética subyacente a la implementación de las tecnologías; ya no es suficiente para hablar de alfabetización digital y/o de educación en tecnología². Al contrario, se debe buscar desde la escuela, construir una concepción que permita asumir el que las tecnologías y las ciencias naturales y sociales modernas; constituyen campos de conocimiento con estatuto propio y en construcción permanente, los cuales para ser “introducidos” en el currículo, en la escuela, no se limita a contenidos; sino que debe pasar por el manejo responsable de los desarrollos de los campos de ciencia y tecnología como pretexto válido para convertirse en parte integral de la enseñanza de niños y jóvenes hacia la adquisición del denominado “habitus” (BOURDIEU apud MORENO; RAMIREZ, 2006), que supone con Novak (1991) y Coll et al (1992); tener “actitud positiva” hacia la ciencia moderna y hacia la investigación.

Se presentan señalamientos a la ciencia, a la tecnología, a los científicos y a los tecnólogos de manera extendida y se advierte en la discusión pública sobre un factor de riesgo que todo proceso de innovación representa y que analizan de manera reiterada la importancia de educar para la aplicación de los inventos, de las tecnologías y de los nuevos conocimientos que desarrollan. Estas oposiciones y paradojas posibilitan la encrucijada humana en una suerte de esquizofrenia en la que muchos científicos hoy se cuestionan por la responsabilidad individual y colectiva que les asiste en sus hallazgos y para los cuales un amplio sector de la sociedad no se encuentra preparado.

La temática del comportamiento políticamente responsable no es una cuestión del estado de ser capaz de actuar de manera adecuada en el diseño de políticas; las perspectivas de participación política actuales son múltiples y complejas. Están relacionadas con el hecho de que los Estados nacionales actuales; no se encuentran menos abrumados que los individuos, cuando se trata de reflexionar sobre el problema de la educación como factor de la cultura; desde una perspectiva ontológica, como una auto-relación del hombre con sus acciones y con las posibilidades de acción que ha producido históri-

² La primera categoría denominada en el contexto académico mundial “alfabetización digital” pone el acento en el acceso a los medios informáticos de manera abierta y sin restricciones en lo que se conoce como aporte al cierre de la brecha tanto entre sujetos, como entre países y para ello en el mundo hoy se habla del acceso a las políticas de información. La segunda categoría, corresponde a la denominada educación necesaria para ser culto en el contexto tecnológico que circunda la vida, educación que supone desde la lectura de instrucciones, hasta la producción de objetos, cuando la representación cognitiva de los problemas así lo exija y sea posibilitado para los denominados “usuarios cultos” de la tecnología, que denomina Miguel Ángel Quintanilla, acceso máximo al sistema tecnológico (QUINTANILLA, 2005).

camente en la práctica de guiarse por los sentidos, práctica que lo enriquece teóricamente para corroborar la institucionalidad en las condiciones de avanzada científica, de civilización y de civilidad que hoy exige la ciencia política, las ciencias naturales y sociales y las tecnologías (WEBER, 2002).

3 SOBRE LA FORMACIÓN DE LA TÉCNICA Y DE LOS TECNÓLOGOS

En el marco del Primer Seminario Internacional de Rescate y Sistematización de Tecnologías Campesinas Andinas que se desarrolló en Lima (Perú) en 1998 y que ha contado con versiones posteriores, desde las que ha adquirido lugar común, el trabajo intelectual por la defensa de las tecnologías tradicionales; se discutió el que una sociedad acostumbrada a no valorar su cultura y en la que el sistema educativo se orienta de manera preferente a formar en la reproducción de conocimientos considerados los más avanzados del paradigma de conocimiento occidental. Afirma el informe que:

[...] las actuales exigencias de los campesinos, que se hallan cada vez más confrontados con las demandas de un mercado y de instituciones externas, que imponen reglas de juego para las cuales no tienen los conocimientos, ni los medios suficientes (TECNOLOGÍAS, 1988, p. 14)

Supone esta reflexión sobre las tecnologías que no centrarse en la mirada instrumental que se busca apropiarse en la mirada pedagógica de la pedagogía de la tecnología y facilitar estrategias de apropiación social de las ciencias y las tecnologías; de los tecnólogos y de los profesores de tecnología, la conciencia por el conocimiento artesanal que amortigua la falta de apropiación del conocimiento de punta y los efectos que el desconocimiento de las estrategias de lenguaje matemático que demanda la implementación de las tecnologías actuales; pone de manifiesto la necesidad de apropiarse una alternativa endógena proveniente del saber popular y de las técnicas tradicionales³ con las que se solucionan problemas como la erradicación de plagas y las enfermedades que se curan con los saberes ancestrales, entre otros.

Un programa de revaloración del conocimiento tradicional y de las tecnologías puede ser la manifestación dentro del currículo de actividades que se orienten a “llenar” los vacíos de programación institucional y curricular, por ello se trata de que la pedagogía de la tecnología atraviese la perspectiva docente de la informática y el trabajo manual, hacia la apropiación de la mirada epistemológica de la cultura, de las ciencias, de las tecnologías y las matemáticas, como actividades conjuntas en las que se vinculan saberes particulares y comunes.

³Las temáticas correspondientes a la implementación de tecnologías y ciencias tradicionales provenientes del conocimiento popular, pueden perfectamente ser consideradas como pseudociencias y en este ámbito, pueden ser elemento de reflexión para la escritura de otros documentos a los cuales habrá que dedicar suficiente tiempo y que por ahora desborda la perspectiva del presente documento.

Así, la incorporación de la técnica y conocer de la ciencia y la tecnología demanda de los profesores, conocimientos sobre historia, sociología, psicología, ingeniería, arqueología, física, lenguas⁴; en suma, con esta perspectiva de exigencias, prácticamente ningún profesor en la actualidad estaría en condición de responsabilizarse de la formación de la cultura tecnología de las nuevas generaciones.

Los profesores comprometidos con el saber de sus estudiantes y en cualquier área del conocimiento, proponen diferencias ideológicas y metodológicas frente a los demás, así esto les signifique rechazo por lo pre-instituido por los “colegas” (GIROUX, 1990; 1985; MÁRQUES GRAELLS; ÁLVAREZ CÁNOVAS, 2014) en la actualidad y desde la historia de la pedagogía con Herbart (apud HILGENHEGER, 2010), Kant (1985; 2010), la búsqueda del quehacer pedagógico es saber motivar el espacio de acercamiento y diálogo. En consecuencia, puede decirse que la docencia de las ciencias, de la tecnología es el proceso de enseñanza de unos saberes específicos; pero también se prepara, se planifica, y aquí interviene un elemento importante como fuente de enriquecimiento para la práctica docente: la investigación en el aula.

4 IMPORTANCIA SOCIAL DE LA CIENCIA

De acuerdo con la “Declaración sobre la ciencia y el uso del saber científico”, desarrollada en Hungría entre el 26 de junio y el 1 de julio de 1999, hoy reconocida como la “Declaración de Budapest”; se pusieron en juego tanto desde el preámbulo, como en las consideraciones; sobre la importancia de la ciencia aspectos como:

Los países y los científicos del mundo deben tener conciencia de la necesidad apremiante de utilizar responsablemente el saber de todos los campos de la ciencia para satisfacer las necesidades y aspiraciones del ser humano sin emplearlo de manera incorrecta. (CONFERENCIA MUNDIAL SOBRE LA CIENCIA, 2000, p.5)

De acuerdo con la perspectiva mundial de la educación para todos en Jomtien, con las directrices de los objetivos del milenio y con la agenda de objetivos de desarrollo sostenible [ODS, 2030] (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN Y LA CULTURA; OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE, 2016) según los acuerdos logrados en estas reuniones de los países, es notorio que la ciencia se encuentra al servicio del conocimiento; el conocimiento al servicio del progreso y se agrega que:

⁴Se vincula entre las lenguas, el saber de los lenguajes de programación, razón por la cual se puede decir que la necesidad de conocimiento sobre la informática es una exigencia transversal y que todos los profesores de cualquier campo de conocimiento, estarían en la obligación de apropiarse de estos saberes.

Las ciencias deben estar al servicio del conjunto de la humanidad y contribuir a dotar a todas las personas de una comprensión más profunda de la naturaleza y la sociedad, una mejor calidad de vida y un medio ambiente sano y sostenible para las generaciones presentes y futuras. (CONFERENCIA MUNDIAL SOBRE LA CIENCIA, 2000, p. 5)

5 LE TECNOLOGÍA COMO CAMPO DE CONOCIMIENTO

La tecnología constituye un factor socio cultural desde el cual en coherencia con los planteamientos de Martin Heidegger (2007), José Ortega y Gasset (2000), o de Carl Sagan (1984), Leo Marx (2010) Lewis Mumford (2010), Carl Mitcham (2005), Jaques Ellul (1973), León Olivé (2007); sobre la base de la máxima [casi que axioma]; en la que los autores coinciden desde diferentes perspectivas y bajo miradas que desde la filosofía y desde la sociología con perspectivas tanto de defensa, como de crítica a la ciencia y a la tecnología revisadas con el filtro del determinismo; mencionan y aluden al lugar común, de que “sin la técnica, el hombre no existiría ni habría existido nunca”.

Por su parte en reciente publicación Mill y Luiz Bertoldo con enfoque sociológico sobre la ciencia y la tecnología aportan con acierto que las tecnologías presentan polos opuestos en algunos casos respecto del lugar epistemológico que tendrían que ocupar la ciencia y la tecnología como campos que presentan:

[...] dicotomias como natural/artificial y material/imaterial, muitas vezes utilizadas para ilustrar o significado de tecnologia, ocultam o possível fato de o homem ser naturalmente um ser tecnológico, bem como dificulta a percepção de que ele é também fabricante de bens imateriais como número, método, informação e projeto (forma ou modelo pensado)... Tecnologia é destreza, astúcia e habilidade prática racional, possibilitada pelo conhecimento que permite ao homem criar os objetos (meios, ferramentas, procedimentos, sistemas e artefatos) necessários à organização, à manipulação e à transformação de matéria, energia e informação segundo sua intenção e seu objetivo. (LUIZ BERTOLDO; MILL, 2018, p. 596 subrayado de los autores).

Tecnologia é conhecimento, ou seja, é modelo ou projeto que preexiste no intelecto do artesão e que pode ser avaliado pela adequação das soluções alcançadas. [...] pelo desenho (seu momento mais acabado). (LUIZ BERTOLDO; MILL, 2018, p. 597 subrayado de los autores).

Con el filósofo brasileiro Álvaro Vieira Pinto, se establecen otras perspectivas sociológicas desde las que se asume a la tecnología como una construcción cultural que, aunque difiere de la perspectiva heideggeriana sobre el mismo

campo temático de la tecnología, que según Vieira Pinto consiste en una perspectiva sustancialista⁵ y supone un “algo” que trasciende desde la perspectiva de Heidegger a la dimensión humana al ganar por sí sola autonomía por sobre la dimensión humana.

6 LA EDUCACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Contrario a la idea de ahondar en los equívocos provenientes de la ideología y de los imaginarios sobre ciencia y tecnología; se abordan en las líneas siguientes y de manera general los enfoques que caracterizan la aparición de la educación en ciencia y tecnología como un binomio de características particulares y campos educativos que desde la escuela en los niveles de enseñanza fundamental ha contado con dos perspectivas fundamentales, por una parte la mirada que relaciona los saberes de la ciencia y la tecnología en función de sus impactos en el medio y en la cultura, denominado CTS y por otra, un enfoque de reciente emergencia denominado Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM por las siglas en inglés).

7 EL ENFOQUE CTS

El que en países desarrollados se tienda a priorizar el papel de la innovación y el desarrollo (I+D) en campos como la bioquímica o el estudio de nuevos materiales, la microelectrónica y la teleinformática y por otra parte en países como los que conforman el cono sur de Latinoamérica en los que en su mayoría [exceptuando a Brasil], se tienda a la importación de tecnologías bajo la mirada de la “transferencia de tecnología”; constituyen dos ejemplos vivos de la diametralmente opuesta concepción sobre el papel social de la ciencia y la tecnología.

En el aspecto didáctico del modelo CTS para la escuela, llama la atención el trabajo de maestros con enfoque de investigación acción participante (IAP) y el desarrollo de seminarios de participación ciudadana; en cada caso, el

⁵ Esta perspectiva sustancialista, que tiene tanto detractores como defensores y que puede ser analizada en la forma adecuada a través de la reflexión de otros documentos de profundización; en cuanto que no es el centro de este documento, pero que igualmente debe suscitar interés investigativo en la academia comprometida con los estudios sociales de la ciencia y de la tecnología; los autores invitan a ampliar esta construcción conceptual y disputa intelectual; a través del abordaje de dos fuentes que a criterio propio, son los centros de aporte a la discusión. Son estas referencias; en Heidegger, el artículo “la pregunta por la técnica” de 1962, compilado el profesor Jorge Acevedo de la Universidad de Chile y publicado en 1997 en un banco denominado “Martin Heidegger Filosofía, Ciencia y Técnica”, y el pensamiento Vieira Pinto se sugiere ser abordado en el capítulo 3 de la obra “*O Conceito de Tecnologia*”, denominado “la técnica” en el cual el autor desarrolla un discurso sobre la semántica de la técnica y la técnica como adjetivo. Baste enunciar por el momento, que Vieira Pinto alude a la identificación en la perspectiva heideggeriana sobre la tecnología, un tipo de engaño de la hipostatización de la técnica (PINTO, 2013, p. 177), por esta vía se asume un tipo de valor entitativo sobre la técnica, que debe ser superado en la búsqueda de evitar evidenciar la propia naturaleza de la técnica, con lo cual se corre el riesgo adicional de la emisión de juicios de valor que el autor califica de coloridos y caer en “*a desconsoladora fúria da técnica desencadeada*” (PINTO, 2013, p. 347).

énfasis de la estrategia didáctica se enfoca en la propia actividad de los estudiantes y su campo de acción, estas estrategias guardan como lugar común el desarrollo de “habitus” y actitudes positivas hacia la investigación, particularmente por el uso de metodologías de participación y análisis de discurso.

En resumen, para efectos de acercamiento técnico a las formas de educar en ciencia y tecnología, desde el enfoque CTS, de acuerdo con Medina e Sanmatín (1998), López Cerezo (1998, p.46), hoy se identifican tres direcciones que engloban este enfoque en la escuela:

Como alternativa a la reflexión tradicional en filosofía y sociología de la ciencia, con perspectiva no esencialista y contextualizada en la actividad científica como proceso social.

Desde la perspectiva de estudio de políticas públicas, como mecanismo de regulación de la ciencia y la tecnología y de participación democrática en la toma de decisiones de procesos científico-tecnológicos.

En el proceso educativo CTS se “cristaliza” en la aparición de programas de formación y en materiales didácticos.

8 EL ENFOQUE STEM. SU MÉTODO, PEDAGOGÍA Y DIDÁCTICA

En el proceso de incorporación de la educación en Tecnología y de las ciencias tanto experimentales, como sociales; como se ha insinuado, se cuenta con la necesidad del lenguaje común a estos campos de conocimiento, es decir las Matemáticas. Por su parte el estudio de las técnicas y de las diferentes formas de Ingenierías, así como el estudio más cercano a la escuela, desde las Tecnologías de la Información y comunicación digital (TIC); se evidencia la necesidad de hacer la correspondiente revisión conceptual que, en el contexto mundial, se asumen como la directriz desde las cuales los países en su particularidad y contexto “diseñan” los programas curriculares para los campos de ciencias y tecnologías. Así, el contexto mundial se dispone de no pocas experiencias desde las cuales el modelo más reciente denominado Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas o STEM (por el acrónimo en lengua inglesa) y que se origina en los estudios e investigaciones de UNESCO (FLOTTS et al., 2016), gnz la declaración de Bolonia y el proyecto Tuning América Latina (GONZÁLEZ; WAGENAAR; BENEITONE, 2004) sobre competencias comunes de conocimiento acordados en el caso de Europa en la entrada del siglo XXI por 29 países que dada su condición de potencias educativas; se pusieron de acuerdo sobre la necesidad de la diversificación y el papel importante que para el desarrollo humano representa el estudio de las ciencias.

Reflexionar sobre la incorporación del modelo STEM en las escuelas, supone re-conocer la situación a partir del aporte de información que se ha obtenido a través del desarrollo de estudios internacionales como el informe Mackenzie (BARBER; MOURSHED, 2007) en el que participó Brasil a través de la presentación del sistema educativo del estado de Minas Gerais entre veinte sistemas educativos exitosos del mundo. Estos referentes que en el contexto mundial se contemplan como mínimo para hacer las definiciones curriculares y pedagogías de las disciplinas de ciencias, tecnologías y matemáticas, que se proponen como aspectos básicos de análisis para la transformación de la perspectiva instrumental de las tecnologías en la educación hacia la mirada conceptual y cognitiva de estos campos de conocimiento.

En el caso de Brasil, se puede identificar el compromiso del Ministerio de Educación con la enseñanza de la matemática, cuando se evidencia que a los profesores se les invita a lograr que su práctica pedagógica esté ligada al cotidiano de los estudiantes. En este sentido, los Parámetros Curriculares Nacionales de Matemática -PCN- destacan la necesidad de contextualizar la enseñanza con situaciones cotidianas

As necessidades cotidianas fazem com que os alunos desenvolvam capacidades de natureza prática para lidar com a atividade matemática, o que lhes permite reconhecer problemas, buscar e selecionar informações, tomar decisões. Quando essa capacidade é potencializada pela escola, a aprendizagem apresenta melhor resultado. (BRASIL, 1998, p. 37 – cursiva de los autores).

9 EN LA ESCUELA SE PUEDE PENSAR MÁS ACERCA DE LA(S) TECNOLOGÍA(S). ALGUNOS ASPECTOS HISTÓRICOS.

La pedagogía de la ciencia y la tecnología, desde el modelo que se considere válido de acuerdo al contexto, y con atención a las directrices que disponen los enfoques CTS y STEM, dejan sobre la mesa, la discusión en torno a que no basta con que las escuelas se llenen de computadores, equipos sofisticados y componentes tecnológicos diversos... Si niños, jóvenes y profesores no piensan desde la cultura científica y tecnológica para concebir un mundo más armonizado con el desarrollo de conocimiento y con el desarrollo humano; con información que provenga de la investigación y hacia la búsqueda de alternativas que permitan mejorar la calidad de la vida humana y aportar a cerrar las brechas de desigualdad que hoy se encuentran cada vez más marcadas en el mundo entre países ricos y pobres; de nada servirá la designación de valores importantes del PIB de cada país, hasta tanto se reconozca el papel de

transformación mental que supone apropiarse del lenguaje matemático característico de las situaciones que el mundo en la época actual de incertidumbre presenta y que no acepta los determinismos de la enseñanza clásica de la disciplina.

Por estas razones, en el mundo; docentes y estudiantes de algunas de las experiencias pedagógicas exitosas desde la década del 90 del siglo pasado entre las que se puede destacar el trabajo de David Layton (1988), quien durante varias décadas efectuó el rastreo necesario para identificar las innovaciones de la educación en ciencias y tecnología y las estrategias para identificar las totalidades y diversidades que las dos disciplinas representan para la escuela en las diferentes regiones del mundo y su aparición como parte del currículo básico de educación, [que aún hoy en varios países continua siendo un factor de duda hacia su vinculación pedagógica, o que se tiende a centrar en la implementación de la ofimática⁶]; con el objetivo de pensar la tecnología y la informática, estas iniciativas dieron origen al diseño de políticas educativas que perseguían en el mundo involucrar de manera apropiada el componente de la cultura tecnológica.

La formulación de estándares internacionales para la educación en tecnología e informática, señalan que hoy en la escuela es poca la reflexión que se efectúa sobre la tecnología, y constituye una paradoja el hecho de que se desarrollen congresos en diferentes contextos del mundo, en los que la reflexión tiende a ser la vinculación de herramientas digitales y de ambientes virtuales, no obstante las narrativas que posibilita la tecnología como campo de conocimiento y de la cultura actuales, no se consigue fácilmente poner como esencia de la educación de y desde la técnica; entre otros factores sensibles a este estudio; el humano (HEIDEGGER, 2007), a pesar que los niños y los jóvenes viven en un mundo completamente “tecnologizado” y que la sobreestimación de los potenciales de la tecnología en estos sectores, tiende a magnificar los alcances de los estudiantes en virtud de la relativamente escasa preparación y la velocidad relativa con la que algunos profesores deciden apropiarse de las tecnologías digitales o de la educación en ciencia y tecnología.

Para Layton, igual que para Quintanilla (2005), existen dos niveles de ciencia y tecnología; denominados posiciones “de dentro” y “de fuera” de las ciencias y las tecnologías. Así según el primer autor:

⁶La inclusión de la ofimática lamentablemente tampoco se ha efectuado de manera apropiada y en buena medida, la educación en tecnología, gracias a la falta de conocimiento de procesos y técnicas con los softwares tanto de office, como de libre office, terminan siendo accesorios y por lo mismo, desaprovechándose en su potencialidad en diferentes campos del conocimiento, ello muestra de nuevo, la necesidad de que los profesores de diferentes campos del conocimiento se apropien de estas técnicas y que no sean la exclusividad de un maestro de la disciplina.

En el caso de los alumnos adultos se ha observado que su interés por la ciencia y la tecnología guarda una estrecha relación con los contextos en que se encuentran. [...] existe una importante diferencia de puntos de vista entre los que están “dentro” de la ciencia, con una participación profesional, y los que están “fuera” (LAYTON, 1988, 18).

Lo enunciado muestra la importancia de educar para “hacer conocimiento” desde la ciencia y la tecnología, sobre la validez que tiene desde la escuela el descubrimiento y la invención. Pero toda la estructuración sobre la educación en ciencia y tecnología, como se ha insinuado, no es posible sin la participación de la dinámica cultural de los procesos educativos, en consecuencia, se tendría que aprender más sobre los “aparatos”, los “objetos”, los “artefactos”, los “procesos” y los computadores⁷ diseñados para facilitar las tareas de los humanos.

Aunque en el ámbito intelectual existe la discusión entre los expertos del enfoque STEM, respecto a si las ciencias experimentales y sociales, las tecnologías digitales y analógicas y las matemáticas constituyen disciplinas o si son ejes transversales; esta discusión que trae consigo la necesidad de construcción del estatuto epistemológico de las tecnologías particularmente, pone de manifiesto la urgencia tanto investigativa sobre los procesos de diseño curricular, como la necesidad de construir mecanismos de seguimiento al diseño de las políticas que hace más de dos décadas en el mundo determinaron la necesidad de educar con énfasis en ciencia y tecnología; pero que aún en muchos contextos del mundo se desconocen o se ignoran en su existencia y pertinencia, para que la temática se considere dentro de los planes de estudio, desde donde se pueden evidenciar los cambios; con proyectos de investigación pertinentes, se pueden analizar los avances, los resultados y es posible corregir aspectos que impiden el desarrollo de programas de educación en tecnología con los enfoques CTS y STEM.

10 LA EDUCACIÓN INFORMÁTICA DEBE MEJORAR

Aceptando que sea la perspectiva de las tecnologías de información y comunicación, como el enfoque (que ya se ha demostrado, no es el único); desde la informática educativa, se hace necesario reconocer que de acuerdo con la perspectiva de Daniel Mill, existe un “conjunto de conocimientos que permite às pessoas participar das práticas letradas mediadas por computadores e outros dispositivos eletrônicos no mundo contemporâneo” (BAZUTO, *apud* MILL 2013, p. 52)

⁷ Como ha sido insinuado, lamentablemente el componente computacional, desde su precario uso en los ambientes virtuales se ha caracterizado en la incorporación de la tecnología en la educación, sin embargo, los alcances de un estudio orientado al análisis de la ciencia, de la tecnología, de la técnica puede considerar aspectos de tipo funcional y de los principios físicos que se encuentran a la base de la producción de computadores, así como su representatividad en la cultura.

Este conjunto, en acuerdo con Coscarelli y Corrêa (2018), en la escuela se refiere al requerimiento del denominado por los investigadores “*Letramento Digital*”, en otros contextos anglosajones reconocido como *Digital Literacy* y para el caso de la lengua castellana “alfabetización o alfabetismo digital”. Aunque la sociedad tradicionalmente se preocupa más por las tecnologías de la información y su vinculación en la educación; el manejo “adecuado” y “educado” de estas tecnologías, de los computadores y de las redes; continúa siendo precario y aún muestra sesgos de una enseñanza de contenidos de computación que distan de la implementación de formas para identificar la utilidad de aprender lenguajes de programación tanto de nivel básico, como de nivel avanzado. En el caso de que la escuela se decida a aceptar el desafío de la informática educativa que demanda el mundo; requiere apreciar el valor del lenguaje matemático vinculado a los lenguajes de programación, especialmente porque los estudiantes en el caso latinoamericano según los informes de pisa 2015 (OCDE, 2016) y *terce*⁸ (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN Y LA CULTURA; TERCE, 2016), presentan dificultades en el desarrollo de habilidades para interpretar y comunicar tanto la estructura de los problemas, como la solución que los estudiantes pueden brindar para aquellos. Debe entenderse así que la tecnología y la informática, aunque están en todas las disciplinas del conocimiento, obedecen a la necesidad de la lógica para su implementación efectiva y que en consecuencia, se demanda de la formación en lenguajes de programación desde los primeros años, a partir del reconocimiento de experiencias válidas y validadas en diferentes contextos del planeta⁹.

Un cambio relativamente permanente de la conducta y de la actitud de estudiantes y profesores hacia el aprendizaje de las ciencias y las tecnologías, no se puede explicar por un estado transitorio o momentáneo del ingreso al aula de los “contenidos” curriculares de disciplinas que exigen la disposición del laboratorio y de la actitud experimental, como la biología, la química y la física que tienen por tradición la tendencia a obtener respuestas innatas y

⁸ TERCE es el acrónimo del Tercer Estudio Regional Comparativo y Explicativo que se desarrolló en 2015 por el laboratorio Latinoamericano de Evaluación de la Calidad de la Educación, para identificar entre 15 países de América Latina los factores de logro en el aprendizaje de lectura, escritura, matemáticas y ciencias naturales.

⁹ Algunas de las experiencias significativas que se encuentran en el mundo en la implementación de lenguajes para el desarrollo de habilidades de programación desde la escuela infantil, han sido localizadas geográficamente en Estados Unidos en su programa curricular K-12 y en el caso europeo países como Dinamarca, Alemania, Bulgaria, Chipre, República Checa, Grecia, Irlanda, Italia, Lituania, Polonia y Portugal y en el caso latinoamericano, se puede identificar como de interés el trabajo que ha venido desarrollando Chile con el desarrollo de la Programación y del Pensamiento Computacional, que proviene del mundo académico, de la investigación y que ha sido desarrollado en el departamento de ciencias de la computación de la Universidad de Chile. Estas experiencias, se pueden considerar significativas, en la medida en que se ha conseguido que escuelas y profesores incorporen los lenguajes de programación de manera directa en el diseño curricular de las diferentes disciplinas y para ello, se han vinculado desde los primeros años de educación, herramientas como *Micromundos* y *Scratch*, de código abierto. En esta misma línea existen en Brasil y en Colombia experiencias que lamentablemente no han conseguido ser expandidas como requerimiento para que docentes y estudiantes de manera convincente se apropien de las herramientas de aprendizaje que los lenguajes de programación les puede brindar.

dadas a las problemáticas con que se enfrentan los estudiantes en el proceso pedagógico, en el marco del fenómeno cognitivo denominado por Goel Y Pirolli (1992) “los problemas débilmente estructurados” que tienden a dificultar el aprendizaje y la disposición de los estudiantes a su apropiación. Deben entonces necesariamente valorarse factores y características como el modelo metodológico aplicado en el aula, el estadio de cognición de los estudiantes, el tipo de evaluación implementada en el seguimiento del aprendizaje.

Cabe la reflexión de que no solo las disciplinas que por tradición se identifican con el quehacer de los laboratorios experimentales; se encuentran sometidas a su consideración también como elementos susceptibles de experimentación, las disciplinas que implementan la informática y la programación como disciplinas de conocimiento que se desarrollan también en “laboratorios”¹⁰ especializados para ello.

El desarrollo de actitudes positivas hacia la experimentación, la identificación de dificultades para lograr el aprendizaje de los estudiantes, la solución de problemas y el discurso de las competencias del siglo XXI (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN Y LA CULTURA; CYNTHIA LUNA SCOTT, 2015), en suma, son retos que nos muestran que se debe apropiarse desde la escuela y de manera efectiva la cultura de la ciencia como modo de vida para aprender a leer el mundo, en la medida en que como se ha expresado a lo largo de este documento, y si se acepta como ha sido insinuado, es el reto o el “desafío” de la escuela. La habilidad más importante que posee el ser humano es la de solucionar problemas. En consecuencia, a los procesos educativos del mundo, cabe hacer la pregunta: ¿Cómo se puede potenciar la habilidad de los estudiantes para solucionar problemas? Y la respuesta es simple: se debe lograr que aprender matemáticas y ciencias básicas sea atractivo para los estudiantes.

Las “hazañas” que ha permitido el desarrollo de la ciencia y la tecnología y que han transformado de manera radical las características de la naturaleza, adoptan manifestaciones de avance de la especie humana que van desde la creación de la agricultura, hasta la exploración espacial y con el mismo poder; hasta el retroceso de poder para eliminar la propia existencia. Llama la atención el que en contextos como Latinoamérica o África en forma sostenida el fomento a la investigación y la enseñanza científica básica representado en el diseño de currículos que se pretende den respuesta a necesidades foráneas¹¹;

¹⁰ De allí se entiende que en la escuela se haya adoptado el lenguaje que hoy es prácticamente institucionalizado y apropiado por los estudiantes, que en particular emociona a los más pequeños. La idea de ir al laboratorio de “Informática”, “Sistemas”, “Computación”; emoción que la escuela como centro de aprendizaje debería estar en condición de administrar en favor del aprendizaje.

¹¹ Necesidades que comúnmente son el reflejo de intereses de tipo político y que se manifiestan en la coyuntura de la época de elecciones y/o de partido y en la angustia por aceptación en los círculos de la política internacional, con primacía en la forma tercermundista que caracteriza la distribución del poder y el desarrollo a escala humana en los continentes latinoamericano y africano. (MAX NEEF, 1993)

desde la gestión del PIB asignado a este tipo de rubros, reciba cuestionamientos al interior de las clases gubernamentales y en consecuencia, el debilitamiento y declive de los aportes de la ciencia producida en estos países, de cara al posicionamiento en la carrera mundial de producción de conocimiento científico. Algunos políticos y diseñadores de política pública incluso han manifestado de manera abierta en contextos de gobernanza, que las ciencias se deben dejar a los países desarrollados.

En el planeta las diferencias que se presentan entre los gobernantes, los gestores de políticas públicas y las sociedades de científicos; hoy se evidencia por la brecha que tiende a crecer y a volverse cada vez insalvable entre ricos y pobres, con lo cual se afecta la credibilidad en los países, particularmente de aquellos que poseen políticas de ciencia, innovación y desarrollo emergentes. En 2016 y en el marco del desarrollo de una entrevista efectuada al primer ministro de Canadá Justin Pierre James Trudeau; se le indagó por su saber sobre la computación cuántica¹², indagación por la que se ofreció una lección de pertinencia debido a la científicidad de su exposición y de pedagogía por la accesibilidad de la respuesta para todos los públicos¹³.

Debido a esta pérdida de interés e importancia hacia la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia y la tecnología desde el diseño de políticas públicas vinculadas al currículo básico en la escuela, que se caractericen por su calidad; muestran los resultados y la relativa poca efectividad de estas políticas, se miden tanto en el aprendizaje de las ciencias en los exámenes de tipo censal como PISA, TIMS, Y PERCE; al igual que en problemáticas de tipo infraestructural por las que la ingeniería latinoamericana se pone en cuestión alrededor del mundo. Son suficientemente conocidos los casos de obras de infraestructura que han recibido desde su planeación (en los planos) premios de diseño, de arquitectura o de ingeniería y que sin embargo durante su materialización terminan en tragedias que han comprometido la vida y los intereses económicos de comunidades enteras.

En el campo educativo se presenta un fenómeno masivo de importación de soluciones a problemas que en ocasiones la escuela no posee, pero que sí aparecen con la adquisición de materiales para las cuales la infraestructura de la escuela rural latinoamericana no se encuentra suficientemente preparada; es este el caso de la adquisición en varios países del continente, del programa “*One laptop per child*” de origen norteamericano y que responde a procesos de investigación de Negroponte, pero que no por ello se asumen, apropiados en la claridad entre los profesores en su aspecto técnico (los problemas de software y programación), adicional a las debilidades en el manejo de la se-

¹² Es importante aclarar que el primer ministro de Canadá posee formación de base en literatura, se ha desempeñado como profesor de francés, ciencias y matemáticas a nivel de educación básica.

¹³ Ver: <https://youtube.com/watch?v=Eak_ogYMprk>. Acceso em: 10 fev 2018

gunda lengua y todas las dificultades que trae esta dificultad; así, finalmente la adquisición de equipo sin la asesoría y acompañamiento permanente a la práctica técnica y pedagógica, no sirven a los propósitos con los que las adquisiciones inicialmente se efectúan, pero que aun así, las políticas educativas y los gestores de las mismas, defienden como cumplimiento y ejecución de la gobernabilidad.

En el marco de construcción de políticas públicas en educación se perciben falencias en la concepción teórica, pedagógica y política de planes, programas y proyectos de gobierno que por su orientación permanente a la prueba “ensayo y error”; han mostrado la importancia de adoptar metodologías validadas científicamente y probadas en su coherencia y cohesión, pero que para muchos sectores de la sociedad resultan extenuantes; constituyen entre otras, manifestaciones de la necesidad de educar en ciencia y tecnología.

11 CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MATEMÁTICAS. LA LENGUA QUE SE DEBERÍA APRENDER EN TODAS LAS ESCUELAS

Son múltiples los retos y desafíos que la humanidad hoy enfrenta y que se vislumbran de necesaria confrontación en el inmediato plazo, así como de disposición para ser atendidos en los diferentes contextos del planeta; entre estos retos, se encuentran las enfermedades que se provocan masivamente o pandemias desde laboratorios tales como el virus AH1N1, el ébola que tratan de interrumpir las formas de las hélices de información del código genético y que solo se pueden contrarrestar a través del diseño de otros nuevos lenguajes que en la aplicación de la computación cuántica consigan desviar la información hacia otros bancos. Al incorporarse en la información genética; a los sistemas les resulta imposible destruir la información maliciosa; a lo sumo, es posible depositarla en cadenas de información que no se encuentran directamente relacionadas con el sistema y a través de esta lógica, “engañar” los algoritmos con los que se distribuyen los virus tanto en redes mundiales de computadores, como en redes y sistemas humanos.

Las grandes revoluciones tanto científicas como de la información y de las comunicaciones, fueron posibles gracias a que genios como Isaac Newton, Gottfried Leibniz, Carl Friedrich Gauss, Leonard Euler, Jean-Baptiste Joseph Fourier, entre otros, como los matemáticos más notables de la humanidad y desde la antigüedad y hasta ahora; se comprometieron con el desarrollo del álgebra, de la trigonometría, del cálculo diferencial y de las sucesiones y series, en suma, de la lógica. Esta disposición, indiscutiblemente provino de una forma de divertimento intelectual, que debe ser hoy la característica de

la formación en ciencias y matemáticas; es decir, se trata de lograr que los niños disfruten con el aprendizaje que se les brinda en las escuelas, y que el conocimiento de las matemáticas, por tradición abordado de manera árida y descontextualizado, pueda ser diametralmente transformado y este reto solo será posible en cuanto se supere la mirada memorística y que los profesores, no dejen de estudiar.

Aspectos que son el diario vivir en el uso de artefactos como los computadores, las redes sociales, los teléfonos inteligentes; el movimiento de la bolsa de valores y el posicionamiento de satélites que tienen como misión la búsqueda de condiciones para la vida inteligente en otros mundos; tienen detrás de sí un andamiaje enorme y complejo de lenguajes matemáticos de los cuales, el ciudadano de a pie no se percata, ni se preocupa; sólo hasta cuando el servicio de red (digital o analógica) muestra sus debilidades. En el mundo el arreglo terminológico “tecnologías de la información y las comunicaciones” -TIC- constituye la cotidianidad del mundo de la vida y es el segmento de análisis social (UNESCO, 2013; CLARO, 2010) con mayores índices y referencias de académicos y de procesos pedagógicos, que atienden a la lucha ideológica entre defensores y detractores de la implementación de los medios digitales a la educación, y resulta de tal cotidianidad, que incluso los gobiernos tienen divisiones y asesores dentro de los ministerios que son encargados de este factor de gestión.

No obstante, como ha sido insinuado, para efectos del diseño pertinente de las políticas públicas, sorprende el escaso o nulo conocimiento que muchos de los gestores de aquellas políticas pueden evidenciar sobre la eficacia, la efectividad y la eficiencia de los sistemas de aprendizaje en línea, que traen consigo la lectura del lenguaje matemático, y aún resulta de mayor sorpresa que asesores en este aspecto, no respondan a la formación disciplinar y pedagógica que las TIC en la educación demandan en la apropiación de temas como programación básica orientada a objetos y lógica discreta, cuyo algoritmo es la base de una de las fortunas matemáticas de mayor impacto social en la historia actual y futura, se le debe a la implementación del algoritmo de búsqueda y organización de información creado por el matemático británico Edward Kasner (KASNER; NEWMAN, 1994) y denominado gúgolplex y que hoy es el lenguaje del que se conoce como el motor de búsqueda más implementado del planeta, “Google”.

12 CONSIDERACIONES DE CIERRE

Las perspectivas de aprendizaje de la ciencia y la tecnología, su vinculación como campo de conocimiento al diseño curricular básico desde los primeros

niveles de formación, constituye hoy un poderoso pretexto para aportar a la construcción de sociedades más democráticas en Latinoamérica. Si se acepta que democracia es participación, es claro que se demanda la apropiación y empoderamiento de modelos y criterios que, aunque sean foráneos, han mostrado su efectividad y pertinencia en otras latitudes del planeta y enseñan que las matemáticas dentro de las ciencias naturales y sociales, así como dentro de las tecnologías, constituyen el lenguaje que caracteriza estos campos de conocimiento.

La agenda internacional de objetivos de desarrollo sostenible constituye una oportunidad para que desde la educación en el mundo se efectúen aportes significativos, pero fundamentalmente; contextualizados, que permitan en la escuela superar el obstáculo epistemológico que representa la confusión entre los conceptos básicos de ciencia y su correlación con la innovación; pero de idéntica forma esclarecer el imaginario social que pone a estas categorías como equivalentes. Por su parte, lo propio que acontece con el equívoco de equipar a la tecnología con la ciencia o de concebir a la primera como “aplicación” de la segunda, equívocos que con escala diferencial en el perjuicio por permitir que estos equívocos hayan crecido; trae consigo los resultados aquí descritos cuando se trata de definir la agenda de políticas de educación, ciencia, tecnología e innovación, que por ingenuidad epistemológica, metodológica y de desconocimiento del lenguaje matemático, terminan poniéndose en “un mismo rasero”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBER, M.; MOURSHED, M. **Cómo hicieron los sistemas educativos con mejor desempeño del mundo para alcanzar sus objetivos**: Informe McKinsey & Company. 1. ed. Buenos Aires: PREAL, 2007. v. 1. Disponible em: <http://www.preal.org/publicacion.asp>. Acceso em: 02 fev. 2016.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: Matemática. Brasília: MEC; SEF, 1998. v. 1.

BRUNER, J. **Realidad y Mundos posibles**. Méjico: Fondo de Cultura Económica, 1995. v. 1.

_____. **La Educación, puerta de la cultura**. Madrid: Visor, 2000. v. 1.

BRUNNER, J. J. Educación al encuentro de las nuevas tecnologías. In: BRUNNER, J. J.; TEDESCO, J. C. (org.). **Las nuevas Tecnologías y el futuro de la educación**. 1. ed. v. 1. Buenos Aires: UNESCO, 2003, p. 15-67. v. 1. Disponible em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001423/142329so.pdf>. Acceso em: 30 set. 2015.

BUCH, T. **El Tecnoscopio**. Buenos Aires: Siglo XXI, 2003.

CLARO, M. **La incorporación de Tecnologías digitales en educación: Modelos de Identificación de Buenas Prácticas**. 1. ed. Santiago de Chile: CEPAL, 2010. v. 1. Disponível em: <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3772/1/S2010481.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2015.

COLL, C. et al. **Los contenidos de la reforma "Enseñanza y Aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes"**. 1. ed. v. 1. Madrid: Grao, 1992. v. 1. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/31693844_Los_contenidos_en_la_reforma_y_aprendizaje_de_conceptos_procedimientos_y_actitudes_C_Coll_et_all. Acesso em: 10 maio 2015.

CONFERENCIA MUNDIAL SOBRE LA CIENCIA, 1., 1999, Budapest, Hungría. **La Ciencia para el Siglo XXI. Un Nuevo Compromiso ...** París: UNESCO, 2000. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001229/122938so.pdf>. Acesso em: 02 jul. 2018.

COSCARELLI, C.; CORRÊA, H. Letramento Digital. In: MILL, D. (org.). **Dicionário Crítico de Educação e Tecnologias e de Educação a Distância**. 1. ed. Campinas: Papyrus, 2018. p. 385-386. v. 1.

ECHEVERRÍA, J. **Filosofía de la Ciencia**. 1. ed. Barcelona: Akal, 1995. v. 1.

ELLUL, J. **The Technological Society**. 1. ed. New York: Vintage Books, 1973. v. 1.

FLOTTS, M. P. et al. **Tercer Estudio Regional Comparativo y Explicativo - TERCE: Aportes para la Enseñanza de la Matemática**. 1. ed. Chile: UNESCO, 2016. v. 1. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002448/244855S.pdf>. Acesso em: 02 jul. 2018.

GIROUX, H. **Los profesores como intelectuales: Hacia una pedagogía crítica del Aprendizaje**. Barcelona: Paidós, 1990. v. 1.

_____. Teorias De La Reproduccion Y La Resistencia En La Nueva Sociologia De La Educacion: Un Analisis Critico. **Cuadernos Políticos**, México, n. 44, editorial Era, p. 36-65, jul./dez.1985. Disponível em: <http://www.cuadernos-politicos.unam.mx/cuadernos/contenido/CP.44/cp.44.6.%20HenryAGiroux.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2018.

GOEL, V.; PIROLI, P. The Structure of Design Problem Spaces. **Cognitive Science**, Berkeley, v. 1, n. 16, p. 395-429, jul. 1992.

GONZÁLEZ, J.; WAGENAAR, R.; BENEITONE, P. Tuning - América Latina: Un proyecto de las Universidades. **Revista Iberoamericana de Educación**, Madrid, v. 1, n. 35, p. 151-164, mai. 2004. Disponível em: <https://rieoei.org/historico/documentos/rie35a08.htm>. Acesso em: 02 jul. 2018.

HEIDEGGER, M. **La Pregunta por la Técnica**. Barcelona: Ediciones Folio S.A. Barcelona, 2007. v. 1.

_____. **De camino al habla**. Barcelona: Ediciones del Serbal, 1987. v. 1.

HILGENHEGER, N. **Johann Herbart**: Norbert Hilgenheger. 1. ed. Recife: Massangana, 2010. v. 1. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/me4672.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2018

HORKHEIMER, M. **Crítica de la Razón Instrumental**. 2. ed. v. 1. Buenos Aires: SUR, 1973.

KANT, I. **Tratado de Pedagogía**. Bogotá: Rosaristas, 1985.

_____. O que é o esclarecimento. In: **Textos seletos**. Tradução de Raimundo Vier. 4. ed. Petropolis: Vozes, 2010.

KASNER, E.; NEWMAN, J. **Matemáticas e Imaginación**. Barcelona: Biblioteca Científica Salvat, 1994. v. 2.

LAYTON, D. **Innovaciones en la Educación en Ciencias y Tecnología**. 1. ed. París: UNESCO, 1988. v. 2.

LÓPEZ CERREZO, J. A. Ciencia, Tecnología y Sociedad: El estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos. **Revista Iberoamericana de Educación**, Barcelona, n. 18, p. 42 – 68, set. 1998. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=147532>. Acesso em: 12 dez. 2011.

LUIZ BERTOLDO, H.; MILL, D. Tecnologia. In: MILL, D. (org.). **Dicionário Crítico de Educação e Tecnologias e de Educação a Distância**. 1. ed. Campinas, SP: Papirus, 2018. p. 596-606. v. 1.

MÁRQUES GRAELLS, P. R.; ÁLVAREZ CÁNOVAS, I. El Currículum bimodal como marco metodológico y para la Evaluación: Principios básicos y mejoras obtenidas en aprendizajes y rendimiento de los estudiantes. **Educar**, Barcelona, v. 50, n. 1, p. 149-166, jan. 2014. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5045766>. Acesso em: 02 jul. 2018.

MARX, L. Technology: The Emergence of a Hazardous Concept. **Technology and Culture**, Georgetown, v. 51, p. 561-567, jul. 2010. Disponível em: <http://faculty.georgetown.edu/irvinem/theory/marx-TC-2010-52.pdf>. Acesso em: 02 jul. 2018.

MAX-NEEF, M. **Desarrollo a Escala Humana**: Conceptos, Aplicaciones y algunas Reflexiones. Montevideo: Icaria Editorial, 1993. v. 1.

MEDINA, M.; SANMARTÍN, J. **Ciencia, Tecnología y Sociedad**: Estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión pública. 1. ed. Barcelona: Anthropos Research & Publications, 1998. v. 1.

MILL, D.; JORGE, G. **Sociedades Grafocêntricas digitais e Educação**: sobre letramento, cognição e processos de inclusão na contemporaneidade. In: MILL, D. (org.). Escritos sobre Educação. 1. ed. São Paulo: Paulus, 2013. v. 1. p. 39-71.

_____.; SANTIAGO, G. **Ambientação e Letramento Digital**. 1. ed. São Carlos: Pixel, 2016. v. 1.

MITCHAM, C. De la Tecnología a la ética: experiencias del siglo veinte, posibilidades del siglo veintiuno. **Rev. iberoam. cienc. tecnol. soc.** Ciudad Autónoma de Buenos Aires, v. 2, n. 5, p. 167-176 mai. 2005.

MORENO DURÁN, A.; RAMIREZ, J. E. **Pierre Bourdieu Introducción Elemental**. Bogotá: Panamericana, 2006. v. 1.

MUMFORD, L. **El Mito de la Máquina**. Técnica y Evolución Humana. 1. ed. Logroño: Pepitas de Calabaza, 2010. v. 1.

NOVAK, J. Ayudar a los alumnos a aprender como aprender. **Enseñanza de las ciencias**, Barcelona, v. 9, n. 3, p. 215-228, 1991. Disponível em: <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/39895/93142>. Acesso em: 25 abr. 2010.

OLIVÉ, L. **La ciencia y la tecnología en la sociedad del conocimiento**: Ética, política y epistemología. 1. ed. Méjico: Fondo de Cultura Económica, 2007. v. 1.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN Y LA CULTURA UNESCO; SCOTT, S. C. (org.). **El futuro del Aprendizaje 2**. Qué tipo de Aprendizaje se necesita en el Siglo XXI? 1. ed. París: UNESCO, 2015. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002429/242996s.pdf>. Acesso em: 03 jul. 2016.

_____.; ESCUELAS ASOCIADAS. (org.). **Escuelas en Acción**: Ciudadanos del mundo para el desarrollo sostenible. 1. ed. París: UNESCO, 2017. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002485/248527s.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2017.

_____.; OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE. (org.). **Desglosar el objetivo de desarrollo sostenible 4**: Guía Educación 2030. 1. ed. París: UNESCO, 2016. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002463/246300s.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2017.

_____.; OFICINA REGIONAL DE EDUCACIÓN PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. (org.). **Enfoques estratégicos sobre las TICS en Educación en América Latina y el Caribe**. 1. ed. Santiago de Chile: UNESCO, 2013. Disponível em:

<http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Santiago/images/ticesp.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2014.

_____.; TERCE. (org.). **Aportes para la enseñanza de la Matemática**. 1. ed. Santiago de Chile: UNESCO, 2016. v. 1. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002448/244855S.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2017.

ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICO; SCHLEICHER, A. (org.). **Pisa 2015: PISA Resultados Clave**. 1. ed. París: OCDE, 2016. v. 1. Disponível em: <https://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-results-in-focus-ESP.pdf>. Acesso em: 16 out. 2016.

ORTEGA Y GASSET, J. **Meditación de la técnica y otros ensayos sobre ciencia y filosofía**. Barcelona: Alianza, 2000.

PINTO, A. V. **O conceito de Tecnologia**. Rio de Janeiro: Editorial Contraponto, 2013.

QUINTANILLA, M. A. **Tecnología: Un Enfoque Filosófico y otros ensayos de Filosofía de la Tecnología**. 1. ed. Méjico: Fondo de Cultura Económica, 2005. v. 1.

SANMARTÍN, J. et al. (org.). **Estudios sobre Sociedad y Tecnología**. 1. ed. Barcelona: Anthropos; Promat; S Coop. Ltda, 1992. v. 1.

SAGAN, C. **El Cerebro de Broca**. 8. ed. Nueva York: Grijalbo, 1984. v. 1.

SCHÖN, D. **El Profesional Reflexivo: Cómo piensan los profesionales cuando actúan**. 1. ed. Barcelona: Paidós, 1998. v. 1.

_____. **La Formación de Profesionales Reflexivos**. Barcelona: Paidós, 1992. v. 1.

TECNOLOGÍAS Campesinas de Los Andes: Primer Seminario Internacional de Rescate y Sistematización de Tecnologías Campesinas Andinas. 1. ed. Lima: Horizonte, 1988. v. 1. Disponível em: <http://www.pratecnet.org/pdfs/Tecnologias-campesinas-de-los-andes.pdf>. Acesso em: 04 dez. 2015.

TONUCCI, F. **¿Enseñar o Aprender? La Escuela como investigación quince años después**. 1. ed. Barcelona: Graó, 1990. v. 1.

WEBER, M. **Economía y Sociedad: Esbozo de sociología comprensiva**. 2. ed. Barcelona: Fondo de Cultura Económica, 2002. v. 1.

ZIMMERMAN, B. J. **Developing self-fulfilling cycles of academic regulation: An analysis of exemplary instructional models**. In: SCHUNK, D. H.; ZIMMERMAN, B. J. (ed.). **Self-regulated learning from teaching to self-reflective practice**. London: Guilford Press, 1998. p. 1-19.

FORMAÇÃO DE PROFESSORES: APROFUNDAMENTO TEÓRICO- METODOLÓGICO DE EXPERIMENTOS INVESTIGATIVOS

Mara Elisângela Jappe Goi¹

Universidade federal do Pampa – Unipampa – Brasil
maragoi@unipampa.edu.br

Ricardo Machado Ellensohn²

Universidade federal do Pampa – Unipampa – Brasil
ricardoellensohn@unipampa.edu.br

Sandra Hunsche³

Universidade federal do Pampa – Unipampa – Brasil
sandrahunsche@yahoo.com.br

¹ Graduação em Licenciatura em Química pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ, Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Luterana do Brasil – ULBRA e Doutora em Educação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Atualmente é professora Adjunta da Universidade Federal do Pampa – Campus Caçapava do Sul, atua também como membro docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPGEC – Mestrado Profissional) da UNIPAMPA.

² Graduação em Licenciatura em Química e Química Industrial pela Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Mestre e Doutor em Ciências pela Universidade de São Paulo – USP e Pós-Doutorado em Síntese Orgânica pela Universidade de Campinas – UNICAMP. Possui MBA Executivo em Gestão Empresarial pelo Centro Universitário de Maringá – CESUMAR. Atualmente é professor Adjunto da Universidade Federal do Pampa – Campus Caçapava do Sul, atua também como membro docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Educação Profissional e Tecnológica do CTISM/UFSM.

³ Graduação em Física Licenciatura pela Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Mestre em Educação pela Universidade Federal de Santa Maria - UFSM e Doutora em Educação Científica e Tecnológica pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Atualmente é professora Adjunta da Universidade Federal do Pampa – Campus Caçapava do Sul, atua também como membro docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPGEC – Mestrado Profissional) da UNIPAMPA.

RESUMO

No presente trabalho relatamos uma experiência investigativa na formação de professores de ciências da natureza. O objetivo foi a formação inicial e continuada de professores da educação básica sobre aspectos conceituais e metodológicos da experimentação investigativa. A experiência realizada e os dados obtidos indicaram que o desenvolvimento de competências no processo de elaboração de atividades investigativas pode ser realizado em curso de formação de professores, como também permitiu levantar uma série de evidências indicando que a formação de professor é uma tarefa complexa principalmente quanto à sua formação prático-reflexiva e, à ampliação de suas habilidades e estratégias didáticas.

Palavras-chave: Ensino de Ciências. Educação Básica. Experimentação.

ABSTRACT

In the present work we report an investigative experience in the training of science teachers of nature. The objective was the initial and continuous training of teachers of basic education on conceptual and methodological aspects of research experimentation. The experience and data obtained indicated that the development of competencies in the process of elaboration of research activities can be carried out in the course of teacher training, as well as a series of evidences indicating that teacher training is a complex task mainly their practical-reflexive formation, and the expansion of their teaching skills and strategies.

Keywords: Science teaching. Basic education. Experimentation.

1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho discutimos a implementação e os resultados de um curso de formação inicial e continuada de professores, realizado em uma universidade pública do estado do Rio Grande do Sul. O curso baseou-se no aprofundamento da Metodologia de Experimentação com professores em formação inicial e continuada da área de Ciências da Natureza.

A nossa vivência na formação de professores da área de Ciências da Natureza na Universidade Federal do Pampa (Unipampa), que vem sendo difundida e socializada em eventos nacionais e regionais, revelou que muitos professores possuem lacunas conceituais e metodológicas. Em geral esses profissionais não inovam em suas estratégias de ensino, muitas vezes, devido à falta de preparo na formação inicial, pela não formação na área de atuação e pelas dificuldades em frequentar cursos de formação continuada.

Assim, apresentamos e discutimos os dados extraídos de um curso de formação de professores, no qual se privilegiou a vivência da metodologia, superando a perspectiva de aprendizagem de uma técnica performática. Princípios como interdisciplinaridade, estudo extensivo, aprofundamento teórico, uso cotidiano da metodologia constituem-se como elementos formativos relevantes a serem considerados em modelos de formação de professores.

Para efetivar esse trabalho aprofundamos o referencial sobre o uso laboratório didático. Assim, podemos sinalizar que há um debate sobre o ensino experimental de Ciências da Natureza, nos vários níveis de ensino. Uma polêmica de natureza filosófica refere-se ao indutivismo extremo, que privilegia observações e experimentações “livres” e que desconsidera o papel essencial da construção de hipóteses e de um corpo coerente de conhecimento (GIL PÉREZ, 1996). Esta polêmica fomenta o debate que se refere às atividades que se propõe apenas a testar fenômenos cujos resultados são conhecidos, promovendo a comprovação de leis e teorias, o que ficou marcado no ensino tradicional e no ensino por redescoberta. Essa é principalmente uma característica das aulas tradicionais em que é muito comum a utilização de um roteiro fixo para o desenvolvimento de atividades laboratoriais. Apesar da relevância atribuída à experimentação, o Ensino de Ciências é associado a situações livrescas e a pequenos trabalhos práticos. Esta visão indutivista é a base da orientação da aprendizagem por redescoberta (GIL PÉREZ, 1993).

Outra questão está relacionada à natureza cognitiva do indivíduo ao usar o laboratório didático. Insausti (1997), destaca que os estudantes não têm ideias claras sobre o que estão fazendo durante as atividades práticas de laboratório, tendo dificuldades em relacionar os conceitos e fenômenos em um experimento.

Outra polêmica está relacionada ao uso do laboratório didático. Muitos professores alegam que não utilizam o laboratório didático devido ao pouco espaço físico, a as precárias condições materiais para a execução das atividades experimentais (AXT, 2002). Essa postura geralmente é adotada por professores que utilizam o livro didático como única âncora de seu trabalho; este por sua vez não propõe atividades práticas e quando se referem a resultados experimentais, apresentam fatos isolados.

Apesar de toda essa controvérsia, não se pode negar que a experimentação tem um papel relevante na aprendizagem escolar. Nesse sentido, várias sugestões foram realizadas procurando evitar a utilização de roteiros muito rígidos e, conseqüente, fragmentação do conhecimento. Essas metodologias alternativas propõem as aulas experimentais como uma alternativa para a melhoria do processo ensino e de aprendizagem e compreensão dos conteúdos desenvolvidos.

Por outra parte, González (1992), argumenta que as práticas de laboratório podem servir como um instrumento que favoreça questões fundamentais para a construção e o entendimento de conceitos. Essas atividades para serem frutíferas devem estar permeadas por objetivos bem definidos, oportunizando direção e sentido ao estudo que está sendo realizado. Assim, os alunos podem construir hipóteses, analisar dados, observar criticamente os problemas de interesse e implicações da própria Ciência.

A organização de uma proposta que trabalhe com estratégias e metodologias alternativas no ensino experimental pode contribuir para a melhoria da compreensão de conceitos científicos.

2 REFLEXÕES SOBRE O LABORATÓRIO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

A experimentação se enquadra em tendências teórico-metodológicas e tem um papel relevante na aprendizagem escolar, ela instiga o aluno a pensar, a criar e a testar hipóteses, como também faz o educando se sentir atuante em sua aprendizagem. Segundo Axt (2002), experimentação pode contribuir para aproximar o Ensino de Ciências das características de um trabalho científico, como também pode contribuir para a aquisição de conhecimento e para o desenvolvimento mental dos alunos.

O trabalho prático nas aulas de Ciências não é, entretanto, uma metodologia nova. Em 1822, o Departamento Educacional da Inglaterra declarava que a formação científica em Ciências deveria ser ministrada através de experimentos (HODSON, 1994). Roger Lock, em 1987, fez uma revisão bibliográfica sobre o ensino experimental no período de 1862-1987 e constatou que esta estratégia metodológica sempre foi trabalhada (em algumas épocas com mais intensidade).

Nas décadas de 1960 e 1970, grande parte dos currículos de Ciências da Natureza enfatizaram o ensino experimental (HODSON, 1994). Atualmente o ensino continua assim, sendo que o que mais observamos em relação à experimentação é o “laboratório tradicional”, caracterizado por trabalho em equipe e em ambiente apropriado que permite a manipulação de objetos de laboratório, onde o educando pode construir conhecimentos testando o que já foi comprovado. Esse ambiente é marcado por aulas segmentadas, com atividades definidas por um roteiro fixo, em que o objetivo é trabalhar experimentos já comprovados.

Apesar dessas características, o laboratório didático é fundamental no ensino de Ciências, e pensar em descartá-lo seria destruir a Ciência em seu contexto (HODSON, 1994; BARBEARÁ; VALDÉS, 1996; TAMIR; GARCIA, 1992, entre outros). Nesse sentido, várias sugestões foram feitas procurando melhorar a implementação dessa metodologia.

Grande parte das discussões realizadas sobre o laboratório didático como uma perspectiva para construção de conceitos foi elaborada nas décadas de 70 a 90 pelo Movimento das Concepções Alternativas (MCA) visando uma “mudança” efetiva no Ensino de Ciências e a elaboração de propostas de ensino mais relevantes.

Os trabalhos realizados no MCA apareceram como subsídios para que pesquisadores chegassem a propor modelos construtivistas de Ensino de Ciências (DRIVER; BELL, 1986). Entretanto, como analisa Millar (1989), o modelo construtivista de ensino parece indicar que a Ciência poderia ser ensinada de qualquer maneira, desde que o aluno estivesse envolvido ativamente e se comprometesse com o seu papel intelectual na reconstrução e significação do conhecimento (MALDANER, 2000).

As derivações pedagógicas desse modelo construtivista parecem indicar que ele oportuniza a construção de uma proposta mais eficiente para as atividades experimentais, desde que estas sejam bem planejadas e articuladas. Essas atividades quando bem trabalhadas poderiam aumentar a capacidade de modelização do estudante; facilitar a reformulação conceitual; servir como mediadora para a aquisição de novos conceitos na medida que o educador e o educando estivessem bem preparados para a implementação da proposta.

As ideias teóricas construtivistas fundamentam-se na constatação de que o estudante traz para a escola um conjunto de valores e conhecimentos construídos ao longo de sua história, mesmo antes de qualquer educação formal. Em consequência disso, o educando é concebido como aquele que constrói o seu próprio conhecimento através da ação, por isso a organização das atividades deve estar a cargo do próprio aluno.

A partir dessa concepção, a reconstrução da Ciência no ambiente escolar não significa reproduzir atividades de experimentação isoladas. As práticas por si mesmas não garantem a aprendizagem; elas requerem que após qualquer atividade de cunho experimental se tenha um espaço para a teorização do que foi evidenciado no laboratório. Para Borges (1997), nesse processo, os alunos e professores podem dialogar sobre o que foi visualizado e construído no decorrer da prática, em termos científicos.

Para que o ensino experimental seja realmente reestruturado não basta mudar o enfoque metodológico, é necessário que o professor se questione e ao mesmo tempo esteja insatisfeito com a sua prática pedagógica, talvez assim busque novos subsídios para o aprimoramento de seu próprio trabalho. Também, parece adequado além de valorizar a mudança pela vontade e necessidade do professor, ressaltar aspectos epistemológicos, com o objetivo de clarificar o Ensino de Ciências.

Nesse sentido, nas últimas três décadas várias propostas têm apontado alternativas de estruturação para o ensino experimental. No Brasil, encontramos algumas propostas: Maldaner (2000); Maldaner e Zambiasi (1993); Ambrogi et al. (1987); GEPEQ (1996); Lufti (1988, 1992); Beltran e Ciscato (1991); Romanelli e Justi (1999); Lopes (1997); Krüger e Lopes (1997), Mortimer e Machado (2002); Borges (2002); Galiazzi e Gonçalves (2004); Cachapuz et al (2005); Cachapuz, Praia e Jorge (2004); Bassoli, (2014). Parece-nos importante realizar um trabalho que contribua para o aprimoramento das atividades de laboratório. Dentre as várias tendências estruturadas nas últimas décadas, talvez a mais adequada para esse aprimoramento seja o ensino através de Experimentos Investigativos.

A literatura apresenta diferentes posicionamentos sobre a inserção de atividades experimentais nas aulas e currículos de Ciências da Natureza (BORGES, 2002; GALIAZZI; GONÇALVES, 2004; CACHAPUZ et al., 2005; CACHAPUZ; PRAIA; JORGE, 2004; BASSOLI, 2014), com o objetivo de trabalhar práticas de laboratório que possam possibilitar o diálogo entre professores e alunos em um processo de questionamentos, discussões e construções de argumentos (GALIAZZI; GONÇALVES, 2004). Nessa perspectiva, consideramos que esta estratégia possa ajudar na promoção do conhecimento científico, proporcionando o desafio, a instigação, a criação, a decodificação de informações, para sugerir a estruturar as atividades de laboratório.

A seguir destacaremos as contribuições do ensino por experimentos na área de Ciências da Natureza.

2.1 EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS

A literatura nos tem mostrado que o uso da experimentação no Ensino de Ciências é uma alternativa tratada exaustivamente (ALONSO; GIL PEREZ; MARTINEZ TORREGOSA, 1992; GONZALES, 1992; SANCHES et al., 1992; GIL PEREZ, 1993; HODSON, 1994; GARCIA BARROS; MARTÍNEZ LOSADA; MONDELO ALONSO, 1995; BASSOLI, 2014; TRÓPIA, 2009; CACHAPUZ et al 2005). Muitas dessas pesquisas têm revelado que o ensino experimental está sendo mal conduzido tanto na Educação Básica quanto no Ensino Superior, por isso, parece-nos necessário não mais protelarmos a proposição de alternativas para as aulas experimentais, como uma forma de efetivar o processo de aprimoramento e aquisição de novos conceitos.

Essa alternativa pode ser um meio de incentivar o estudante à discussão, ao enfrentamento de ideias, ao levantamento de hipóteses e conclusões. Entretanto, como sinalizado, o ensino experimental deve ser melhor estruturado, priorizando estratégias experimentais de cunho investigativo (CACHAPUZ et al., 2005).

Segundo Machado (2002), o ensino experimental pode priorizar situações de investigação aos alunos, deve ser bem planejado, desmistificando a possibilidade do trabalho científico escolar. Esta distinção é relevante na medida que a ciência escolar privilegia o ensinar, o fazer e o pensar, estudar os conhecimentos já estruturados e normativos do currículo de acordo com os valores da escola, em que os estudantes pensarão de forma mais autônoma e crítica sendo a atividade científica escolar o resultado da interação entre o conhecimento, o professor e o aluno, elementos básicos de um sistema didático (IZQUIERDO; SANMARTÍ; ESPINET; 1999). Além disso, é necessário usar o laboratório com objetivos mais coerentes e definidos.

Borges (1997) constatou que até mesmo em escolas que têm uma tradição de ensino experimental, os objetivos relacionados ao laboratório didático de Ciências são trabalhados de forma implícita, e o professor trata, quase sempre, com objetivos não muito claros confiando apenas em sua experiência anterior. Esta falta de clareza contribui para que os alunos entrem “cegos” no laboratório, sem saber realmente o que irão fazer e como proceder (MOREIRA, 1980). A explicitação de objetivos torna-se, portanto, elemento fundamental para o bom andamento das aulas experimentais.

Para Lynch (1987 apud INSAUSTI, 1997), são objetivos do ensino experimental: motivar mediante a estimulação, o interesse e a diversão; ensinar as técnicas de laboratório; intensificar a aprendizagem de conhecimentos científicos; proporcionar a construção de uma concepção sobre o método científico e, desenvolver habilidades e atitudes científicas.

Além disso, Borges (1997), ressalta que, muitas vezes, as atividades de laboratório se remontam à verificação e comprovação de leis e teorias científicas, e neste sentido, o professor deve estar atento às diferenças entre experimentos com fins pedagógicos e a investigação empírica dos cientistas, e “encorajar a discussão aberta das limitações e suposições que permeiam cada atividade no laboratório escolar”. De acordo com o autor, as atividades experimentais facilitam a aprendizagem e a compreensão de conceitos, além de proporcionarem o desenvolvimento de habilidades práticas e técnicas de laboratório.

Superar as visões simplistas em relação às atividades práticas envolve um trabalho articulado, o que requer do professor atenção ao processo de cognição do estudante. Sabemos que a simples introdução de atividades práticas não resolve as dificuldades de aprendizagem em Ciências. Para que as mesmas permitam a construção do conhecimento científico, elas devem ser cuidadosamente planejadas, levando em conta os objetivos pretendidos, os recursos disponíveis e as ideias prévias dos educandos sobre o tema em questão. Nesse sentido, a experimentação investigativa pode ser uma estratégia metodológica eficaz a ser implementada na Educação Básica.

Campos e Nigro (1999) sinalizam que os experimentos investigativos são aqueles que exigem a participação do estudante perante uma dada atividade. Esse tipo de trabalho envolve a discussão de ideias, a elaboração de hipóteses e experimentos para testá-la.

Segundo Bassoli (2014), o ensino por investigação tem diferentes denominações, como: *Inquiry*, ensino por descoberta, aprendizagem por projetos, questionamentos, Resolução de Problemas, dentre outros. Um dos aspectos privilegiados na atividade investigativa está relacionado à presença da problematização enquanto propulsora da investigação, e a perspectiva de aproximar a atividade de cunho científico ao Ensino de Ciências (TRÓPIA, 2009).

Bassoli (2014) sintetiza as ideias de Cachapuz et al. (2005) sobre aspectos que podem ser incluídos no currículo de ciências para favorecer a construção do conhecimento científico. Dentre os aspectos é possível destacar: o trabalho a partir de situações problemáticas abertas; considerar opiniões e interesses dos estudantes nas situações propostas; priorizar análises qualitativas que proporcionem a compreensão das situações propostas; propor a formulação de hipóteses com base nos conhecimentos que os alunos já possuem, e elaborar estratégias para a prática experimental incorporando a tecnologia atual aos desenhos experimentais; conduzir a análise dos resultados e discutir as possíveis discrepâncias entre os dados encontrados pelos grupos de alunos; construção de sínteses a partir dos resultados, dando ênfase nos comentários críticos dos alunos; destaque ao trabalho em equipe.

De acordo com essa perspectiva, analisamos os dados de um curso de formação inicial e continuada de professores de Ciências da Natureza em que foram trabalhados aspectos teóricos sobre os experimentos investigativos em seguida, os professores produziram e desenvolveram propostas em seus contextos de sala de aula.

3 PERCURSO METODOLÓGICO

O trabalho, de cunho qualitativo (LÜDKE; ANDRÉ, 1986), apresenta um recorte da pesquisa desenvolvida, discutindo a experiência vivida no grupo de formação a partir dos dados coletados durante a formação realizada nas dependências da universidade. A coleta ocorreu por meio da filmagem de reflexões no grupo de formação, no âmbito da formação inicial e continuada de professores, sob coordenação de três docentes da Unipampa.

A ação de extensão universitária foi realizada nas dependências da universidade, sendo as propostas implementadas pelos professores em escolas da Educação Básica, da rede pública, de Caçapava do Sul, RS. O grupo contou com 27 integrantes, destes, 23 da formação inicial das áreas de Física e Química, e 4 professores atuantes na Educação Básica, nas áreas de Física e Ciências da Natureza do Ensino Fundamental I.

3.1 A AÇÃO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA

O curso de extensão universitária foi realizado em três módulos, com um total de 40 horas de formação. No primeiro módulo aprofundou-se os referenciais teóricos sobre a experimentação investigativa no Ensino de Ciências, em um segundo módulo os professores em formação elaboraram as propostas investigativas, validaram no próprio grupo de formação e implementaram nos contextos das aulas de ciências da Educação Básica. E, em um terceiro módulo os professores apresentaram os resultados obtidos sobre implementação da proposta. Neste artigo trabalharemos de forma mais aprofundada os dados relacionados à construção dos experimentos investigativos e a explanação dos resultados no curso de formação.

As atividades do primeiro módulo iniciaram com uma apresentação sobre os tipos de experimentos encontrados na literatura, como demonstrações práticas, experimentos ilustrativos, experimentos descritivos e experimentos investigativos. Na sequência, focou-se nos experimentos investigativos, discutindo sua abordagem na Educação Básica. Para tal, foram introduzidos os Três Momentos Pedagógicos (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1992), enfatizando a forma de trabalhar com atividades experimentais na Problematização Inicial, na Organização do Conhecimento e na Aplicação do Conhecimento,

por meio de desenvolvimento de exemplos. Para que os professores e futuros professores pudessem exercitar esta prática, os cursistas se dividiram em grupos, ficando cada grupo encarregado de resolver uma das atividades investigativas utilizando a experimentação, por exemplo: 1. Quantas voltas uma roda de bicicleta precisa dar para andar 4 metros?; 2. Cadeira de pregos: como explicar que posso sentar em um monte de pregos? (Uma cadeira de pregos foi levada para o curso); 3. Uma prática comum entre motoristas, há alguns anos, era ceder gasolina de seus carros para amigos que eventualmente ficam sem combustível no meio de uma viagem. Como era possível retirar o combustível do tanque sem a necessidade de “inclinarmos o carro?”. Em cada atividade, os professores deveriam: explicar como desenvolveriam a atividade com os alunos, destacando papel do professor e do aluno na atividade experimental; listar os conceitos abordados por meio da atividade; e apontar em que Momento(s) Pedagógico(s) ele seria utilizado.

Seguido a isso, foram apresentados os experimentos virtuais, principalmente aqueles disponibilizados na plataforma Phet Colorado, baseados no uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), de modo a inserir estas ferramentas ao contexto da experimentação investigativa, possibilitando não só a mitigação ou eliminação de possíveis limitações de recursos (laboratórios, instrumentos, materiais e riscos), mas principalmente possibilitando proporcionar um espaço onde é possível fazer uso de variáveis de interação e arquitetura para representar situações-problema de forma a testar e investigar fatos e princípios próximos a situações reais.

Após o aprofundamento conceitual e metodológico da experimentação investigativa, os professores em formação elaboraram materiais para serem implementados na Educação Básica. Os materiais foram revisados pelos pares e pela equipe de professores resultados dessa implementação foram discutidos com seus colegas do grupo de formação.

4 ANÁLISE DAS ETAPAS DA FORMAÇÃO: MEMÓRIAS DO CURSO

A partir da análise das filmagens realizadas durante a ação universitária, podemos destacar o quanto a formação teórica trabalhada interferiu na produção e implementação da proposta metodológica de experimentos investigativos nas aulas de Ciências. Ou seja, é importante que os professores compreendam e tenham consciência da finalidade da atividade que propõem em sala de aula e da forma como a atividade, neste caso atividade experimental, é proposta. Isto só é possível quando se conhece e se discute a teoria que fundamenta estas atividades.

Este aspecto foi percebido no momento da socialização dos experimentos investigativos, elaborados pelos professores, para o grande grupo, o que favoreceu a articulação dos aportes teóricos trabalhados com o momento de proposição das atividades, pois os professores tiveram o cuidado em produzir experimentos investigativos e não experimentos tradicionais.

É importante destacar também que o fato de os professores terem elaborado os experimentos em grupos, contribuiu para reflexões em torno dos aportes teóricos e metodológicos abordados durante o curso de formação, além de favorecer a troca de experiências.

Contudo, é perceptível que não houve a criação de atividades novas pelos professores. A prática desenvolvida na escola esteve focada nas atividades investigativas apresentadas aos cursistas no segundo encontro, durante o primeiro módulo, como exemplificado anteriormente. No Quadro 1 estão descritas as atividades elaboradas pelos grupos compostos por professores e licenciandos e desenvolvidos nas escolas. As poucas mudanças feitas nas atividades foram para adaptar à realidade da escola.

Quadro 1 – Experimentos investigativos produzidos em grupo de formação

(Continua)

Nome do Experimento	Descrição do Experimento
Roda de carro	<p>Problematização: Quantas voltas uma roda de carro precisa dar para andar 4 metros?</p> <p>Desenvolvimento: O experimento foi desenvolvido no pátio da escola, a partir da roda de um automóvel de passeio. Com uma das rodas marcada o veículo percorreu uma distância pré-determinada, durante a qual os alunos tiveram que contar o número de voltas que a mesma deu para percorrer tal distância. A partir dos dados obtidos foi possível trabalhar com os conceitos de movimento circular uniforme, usando os dados de diâmetro e raio para determinar distâncias percorridas e/ou velocidade angular.</p> <p>Problematização: quais materiais são necessários para ligar uma lâmpada?</p>
Construção de um circuito elétrico	<p>Desenvolvimento: O professor construiu uma cerca elétrica, em escala reduzida, para trabalhar conceitos relacionados com a eletricidade (isolantes, condutores e demais aspectos químicos e físicos da condução de corrente elétrica). A opção da cerca elétrica para trabalhar os conceitos de eletricidades se deu pelo fato dos alunos residirem no interior (área rural), possibilitando, deste modo, uma aproximação dos seus contextos de realidade.</p>

Cadeira de pregos	<p>Problematização: Como explicar que posso sentar em um monte de pregos?</p> <p>Desenvolvimento: Foi construída uma cadeira de pregos de dimensões aproximadas de 40 cm X 40 cm. A partir daí, os alunos foram instigados a comparar a pressão exercida sobre o artefato (cadeira de pregos) em comparação com situações de pressão sobre um único prego, bem como comparar a pressão exercida por objetos de dimensões diferentes.</p>
Propriedades do ar	<p>Problematização: O ar existe. Como comprovar?</p> <p>Desenvolvimento: A atividade foi desenvolvida com uma turma da educação infantil, baseada em brincadeiras lúdicas com balões (Ex: corrida de balões). A partir das brincadeiras e atividades propostas, embora não visível, foi possível demonstrar a existência e importância do ar.</p>
Retirar combustível de carros	<p>Problematização: Uma prática comum entre motoristas, há alguns anos, era ceder gasolina de seus carros para amigos que eventualmente ficam sem combustível no meio da viagem. Como era possível retirar o combustível do tanque sem a necessidade de “inclinar” o carro?</p> <p>Desenvolvimento: Foi construído um painel, em papelão e cartolina, representando a lateral de um automóvel de passeio, no qual foi colocado um orifício similar ao de acesso ao tanque de combustível. Na parte traseira do painel, atrás do orifício, foi colocado um balde com água simulando o tanque de combustível, pelo qual os alunos puderam experimentar a transferência do líquido por diferença de pressão.</p>
Ondas Eletromagnéticas	<p>Problematização: Como funciona a emissão e captação de ondas eletromagnéticas. Como é possível impedir que estas ondas sejam recebidas por um aparelho celular? Qual o fenômeno envolvido?</p> <p>Desenvolvimento: Os alunos foram motivados a enrolarem alguns aparelhos celulares em papel alumínio, de forma a gerar um campo magnético nulo dentro do invólucro e, desta forma, tornar os aparelhos inoperantes. O princípio envolvido é chamado de “Gaiola de Faraday” e permite demonstrar a existência de ondas eletromagnéticas e como estas podem ser afetadas.</p>

Fonte: Quadro elaborado pelos autores, 2018.

Percebe-se que, quando os formadores sinalizam que é possível desenvolver um trabalho investigativo em sala de aula, os professores em formação concordam, porém há inúmeras razões para que isso não seja efetivado. Uma delas está relacionada com a falta de espaço físico para o desenvolvimento de atividades experimentais na escola, como argumentam os professores, enunciados nos excertos abaixo:

Na escola em que trabalho as substâncias para experiências ficam armazenadas na biblioteca e quando tem alguma experiência, tem que pegar tudo lá e levar para outro espaço (PROFESSOR A).

Há pouco espaço no laboratório para realizar as atividades investigativas com os alunos, mas mesmo assim, faço o máximo para que consigam desenvolver um trabalho no laboratório (PROFESSOR B).

Outro professor destaca que não possui formação para o desenvolvimento de atividades experimentais, uma vez que seu curso de formação inicial não teve nenhum enfoque voltado para isso:

Realizo atividades práticas, mas não me sinto preparada para isso. Fiz pedagogia voltada à Educação do Campo, mas sinto que ficou muitas lacunas na parte experimental (PROFESSOR C)

No entanto, como aponta o professor D, as ações oferecidas e implementadas pela universidade na escola são potenciais para que mudanças ocorram nos professores da Educação Básica. No trecho da fala transcrita abaixo, o professor destaca o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) como um dos desencadeadores de desacomodação:

Desde a vinda da Unipampa os professores se desacomodaram. O PIBID possibilitou à entrada dos licenciandos na escola e questionassem os espaços, como o laboratório, assim como as práticas realizadas. Assim, os professores melhoraram como profissionais (PROFESSOR D).

Assim, é possível apontar que os cursos de formação continuada são necessários e possuem potencial não só para motivar os professores a desenvolverem atividades experimentais investigativas, mas também para dar suporte teórico e metodológico.

Nesse sentido, assinala-se que os professores em formação conseguiram elaborar experimentos investigativos, pois apresentaram situações problemáticas com nível de dificuldade adequado, potencializaram a investigação coletiva, propuseram a produção de hipóteses e estratégias para resolver o problema investigativo, possibilitaram a construção de conceitos científicos e, potencializaram a dimensão do trabalho coletivo (CACHAPUZ et al, 2005). Como sinalizam Campos e Nigro (1999), os experimentos investigativos são aqueles que exigem a participação do estudante perante uma dada atividade. Esse tipo de trabalho envolve a discussão de ideias, a elaboração de hipóteses e experimentos para testá-la.

Borges (1997) argumenta que mesmo os professores que tem uma tradição de ensino experimental, não deixam claro os objetivos relacionados as práticas trabalhadas. Assim, os objetivos são trabalhados de forma implícita, e o professor trata, quase sempre, com objetivos não muito claros confiando apenas em sua experiência anterior. Esta falta de clareza contribui para os

alunos entrarem “cegos” no laboratório, sem saber realmente o que irão fazer e como proceder (MOREIRA,1980). Através da experiência na formação, constatou-se que quando o professor promove atividades investigativas e que o aluno terá que pesquisar para resolver uma dada situação, os mesmos conseguem identificar os objetivos da própria atividade, superando assim essa limitação.

O processo de formação nos mostrou que a introdução de atividades práticas não resolve as dificuldades de aprendizagem em Ciências, mas que para isso aconteça, elas devem ser planejadas, levando em consideração os objetivos pretendidos, os recursos disponíveis e as experiências dos indivíduos que farão do experimento. Nesse sentido, constatamos que os professores em formação levaram em consideração a realidade de cada turma em que o experimento foi aplicado, pois ao organizarem a atividade tiveram o cuidado de observar o conteúdo com que cada turma estava trabalhando, a realidade em que a escola está inserida e o tipo de experimento elaborado.

Na socialização das propostas de experimentos investigativos os professores formadores e professores em formação propunham sugestões de melhorias para os enunciados e atividades. Desta forma, diversos experimentos foram otimizados nesta etapa do trabalho, além de evidenciar as possibilidades de adaptação dos enunciados para as necessidades educativas de cada disciplina ou nível de ensino. Este momento de discussão favoreceu o entendimento do grupo sobre as diferentes formas de estruturação dos experimentos, fontes de materiais de referência etc. Além disso, a atividade contribuiu para desenvolver a habilidade de elaboração de experimentos investigativos, uma das maiores dificuldades enfrentadas pelos professores, pois são habituados a usar um roteiro pronto.

Evidenciou-se nos professores dificuldades conceituais originárias do processo de formação inicial deficiente e também baixa fluência tecnológica. Estas deficiências formativas parecem não ter influenciado a capacidade de realização das atividades, exceto pelo fato de que não observamos nas propostas o uso de nenhuma ferramenta tecnológica baseada em TIC.

Se por um lado, a falta de fluência tecnológica não influenciou na capacidade de realização das atividades, por outro, distanciaram as práticas experimentais da realidade tecnológica dos alunos, pois é preciso integrar as tecnologias à práticas diferenciadas em sala de aula, pois esta integração, segundo alguns estudos (ANTONIO et al, 2015; LOWE; NEWCOMBE; STUMPERS, 2013), contribui para um aprendizado mais consistente e favorece a autonomia do aprendizado.

Na educação básica, nível de ensino com alto potencial para o uso das TIC, o inexpressivo uso destas pode, a princípio, indicar para um dos fatores do desinteresse dos alunos em aprender ciências e, mais importante, para a necessidade de cursos de formação continuada voltados exclusivamente para o uso destas tecnologias.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O curso de extensão atendeu uma das principais demandas identificadas no Estado do Rio Grande do Sul, a formação continuada de professores. Como indicam as investigações realizadas por Leite (2013), além dos problemas identificados na formação inicial dos professores, o Fórum Estadual Permanente de Apoio à Formação Docente do Rio Grande do Sul, identificou a falta de formação continuada dos professores, o que vem prejudicando o desenvolvimento profissional docente no Estado.

A estrutura da proposta no curso de formação buscou certificar os aspectos das teorias que o sustentam e que foram trabalhadas durante o mesmo. Assim, as atividades visam o estabelecimento de uma base conceitual mínima, a partir da qual ocorre o aprofundamento e a contextualização. Isso ocorreu quando os exemplares dos experimentos investigativos foram apresentados para os professores e, a partir daí eles elaboraram os seus próprios experimentos que foram discutidos, negociados e reformulados no grupo de formação.

Nesse sentido, o processo formativo permitiu que o professor refletisse sobre as suas dificuldades conceituais e metodológicas. Nessa concepção, os módulos apresentados no curso de formação visaram trabalhar teoricamente esses aspectos, para que o professor da Educação Básica consiga desenvolver melhor esses aspectos ao longo de sua carreira docente.

Acreditamos que além da questão de infraestrutura das escolas para que um trabalho investigativo possa ser implementado, há também a questão de aperfeiçoamento docente que deve ser levada em consideração, por isso questões teóricas devem ser mais trabalhadas e articuladas nos contextos da formação inicial e continuada de professores. Os professores têm uma carência teórica que os cursos de formação inicial não conseguem superar, isso pelo fato de os professores não terem tempo hábil para trabalhar a parte pedagógica, psicológica, epistemológica e específica de sua formação no tempo da graduação. Por isso se faz necessária a formação continuada de professores na tentativa de trabalhar com aspectos que a formação inicial não consegue contemplar com aprofundamento e qualidade necessários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMBROGI, A. et al. **Unidades Modulares de Química**. São Paulo: Hamburg, 1987.
- ANTONIO, C. P. et al. Mundos virtuais 3D integrados para a experimentação remota no ensino de ciências. In: Seminário de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, 1., 2015, Araranguá. **Anais Eletrônicos [...]** Florianópolis: UFSC, 2015. p. 106-110. Disponível em: <http://publicacoes.rexlab.ufsc.br/index.php/sppi/article/view/38>. Acesso em: 01 ago. 2018.
- ALONSO, M.; GIL PEREZ, D.; MARTINEZ TORREGOSA, J. Los exámenes de física e química en la enseñanza por transmisión y en la enseñanza por investigación. **Enseñanza de Las Ciencias**, Barcelona, v. 10, n. 2, p. 127-138, 1992.
- AXT, R. O papel da experimentação no ensino de Ciências. In: MOREIRA, M. A.; AXT, R. **Tópicos em ensino de Ciências**. Porto Alegre: Sagra, 1991. p.79-90.
- BARBERÁ, O.; VALDÉS, P. El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. **Enseñanza de Las Ciencias**, Barcelona, v. 14, n. 3, p. 365-379, 1996.
- BASSOLI, F. Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciência(s): mitos, tendências e distorções. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 20, n. 3, p. 579-593, 2014
- BELTRAN, N.; CISCATO, C. **Química**. São Paulo: Cortez, 1991.
- BORGES, A. T. O Papel do Laboratório no Ensino de Ciências. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, 1., 1997, Águas de Lindóia. **Anais [...]** Porto Alegre: IF/UFRGS, 1997. p. 2–11.
- _____. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.
- CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M. Da educação em ciência às orientações para o ensino das ciências: um repensar epistemológico. **Ciência & educação**, Bauru, v. 10, n. 3, p. 363-381, 2004.
- _____.; et al. **A necessária renovação do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.
- CAMPOS, M. C. C.; NIGRO, R. G. **Didática de ciências: o ensino-aprendizagem como investigação**. São Paulo: FTD, 1999.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. **Física**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1992.

DRIVER, R.; BELL. Students' thinking and learning of science: a constructivist view. **The School science review**, College Lane, v. 67, n. 240, p. 443-456, 1986.

GALIAZZI, M.; GONÇALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 326-331, 2004.

GARCIA BARROS, S.; MARTÍNEZ LOSADA, C.; MONDELO ALONSO, M. El trabajo práctico: una intervención para la formación de profesores. **Enseñanza de Las Ciencias**, Barcelona, v.13, n. 2, p. 203-209, 1995.

GEPEQ. **Interações e Transformações I**: Elaborando Conceitos sobre Transformações Químicas. São Paulo: USP, 1996.

GIL PEREZ, D. Contribución de la Historia y Ide la Filosofía de las Ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza: aprendizaje como investigación. **Enseñanza de Las Ciencias**, Barcelona, v. 11, n. 2, p. 197-212, 1993.

_____. New trends in science education. **Int. J. SCI. EDUC**, [s. l.], v. 18, n. 8, p. 889-901, 1996.

GONZÁLEZ, E. M. Qué hay que renovar en los trabajos prácticos? **Enseñanzas de Las Ciencias**, Barcelona, v. 10, n. 2, p. 206-211, 1992.

HODSON, D. Hacia Un Enfoque Más Crítico Del Trabajo DE Laboratorio. **Enseñanzas de Las Ciencias**, Barcelona, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

INSAUSTI, M. J. Análises De Los Trabajos Prácticos de Química General En un Curso de Universidad. **Enseñanzas de Las Ciencias**, Barcelona, v. 15, n.1, p. 123-130, 1997.

IZQUIERDO, M.; SANMARTÍ, N.; ESPINET, M. Fundamentación y Diseño De LAS Prácticas Escolares De Ciencias Experimentales. **Enseñanzas de Las Ciencias**, Barcelona, v. 17, n. 1, p. 45-59, 1999.

KRÜGER, V.; LOPES, C. V. M. **Propostas para o Ensino de Química: Águas**. Porto Alegre: SE/CECIRS, 1997.

LEITE, S. B. **Fórum Estadual Permanente de Apoio à Formação Docente do Rio Grande do Sul**: Plano Estratégico de Formação de Professores do Estado. 2013. 142f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

LYNCH, P. P. Laboratory work in schools and universities; structures and strategies still largely unexplored. **Australian Science Teachers Journal**, Melbourne, n. 32, p. 31-39, 1987.

- LOPES, L. V. M. **Proposta para o Ensino de Química: Poluição do ar e lixo**. Porto Alegre: SE/CECIRS, 1997.
- LÜDCKE, M.; ANDRÉ, M. **Pesquisa em Educação: Abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.
- LUFTI, M. **O cotidiano e educação em Química**. Ijuí: UNIJUÍ, 1988.
- _____. **Os ferrados e os cromados**. Ijuí: UNIJUÍ, 1992
- LOWE, D.; NEWCOMBE, P.; STUMPERS, B. Evaluation of the use of remote laboratories for secondary school science education. **Research in Science Education**, [s. l.], v. 43, n. 3, p. 1197-1219, 2013.
- MACHADO, J. **Considerações sobre o Ensino da Química**. 2002. Disponível em: www.ufpa.br/eduquim/consideracoes.htm. Acesso em: 8 out. 2016.
- MALDANER, O. A.; ZAMBIASI, R. **Química 2: Consolidação de conceitos Fundamentais**. Ijuí: Unijuí, 1993.
- _____. **A Formação Inicial e continuada de Professores de Química**. Ijuí: Unijuí, 2000.
- MILLAR, R. Constructive Criticisms. **International Journal of Science Education**, [s. l.], v.11, n. 5, p. 587-696, 1989.
- MOREIRA, M. A. A non-traditional approach to the evaluation of laboratory instruction in general physics. **European Journal in Science Education**, [s. l.], v. 2, n. 4, p. 441-448, 1980.
- MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. M. **Química para o ensino Médio**. São Paulo: Scipione, 2002.
- ROMANELLI, L. I.; JUSTI, R. S. **Aprendendo Química**. Ijuí: Unijuí, 1999.
- SANCHES, M.; et al. Concepciones espontaneas de los profesores de Ciencias sobre la evaluación: obstáculos a superar y propuestas de replanteamiento. **Enseñanza de la Física**, Córdoba, v. 5, n. 2, p.18-38, 1992.
- TAMIR, P., GARCIA, M. P. Characteristics of laboratory exercises included in science textbooks in catalonia. **Int. J. of Sci. Educ.**, [s. l.], v. 14, p. 381-392, 1992.
- TRÓPIA, G. B. A. **Relações dos alunos com o aprender no ensino de biologia por atividades investigativas**. 2009. 202f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

IDENTIFICAÇÃO DE CONCEPÇÕES ERRÔNEAS EM MECÂNICA ATRAVÉS DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS BASEADAS EM VÍDEO (AEBV)

Paulo Simeão Carvalho¹

Instituto de Física dos Materiais da Universidade do
Porto – Portugal
psimeao@fc.up.pt

Marcelo Dumas Hahn²

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto -
Portugal
dumash@gmail.com

¹ Graduado e doutorado em Física pela Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal. É atualmente Professor Auxiliar no Departamento de Física e Astronomia, da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP), Portugal, investigador do IFIMUP (Instituto de Física dos Materiais da Universidade do Porto) e membro da UEC (Unidade de Ensino das Ciências). Os seus interesses de pesquisa são a produção de materiais curriculares multimédia e recursos digitais, ensino da Física e formação de professores (inicial e continuada) em Física.

² Formou-se em Física e Mestre em Física pela Universidade Federal Fluminense, Brasil. Atualmente é Mestre em Ensino da Física e da Química pela Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal, e estudante de doutoramento do Programa Doutoral em Ensino e Divulgação das Ciências, FCUP, Portugal. É membro investigador do IFIMUP, Portugal. Os seus interesses de pesquisa estão na promoção de mudança conceptual nos alunos através de métodos ativos, operacionalizados na análise de vídeo e na construção de experimentos com Arduino.

RESUMO

As concepções errôneas são estruturas mentais enraizadas e muito resistentes à mudança conceitual e, nesse sentido, constituem um importante entrave à aprendizagem dos alunos. Este trabalho mostra o uso de uma ferramenta didática baseada em vídeos de atividades experimentais, para a identificação de algumas concepções errôneas na área da Mecânica. Os vídeos foram explorados numa perspectiva P-O-E e representam uma proposta eficiente para reconhecer e corrigir concepções errôneas dos alunos, que pode ser usada na prática letiva do professor de Física para obter um *feedback* da aprendizagem daqueles.

Palavras-chave: Concepções errôneas. Abordagem P-O-E. Análise de vídeo. Atividade Experimental baseada em vídeo.

ABSTRACT

Misconceptions are rooted and very resistant mental structures configured as an important obstacle to student learning. This work presents a didactic tool based on videos of experimental activities, for the identification of some misconceptions in the field of Mechanics. The videos were explored in a P-O-E perspective and represent an efficient proposal for recognizing and correcting students' misconceptions that can be used in the physics teacher's practice to obtain feedback from the students' learning.

Keywords: Misconceptions. P-O-E Approach. Video Analysis. Video-Based Experimental Activity.

INTRODUÇÃO

O conhecimento científico é caracterizado pelo conjunto de fatos, observações, conceitos, princípios, leis, modelos e teorias, que permitem explicar de forma crítica e racional os fenômenos naturais. Ele operacionaliza-se individualmente através da construção de modelos mentais, que na sua essência básica são representações internas construídas pelas pessoas para captar o mundo que as rodeia (JOHNSON-LAIRD, 1983). As concepções errôneas são uma importante manifestação da coexistência de modelos mentais alternativos nos alunos e constituem um obstáculo à aprendizagem. O seu reconhecimento é, por isso, uma prioridade do professor.

Na segunda metade do século XX, vários pesquisadores desenvolveram seus trabalhos na identificação de concepções prévias em ciências, em particular na Física, com alunos pré-universitários. Algumas das principais conclusões destas pesquisas foram compiladas por Driver, Guesne e Tiberghian (1985) e constituem uma informação incontornável para todos os professores quando preparam a sua prática letiva.

A origem das concepções prévias nos alunos é muito diversificada. Por um lado, a observação dos fenômenos naturais fomenta tentativas de interpretação e explicação, muitas vezes, filosóficas e pouco coerentes, prática que remonta à Grécia antiga do século V a.C. e à Escola Socrática (SERZEDELLO, 2012; CARVALHO, 2015). Além disso, o uso regular de uma linguagem do senso-comum com pouco rigor científico e de palavras que reportam a conceitos científicos (por exemplo, as palavras “massa” e “peso” na frase “pese-me um 1 kg de maçãs”, ou “força” e “velocidade” na frase “um carro com muita velocidade vai com muita força”), levam frequentemente à convivência de dois modelos mentais nos alunos – um para a sala de aula, outro para fora dela. Estes se alternam consoante os contextos de aprendizagem (MAZUR, 1997), constituindo, assim, explicações alternativas, mas igualmente válidas para os alunos.

O problema do sucesso escolar não está na existência das concepções prévias e errôneas (também ditas *alternativas*, pelas razões apontadas) dos alunos, porque estas vão sempre existir, mas no fato de elas se encontrarem fortemente enraizadas no seu raciocínio e, portanto, constituírem um forte entrave à aprendizagem. Há, pois, necessidade de encontrar formas de contorná-las e resolver o conflito conceptual está associado a elas.

Efetivamente, são atualmente conhecidos vários métodos e estratégias de ensino que visam promover a mudança conceptual (MOREIRA; MASSONI, 2016). Em particular, o envolvimento ativo dos alunos nas aulas de Física (HAKE, 1998; BASSOLI, 2014), é apontado como uma via eficaz de combate às ideias errôneas dos alunos. Essa tarefa tem sido auxiliada pela emergência de soluções

informáticas, tais como computadores e sensores que entram nos laboratórios como auxiliares das atividades experimentais (THORNTON, 1987; THORNTON; SOKOLOFF, 1990; REDISH; SAUL; STEINBERG, 1997), bem como as simulações que se têm vindo a transformar numa poderosa ferramenta educativa. (NOVAK et al, 1999; CHRISTIAN; BELLONI, 2001; 2004; WIEMAN, 2002). Enquanto isso, o vídeo aparece popularizado na sociedade, inicialmente como apoio à visualização de fenômenos ou acontecimentos, mas agora também como ferramenta de gravação e análise de experimentos, cada vez mais acessível economicamente a todos os estratos da sociedade. A tendência para uma prática letiva apoiada em Recursos Educativos Digitais (REDs) como lousas interativas, *tablets/computadores/celulares* ou análise de vídeo, é tão incontornável que negá-lo é retroceder no tempo. (CARVALHO; CHRISTIAN; BELLONI, 2013).

É, assim, neste contexto escolar de alunos nativos digitais e de uma escola que tenta desesperadamente acompanhar as mudanças rápidas da sociedade, que os professores olham para a fraca motivação e poucos conhecimentos de seus alunos no final do ensino pré-universitário e tentam perceber o que aconteceu de errado na aprendizagem daqueles. Importa, então, identificar o melhor possível as ideias errôneas que subsistem no final do Ensino Médio, como foi possível elas se manterem após tantos anos de instrução escolar e que estratégias podem ser implementadas para corrigir e inverter esta situação.

METODOLOGIA

O trabalho que aqui apresentamos é uma proposta didática, não exaustiva, que intenta mostrar como os professores podem conhecer algumas das dificuldades dos seus alunos na área da mecânica e assim intervir de forma mais eficaz na sua aprendizagem. Esta proposta é simultaneamente: 1. uma abordagem prática por atividades experimentais baseadas em vídeo (AEBV) cujo objetivo é identificar as concepções errôneas (e alternativas) que subsistem nos alunos, e 2. uma proposta de ensino ativa que coloca o aluno no centro da aprendizagem e promove a reformulação conceptual de forma crítica e significativa. A forma usada para a identificação de concepções errôneas dos estudantes, foi através de uma abordagem P-O-E (WHITE; GUNSTONE, 1992) porque esta é, simultaneamente, identificadora de ideias prévias e promotora de mudança conceptual de forma crítica.

Os vídeos foram analisados através do software *Tracker*, uma ferramenta grátis (<https://physlets.org/tracker/>) de análise de vídeo e modelagem de fenômenos tipicamente utilizado no ensino e aprendizagem da Física (BROWN, 2008; BROWN; COX, 2009), em áreas como a mecânica (RODRIGUES; CARVALHO, 2017), a ótica (RODRIGUES; CARVALHO, 2014; RODRIGUES; MARQUES; CAR-

VALHO, 2016), a astronomia (BELLONI; CHRISTIAN, 2013), ou ainda, no estudo das ondas sonoras (CARVALHO et al, 2013). Como ferramenta pedagógica, o *Tracker* permite explorar diversos conteúdos de maneira prática, possibilitando uma aprendizagem ativa. A utilização do *Tracker* permite que os alunos observem um fenômeno quantas vezes desejarem e analisem cada detalhe capturado pela câmara filmadora, facilitando a confrontação dos modelos mentais que possuem com as evidências experimentais observadas e os dados coletados a partir da análise do vídeo. Esta prática viabiliza a reconstrução e melhoria de modelos mentais prévios, conectando conceitos abstratos a exemplos do dia a dia e, conseqüentemente, fomentando uma aprendizagem mais consolidada. (WEE et al, 2012).

Para registo das atitudes e respostas dos alunos nesta pesquisa, bem como de observações dos pesquisadores sobre melhorias a introduzir no trabalho, recorreu-se ao registo do observador através do diário de bordo ou diário de aula (PAIVA; MORAIS; MOREIRA, 2015), uma ferramenta de observação mais livre, flexível e menos estruturada que a grade de observação.

ESTUDO EXPERIMENTAL

A pesquisa foi realizada com uma turma de seis alunos do 12º ano de Física do Ensino Secundário de Portugal (equivalente ao Terceiro ano do Ensino Médio, no Brasil). O reduzido número de participantes possibilitou um envolvimento privilegiado dos alunos entre si e com o professor, facilitando uma abordagem mais individualizada e um conhecimento aprofundado das dificuldades daqueles. O uso de uma abordagem P-O-E permitiu identificar ideias errôneas dos alunos relativamente aos conteúdos abordados em cada AEBV e, posteriormente, analisar a sua interpretação após a observação e discussão do vídeo em ambiente colaborativo. No Apêndice A são apresentadas propostas de roteiros de exploração das AEBV descritas neste trabalho.

Os vídeos foram apresentados e discutidos com os alunos na forma sequencial abaixo indicada.

VÍDEO 1: QUEDA DE GRAVES

O vídeo¹ mostra duas bolas de dimensão e massa diferentes a serem soltas a partir do repouso, de uma determinada altura (Figura 1). As bolas foram lançadas em instantes muito próximos, mas não exatamente o mesmo e, portanto, não chegam ao solo exatamente ao mesmo tempo. Não é dada qualquer escala de comprimento de referência no vídeo. São visíveis as marcações das posições das bolas durante a queda na figura 1.

¹ O vídeo pode ser acessado em <<https://youtu.be/6mOc2VF9Bho>>.

Figura 1 - Queda de graves



Fonte: Elaborado pelos autores.

Questões discutidas

- A resistência do ar e a sua importância na queda das bolas.
- Caracterizar a trajetória dos graves.
- Descrever o gráfico da posição dos graves em função do tempo.

Concepções errôneas detectadas

O questionamento dos estudantes durante a fase de Previsão e de Explicação da abordagem P-O-E permitiu identificar várias concepções errôneas sobre o movimento de queda, algumas prévias e outras que se mantiveram devido à convivência de modelos mentais interpretativos, nomeadamente:

- A resistência do ar não teve um papel significativo na queda das bolas. Esta ideia é fruto da transferência de um exercício típico de um manual escolar, para a prática vivenciada em sala de aula. Um dos estudantes escreveu: “Por definição, um grave é um corpo que apenas está sujeito à força da gravidade. Assim, durante a análise da queda de um grave a resistência do ar é desprezável”. Para ele, o nome da atividade “Queda dos graves” é o fator determinante para justificar a interpretação que faz do movimento do corpo, como se um nome dado a um objeto pudesse impor o fenômeno ao qual ele está associado. Assim, a resposta deste aluno teve por base um fator de linguagem, ao invés de refletir a observação científica. Outro aluno interpretou que a resistência do ar é, efetivamente, desprezável porque assim o desejamos fazer: “Neste caso, considera-se resistência do ar

desprezável de modo a simplificar o estudo do movimento e também se verifica que os valores experimentais não foram muito diferentes.” Ou seja, os resultados experimentais serviram para confirmação da simplificação efetuada e não como o ponto de partida para a interpretação do fenômeno, exatamente ao contrário do que seria esperado.

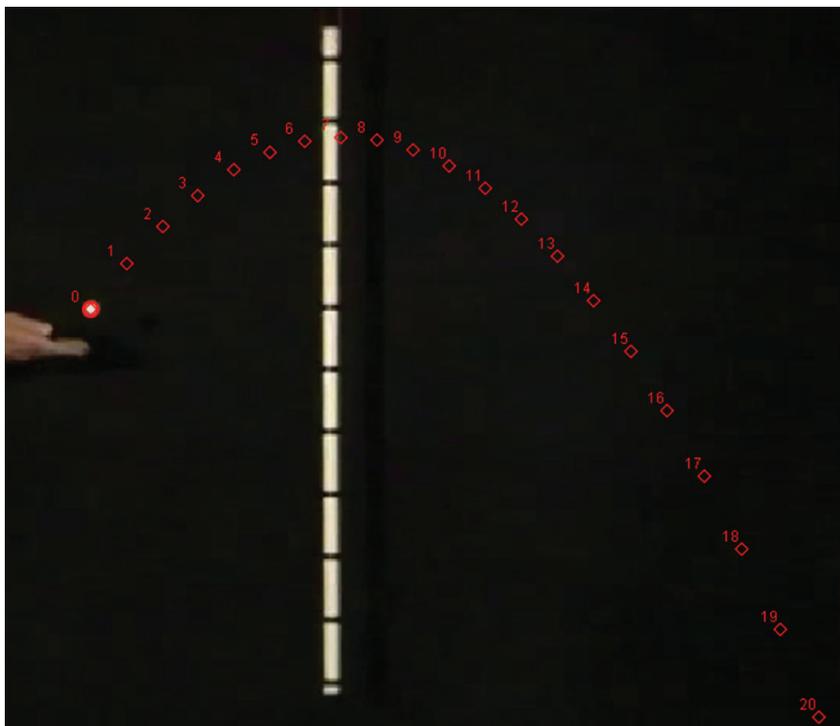
- A trajetória de cada bola é retilínea uniformemente acelerada. Esta é uma confusão entre trajetória e caracterização do movimento, muito habitual entre estudantes. A confusão advém de não ser hábito explicar aos alunos que, neste exemplo em particular, os gráficos $y(t)$ e $v_y(t)$ permitem caracterizar o movimento e o gráfico $y(x)$ é aquele que identifica a trajetória. O problema tende a aumentar nos movimentos a duas dimensões, pelo que o recurso a representações gráficas deve constituir uma prioridade no ensino e aprendizagem da cinemática.

A ausência de uma imagem de dimensão conhecida para referência de calibração no vídeo constituiu um desafio para os estudantes. Embora reconhecessem que um dos objetos é uma bola de futebol e que esta tem dimensões padronizadas, o fato de esse dado não ter sido fornecido no enunciado da atividade inibiu a iniciativa dos estudantes, pois consideraram que se esse dado não foi apresentado é porque não era necessário; o problema só foi ultrapassado quando lhes foi sugerido que usassem a internet para buscar esse valor. Esta dificuldade manifestada pelos estudantes em procurar dados não fornecidos é reflexo da prática corrente dos exercícios das aulas e nos manuais, em que todos os valores das grandezas estão explícitos e em número necessário e suficiente. Uma forma de tentar ultrapassar esta limitação é promover uma atitude diferente dos alunos perante os problemas: por exemplo, o professor deverá fornecer dados em número superior aos necessários, para que eles tenham de refletir e entender os que são realmente necessários; ou colocar os dados implícitos ou até mesmo usar grandezas conhecidas cujos valores estão omissos no enunciado, para fomentar a procura e o espírito crítico.

VÍDEO 2: LANÇAMENTO DE UM PROJÉTIL

O vídeo² exibe a mão de uma pessoa lançando, obliquamente, uma bola. É visível uma régua para ser utilizada como escala de calibração (Figura 2). Na figura 2, são visíveis as marcações das posições da bola durante o movimento. A régua vertical serve de calibração do vídeo.

Figura 2 - Lançamento oblíquo



Fonte: Elaborado pelos autores.

Questões discutidas

- Após o lançamento, quais as forças que atuaram no projétil?
- Caracterizar o movimento do projétil no eixo x e no eixo y .
- Identificar a trajetória do projétil.

Concepções errôneas detectadas

Este vídeo tem como objetivo reconhecer as dificuldades dos alunos relativamente às forças que atuam num corpo lançado obliquamente e na interpretação de gráficos.

- A força com que a mão lança a bola atua durante o movimento. Os professores experientes sabem que esta é uma concepção encontrada com frequência. A afirmação “uma das forças que atua sobre o projétil é a força

² O vídeo pode ser acessado em <<https://youtu.be/v4Rsy1iGJ-O>>.

exercida pela mão”, característica da concepção aristotélica relacionada à teoria do ímpeto (Porto & Porto, 2009), na qual a força que a mão exerce sobre a bola no lançamento continua a ser exercida sobre aquela, mesmo após a bola perder o contato com a mão, é uma interpretação naturalista do movimento. A frase mostra que o aluno possui dois modelos físicos explicativos: o científico (que o professor dá nas aulas de Física, que aplica nos exercícios e no qual apenas a força gravitacional atua sobre o projétil) e o do senso comum (que serve para explicar um fenômeno contraintuitivo em que um corpo só se pode mover se existir uma força nele aplicada, representada pela força da mão - ou ímpeto - mesmo que esta seja invisível, porque também o é a força gravitacional).

- Confusão entre trajetória e tipo de movimento. Embora neste caso seja visível aos estudantes, a trajetória curvilínea (parabólica) do projétil e que, embora não tão visível, esta se deve a uma combinação linear dos movimentos (tratados como independentes) segundo os eixos X (horizontal) e Y (vertical), não deixa de ser curiosa a afirmação de um dos alunos: “no eixo X o movimento é retilíneo uniforme, no eixo Y é uniformemente variado”. Realmente, o lançamento oblíquo pode ser descrito pelo princípio da sobreposição dos movimentos: um movimento retilíneo uniformemente variado na vertical e um movimento retilíneo uniforme na horizontal. Contudo, pela maneira como o aluno expôs a resposta, ele considerou que somente o da horizontal seria retilíneo, evidenciando assim uma possível confusão entre trajetória e tipo de movimento.

Um dos grandes erros que os alunos do secundário costumam ter é considerar que o gráfico $y(t)$ de um lançamento oblíquo descreve a trajetória do objeto lançado. Questionar “Qual é o gráfico que nos permite conhecer a trajetória de um corpo?”, é uma maneira de forçar a comparação de $y(t)$ com $y(x)$ e explicar o que cada um desses gráficos representa.

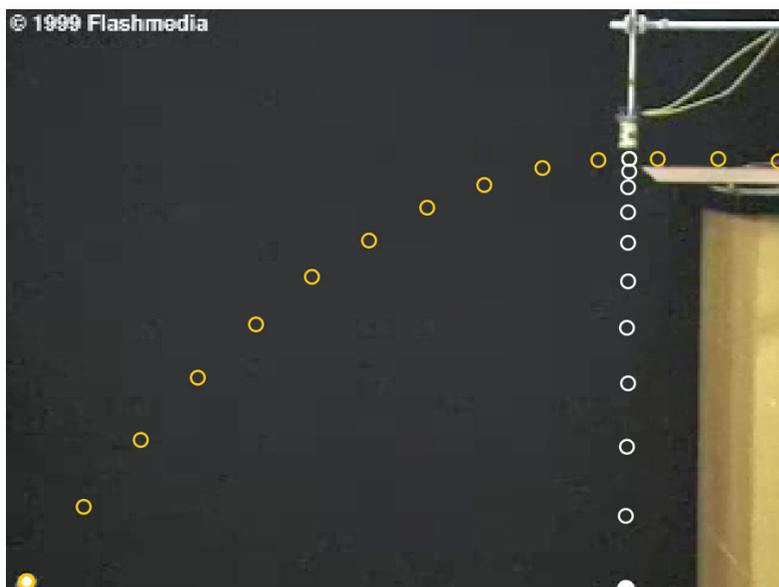
Após a identificação do movimento segundo cada um dos eixos, tal deverá ser relacionado com a existência de acelerações e conseqüentemente a resultante das forças segundo X e Y. Assim, a representação, num desenho, da(s) força(s) que atua(m) no projétil em várias posições do seu movimento (no início após deixar a mão, no ponto de altura máxima e finalmente, em qualquer instante do movimento descendente), permitirá clarificar que não existe qualquer força aplicada segundo X e que apenas a força gravitacional atua na direção Y.

Um complemento desta atividade poderá ser feito num contexto lúdico para aumentar a motivação dos alunos na interpretação do movimento de um projétil, como é referido por Rodrigues e Carvalho (2013).

VÍDEO 3: QUAL CHEGA PRIMEIRO AO SOLO?

No vídeo³ podem-se observar duas bolas. A bola 1 rola livremente sobre uma mesa enquanto a bola 2 está presa por um eletroímã. Quando a bola 1 chega ao fim da mesa, ela passa por um sensor ligado ao eletroímã e, então, as duas bolas começam a queda simultaneamente: a bola 1 com uma certa velocidade inicial na horizontal e a bola 2 totalmente a partir do repouso. Não existe qualquer escala marcada no vídeo (Figura 3), e são visíveis as marcações das posições da bola 1 (a amarela) e da bola 2 (a branca) durante o movimento. Não existe qualquer régua de calibração do vídeo.

Figura 3 - Lançamento oblíquo



Fonte: Elaborado pelos autores.

Questões discutidas

- Caracterizar os movimentos das bolas.
- Identificar qual das bolas atinge primeiro o solo.

Concepções errôneas detectadas

Este vídeo foi pensado na sequência do vídeo 2 e tem como objetivo averiguar se os estudantes reconhecem que o tempo de voo de um projétil está apenas associado à componente do movimento segundo a vertical. Também teve o propósito de confrontar os estudantes com movimentos em simultâneo, um unidirecional e outro bidimensional e concluir se a caracterização dos respectivos movimentos era influenciada por este contexto.

³ O vídeo pode ser acessado em <<https://youtu.be/DHFwQcm3nQc>>.

- Os gráficos $y_1(t)$ e $y_2(t)$ descrevem movimentos diferentes. Os alunos têm consciência que as duas bolas vão descrever trajetórias diferentes, mas sentem muita dificuldade em visualizar os movimentos na vertical e na horizontal separadamente. Um aluno descreveu relativamente aos gráficos $y_1(t)$ e $y_2(t)$, “Ambos são uma reta, porém $y_2(t)$ terá menor declive”, o que está errado tanto na forma, como no conteúdo. Outros caracterizaram o movimento na vertical da bola 1 como uniformemente acelerado após deixar a mesa, enquanto o da bola 2 é sempre uniformemente acelerado, mas não como iguais. Apenas após a análise dos movimentos através do *Tracker* e depois de calcularem a aceleração de queda de ambas as bolas (note-se que mesmo na ausência de régua de calibração, os parâmetros de ajuste para os dois movimentos são idênticos), ficou claro que segundo a vertical o movimento das bolas é idêntico e, portanto, os gráficos $y_1(t)$ e $y_2(t)$ são equivalentes.
- A bola 2 chega primeiro ao solo. Para os alunos, há no movimento das bolas deste vídeo um conflito: por um lado a bola 1 sai com maior velocidade, mas por outro vai percorrer uma distância maior. A forma como se conjugam estes dois aspectos revela-se de difícil conciliação. Metade dos alunos que participaram no estudo respondeu que a bola 2 chega primeiro ao solo, o que indicia que o fator distância percorrida é mais determinante para o tempo que a bola leva a chegar ao solo. Este resultado evidencia que ainda não está devidamente consolidada a ligação direta entre o tempo de voo e o movimento dos objetos apenas segundo o eixo y .

A análise deste vídeo mostra que mesmo quando os alunos possuem uma ideia mais clara sobre os fenômenos, o contexto em que estes são apresentados e analisados influencia a sua interpretação física. Consequentemente, isto faz emergir concepções errôneas profundamente enraizadas e não resolvidas, que urge desmontar e reconstruir.

VÍDEO 4: FORÇAS NOS MOVIMENTOS

Um carrinho de massa 250 g encontra-se sobre um trilho⁴. Ele é puxado por um corpo suspenso de 35 g que cai na vertical sob a ação da gravidade. Entre o carrinho e o corpo suspenso existe um fio inextensível de massa desprezável. O corpo suspenso atinge o solo antes de o carrinho chegar à ponta do trilho. Existe uma escala de comprimento sobre a mesa que permite a calibração do vídeo (Figura 4) e são visíveis as marcações das posições do carrinho e do corpo suspenso durante o movimento.

⁴ O vídeo pode ser acessado em <<https://youtu.be/RG7afSGOJTE>>.

Figura 4 - Forças nos movimentos



Fonte: Elaborado pelos autores.

Questões discutidas

- Caracterizar as forças que atuam sobre o carrinho e sobre o corpo suspenso.
- Identificar a resultante das forças responsável por colocar em movimento o conjunto carrinho + corpo suspenso.
- Interpretar o movimento do carrinho através das Leis de Newton.

Concepções errôneas detectadas

O vídeo foi pensado para averiguar a existência de concepções aristotélicas no movimento dos corpos, bem como o entendimento de que os alunos fazem do atrito e do papel das forças de atrito nos movimentos. Foram assim detectadas as seguintes concepções errôneas:

- O atrito não pode ser desprezado para um bloco, mas pode ser desprezado num carrinho. Esta visão simplista dos alunos revela um desconhecimento generalizado no ensino da cinemática sobre a origem das forças de atrito, que muitas vezes não é debatido nas aulas nem nos manuais escolares. Assim, enquanto num bloco debate-se o efeito das rugosidades das superfícies como origem do atrito estático e de escorregamento, um erro frequente é considerar que o atrito pode ser desprezado quando se tratam de sólidos de revolução; contudo nestes, a existência de atrito entre as superfícies de contato é fundamental para que haja rolamento (com ou sem escorregamento). Este fato impõe que os professores de Física devem ter

especial cuidado com situações que envolvam carrinhos (ou cilindros, ou esferas, ou outros sólidos de revolução), sobretudo quando supostamente se admite desprezar o atrito para efeitos de simplificação do problema, quando na realidade, por vezes, tal é abusivo e não pode ser feito. Deverá haver, assim, uma boa explicação para todas as considerações feitas no problema – neste caso, o atrito que se estaria a desprezar é o que ocorre nos eixos das rodas e não entre as rodas e a mesa, uma vez que, este último existe embora não realiza trabalho porque as rodas do carrinho rolam sem escorregar.

- Um corpo apenas se move quando lhe é aplicada uma força. Esta concepção aristotélica do movimento é facilmente desmistificada neste vídeo, porque o carrinho continua a mover-se mesmo depois do corpo suspenso atingir o solo. Contudo, o tipo de movimento que o carrinho tem não é totalmente claro para os alunos. Uma justificação encontrada neste estudo é que “[...] Quando o corpo [suspenso] cai, o carrinho faz um movimento uniformemente retardado se o atrito não for desprezável”, e também sobre as forças que atuam no carrinho indicaram “A força de atrito cinético no carrinho, o peso no corpo e a reação normal”, ou seja, o atrito é sempre visto como algo presente mesmo quando não há força externa na horizontal a atuar no carrinho. Consequentemente, para estes alunos, ou o atrito é desprezável e o corpo terá inicialmente um movimento uniformemente acelerado e depois um movimento uniforme, ou então quando o atrito não for desprezável ele terá um movimento uniformemente acelerado e depois uniformemente retardado.

Após a análise do vídeo, os alunos observam que o carrinho tem inicialmente um movimento uniformemente acelerado e depois uniforme após o corpo suspenso atingir o solo. Concluem então (e erradamente) que o atrito pode ser desprezado nesta atividade e quando tentam comparar os resultados quantitativos aos previstos teoricamente, verificam que os valores são diferentes (isto torna-se particularmente visível se forem usados carrinhos com rodas grandes e de massa apreciável). O vídeo (e a atividade experimental correspondente) é uma ótima ferramenta pedagógica para debater com os alunos:

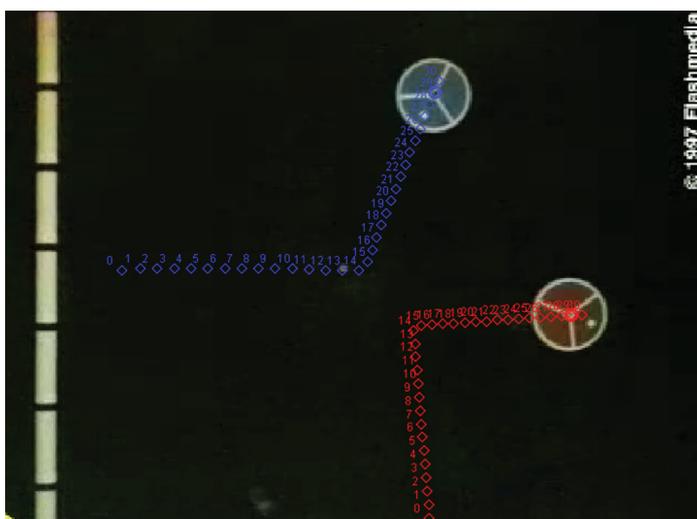
- A origem das forças de atrito: quais podem ser desprezadas (eventualmente, a que atua no eixo das rodas) e quais não podem (a que está entre as rodas e o trilho, mas apenas quando o corpo suspenso exerce uma força horizontal sobre o carrinho; após aquele atingir o solo, essa força de atrito deixa de se fazer sentir e as rodas rolam sem escorregar).
- A segunda Lei de Newton e a existência de uma aceleração quando o corpo suspenso vai a cair.

- A igualdade das acelerações do carrinho e do corpo suspenso, pois o sistema move-se como um todo por ação da resultante das forças (o peso do corpo suspenso).
- A primeira Lei de Newton associada ao movimento uniforme que o carrinho passa a ter após o fio deixar de exercer uma força.

VÍDEO 5: COLISÃO A DUAS DIMENSÕES

Dois discos com a mesma massa (48 g), um vermelho e o outro azul, colidem um com o outro⁵. Inicialmente, o disco azul move-se na direção do eixo x, da esquerda para a direita, enquanto o vermelho se desloca segundo o eixo y de baixo para cima. Num determinado momento os discos colidem, alterando a direção de suas trajetórias (Figura 5) e são visíveis as marcações das posições dos discos antes e após a colisão. A régua vertical serve de calibração do vídeo.

Figura 5 - Colisão a duas dimensões



Fonte: Elaborado pelos autores.

Questões discutidas

- Averiguar se o momento linear do sistema se conserva.

Concepções errôneas detectadas

Esta AEBV foi usada para discutir um problema muito habitual nos alunos, que é a dificuldade em lidar com grandezas vetoriais. Embora em geral eles reconheçam as diferenças entre uma grandeza vetorial e uma grandeza escalar, quando se trata de analisar igualdades vetoriais usam inadvertidamente a igualdade escalar. Neste vídeo, a concepção errônea identificada é:

⁵ O vídeo pode ser acessado em <<https://youtu.be/GBzlud2ChBg>>.

- Para haver conservação do momento linear, $|\vec{p}_{1i}| + |\vec{p}_{2i}| = |\vec{p}_{1f}| + |\vec{p}_{2f}|$. Este é, infelizmente, um erro muito comum entre os alunos não apenas do Ensino Médio, como também no ensino universitário, que tratam o cálculo de grandezas vetoriais como se fossem escalares. A origem desta confusão entre escalares e vetores está na simplificação que, muitas vezes, se faz quando se abordam estas grandezas pela primeira vez, normalmente a uma dimensão. Se não ficar bem claro na mente dos alunos qual e por que se faz uma determinada simplificação, então a probabilidade de ele vir a cometer um erro grave é muito elevada. No caso concreto deste estudo, nenhum aluno foi capaz de responder corretamente a esta questão, pois se verificou que eles ficam tão dependentes das fórmulas matemáticas e resoluções algébricas, que não conseguem encontrar uma alternativa às equações para resolver o problema.

Vejamos então esta questão em detalhe. Para abordar o tópico das colisões entre corpos, é necessário introduzir o conceito de momento linear \vec{p} , uma grandeza vetorial que dá informação quanto à massa (m) de cada corpo e a sua velocidade (\vec{v}): $\vec{p} = m\vec{v}$. Na ausência de forças externas aplicadas aos corpos em colisão, a variação do momento linear total do sistema é nula (conservação do momento linear). Quando o problema é analisado a 1 dimensão, é usual escrever a conservação do momento linear de forma escalar, convencioando os sentidos em que a velocidade é positiva e negativa. Isto é possível, mas os alunos têm de estar atentos para a simplificação que é feita.

Se o movimento dos corpos for a duas ou mais dimensões, então há necessidade de trabalhar vetorialmente com estas grandezas. Neste caso, a conservação do momento linear no caso específico deste vídeo, é que $\vec{p}_{1i} + \vec{p}_{2i} = \vec{p}_{1f} + \vec{p}_{2f}$, em que os índices i e f representam as situações antes e após a colisão, respectivamente.

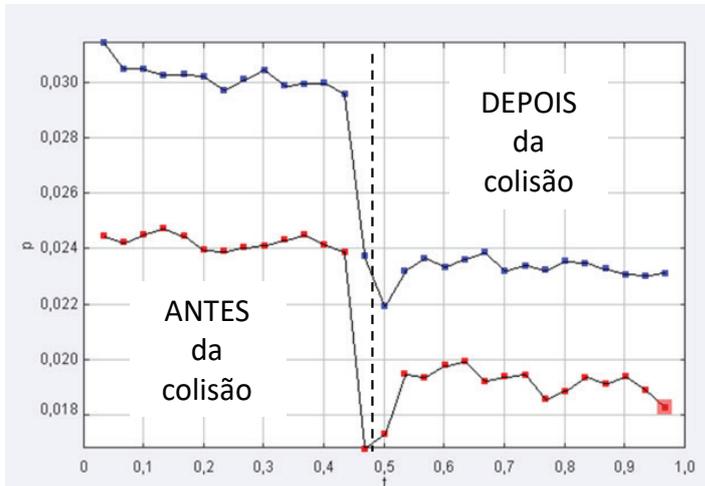
A análise pormenorizada dos movimentos dos corpos nas direções X e Y, usando as funcionalidades de cálculo do *Tracker* para determinar as componentes p_x e p_y de cada corpo, permite aos alunos não apenas estudar que há conservação do momento linear segundo X e segundo Y, mas também confirmar que essa conservação ocorre globalmente ao nível vetorial.

Todavia, há uma representação que vale a pena trabalhar com os alunos para mostrar que a igualdade $|\vec{p}_{1i}| + |\vec{p}_{2i}| = |\vec{p}_{1f}| + |\vec{p}_{2f}|$ está errada e assim promover a mudança conceptual e remover esta concepção errônea.

Assim, se eles calcularem e representarem os valores absolutos dos momentos lineares dos discos ANTES da colisão e DEPOIS da colisão em função do tempo, podem facilmente verificar que as respectivas somas não são iguais. Portanto, os alunos são forçados a concluir que a conservação do momento

linear não é uma lei escalar, mas sim vetorial (ver a Figura 6). A linha vertical a pontado marca o momento da colisão. Pode-se concluir que $|p_{\rightarrow(1_i)}| + |p_{\rightarrow(2_i)}| \neq |p_{\rightarrow(1_f)}| + |p_{\rightarrow(2_f)}|$.

Figura 6 - Valor absoluto do momento linear dos discos vermelho e azul, ANTES e DEPOIS da colisão



Fonte: Elaborados pelos autores.

CONCLUSÃO

As AEBV permitem abordar fenômenos físicos reais, que podem ser reproduzidos quantas vezes for desejado e facilitar a sua discussão com os alunos. As atividades experimentais usadas nesta pesquisa foram exploradas usando uma metodologia inspirada na abordagem P-O-E, para averiguar se os alunos possuíam o grau de conhecimento científico desejado para o nível de escolaridade, tendo em conta as metas de aprendizagem estabelecidas para esses alunos. A sequência de atividades experimentais aqui apresentadas permitiu identificar a presença de concepções errôneas que resistiram ao ensino formal dos conteúdos.

Do ponto de vista operacional, o aluno usa as AEBV num contexto digital que lhe permite observar e analisar os fenômenos repetidamente, confrontar as suas ideias prévias com a observação e reformular o seu entendimento dos conteúdos científicos. Isto conduz a uma prática reflexiva necessariamente benéfica, capaz de estimular o confronto de modelos mentais paralelos que eventualmente possam existir e identificar fragilidades no ensino e aprendizagem dos conteúdos que, de outro modo, podiam passar despercebidas ao aluno e ao professor.

Os resultados desta pesquisa sugerem que o recurso a atividades experimentais baseadas em vídeo, é uma prática que deve ser incentivada como ferramenta formativa, pois dá ao professor um *feedback* relevante e imediato sobre os conteúdos que deve reforçar nas suas aulas.

REFERÊNCIAS

- BASSOLI, F. Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciência(s): mitos, tendências e distorções, **Ciência & Educação**, Bauru, v. 20, n. 3, p. 579-593, 2014.
- BELLONI, M.; CHRISTIAN, W. Teaching Astronomy Using Tracker. **The Physics Teacher**, 51, n. 3, p. 149, 2013.
- BROWN, D. **Video Modeling**: Combining Dynamic Model Simulations with Traditional Video Analysis. Edmonton: American Association of Physics Teachers, 2008.
- BROWN, D.; COX, A. Innovative Uses of Video Analysis. **The Physics Teacher**, v. 47, n. 3, p. 145-150, 2009.
- CARVALHO, P. S.; CHRISTIAN, W.; BELLONI, M. Physlets e Open Source Physics para professores e estudantes portugueses. **Revista Lusófona de Educação**, Lisboa, v. 25, n. 25, p. 59-72, 2013.
- _____. et al. How to Use a Candle to Study Sound Waves. **The Physics Teacher**, v. 51, p. 398-399, 2013.
- _____. A interatividade e o papel da peer instruction no ensino e aprendizagem da Física, Atas do Simpósio Nacional de Ensino de Física, 21., 2015, Uberlândia. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2016. p. 599-618.
- CHRISTIAN, W.; BELLONI, M. **Physlets**: Teaching Physics with Interactive Curricular Material. New Jersey: Pearson Education, Inc., 2001.
- _____.; _____. **Physlet Physics**: Interactive Illustrations, Explorations and Problems for Introductory Physics. New Jersey: Pearson Education Inc., 2004.
- DRIVER, R.; GUESNE, E.; TIBERGHIAN, A. **Childre's Ideas in Science**. Buckingham: Open University Press, 1985.
- HAKE, R. R. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses, **American Journal of Physics**, v. 66, n. 1, p. 64–74, 1998.
- JOHNSON-LAIRD, P. N. **Mental Models**: Towards a Cognitive Science of Language, Inference, and Consciousness. Cambridge: Harvard University Press, 1983.
- MAZUR, E. **Peer instruction**: a user's manual. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1997.
- MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T. **Noções Básicas de Epistemologias e Teorias de Aprendizagem como subsídios para a organização de Sequências**

de Ensino-Aprendizagem em Ciências/Física, São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.

NOVAK, G. M. et al. **Just-in-Time Teaching**: Blending Active Learning with Web Technology. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1999.

PAIVA, J.; MORAIS, C.; MOREIRA, L. **O multimédia no Ensino das Ciências**: Cinco anos de investigação e ensino em Portugal. Lisboa: Fundação Francisco Manuel dos Santos, 2015. Disponível em: <<https://www.ffms.pt/FileDownload/826280cd-b1db-4059-aed9-f8e4f8a452ad/multimedia-no-ensino-das-ciencias>>. Acesso em: 27 jul. 2018.

REDISH, E. F.; SAUL, J. M.; STEINBERG, R. N. On the effectiveness of active-engagement microcomputer-based laboratories. **American journal of physics**, v. 65, n. 1, p. 45-54, 1997.

RODRIGUES, M.; CARVALHO, P. S. Teaching physics with Angry Birds: exploring the kinematics and dynamics of the game, **Physics Education**, v. 48, n. 4, p. 431-437, 2013.

_____; _____. Teaching optical phenomena with Tracker. **Physics Education**, v. 49, n. 6, p. 671-677, 2014.

_____; MARQUES, M.; CARVALHO, P. S. How to Build a Low Cost Spectrometer with Tracker for Teaching Light Spectra, **Physics Education**, v. 51, n. 1, p. 014002, 2016.

_____; CARVALHO, P.S. The centre of mass of a “flying” body revealed by a computational model. **European Journal of Physics**, v. 38, n. 1, p. 015002, 2017.

SERZEDELLO, M. **Física!? Isso para mim é Grego!** 1. ed. São José do Rio Preto: Hn Ed Publieditorial, 2012. (Coleção Produção Acadêmica).

THORNTON, R. K. Tools for scientific thinking-microcomputer-based laboratories for physics teaching. **Physics Education**, v. 22, n. 4, p. 230, 1987.

_____; SOKOLOFF, D. R. Learning motion concepts using real time microcomputer-based laboratory tools. **American journal of Physics**, v. 58, n. 9, p. 858-867, 1990.

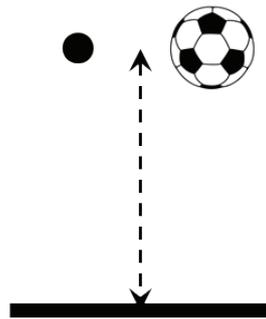
WHITE, R.; GUNSTONE, R. **Probing Understanding**. New York: Routledge, 1992.

WIEMAN, C. **PHET - simulações interativas para ciência e matemática**. 2002. Disponível em: <<https://phet.colorado.edu/pt/>>. Acesso em: 15 jul. 2018.

WEE, L. K. et al. Using Tracker as a pedagogical tool for understanding projectile motion. **Physics Education**, v. 47, n. 4, p. 448-455, 2012.

APÊNDICE A – ROTEIROS DE EXPLORAÇÃO DAS ATIVIDADES

ATIVIDADE 1: QUEDA DE GRAVES



Duas bolas de massas e dimensões diferentes, sendo uma delas uma bola de futebol, são soltas simultaneamente de uma janela que está a uma determinada altura do solo.

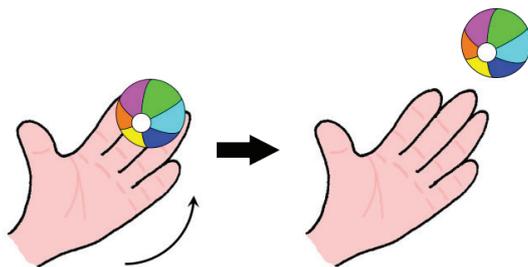
5. Caracterize a trajetória das bolas.
6. Caracterize o movimento das bolas.
7. Descreva, por suas próprias palavras, os gráficos da posição das bolas em função do tempo.
8. Qual das bolas chegará primeiro ao solo? Justifique.
9. Será que a massa de um corpo influencia o seu tempo de queda? Justifique.

Faça a análise do vídeo “Queda de graves” (<https://youtu.be/6mOc2VF9Bho>) e verifique se deseja reconsiderar alguma resposta dada anteriormente. Além disso, responda:

10. A resistência do ar influenciou o movimento de queda das bolas? Justifique.
11. No vídeo é possível perceber que uma das bolas chega ao solo ligeiramente antes da outra. A que se deve este efeito? Justifique.

ATIVIDADE 2: LANÇAMENTO DE UM PROJÉTIL

Uma bola é lançada obliquamente.



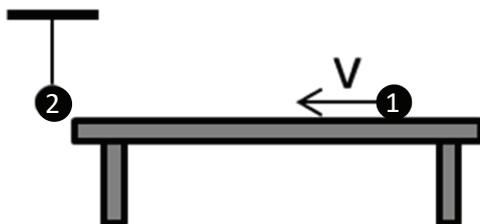
1. Qual ou quais as forças que atuam sobre a bola após ela perder o contato com a mão que a lançou? Faça um desenho esquemático representando esta(s) força(s) em três momentos distintos:
 - I. Logo após a bola perder o contato com a mão.
 - II. No ponto mais alto de sua trajetória.
 - III. Em algum momento posterior ao ponto mais alto da trajetória.
2. Caracterize o movimento do projétil no eixo x e no eixo y .
3. Faça um esboço dos gráficos $x(t)$, $y(t)$ e $y(x)$. Qual deles permite conhecer a trajetória de um corpo?
4. A partir dos gráficos $x(t)$ e $y(t)$ será que é possível inferir os gráficos $v_x(t)$ e $v_y(t)$?

Faça a análise do vídeo “Lançamento de um projétil” (<https://youtu.be/v4Rsyli-GJ-0>) e verifique se deseja reconsiderar alguma resposta dada anteriormente. Além disso, responda:

5. Qual o valor da aceleração do corpo?
6. Compare o valor encontrado com o valor padrão $9,8 \text{ m/s}^2$ e determine o erro percentual.

ATIVIDADE 3: QUAL CHEGA PRIMEIRO AO SOLO?

Uma bola percorre a superfície horizontal de uma mesa com uma certa velocidade (bola 1). Quando chega à extremidade da mesa, uma segunda bola (bola 2) é solta e cai verticalmente. Veja a figura esquemática.



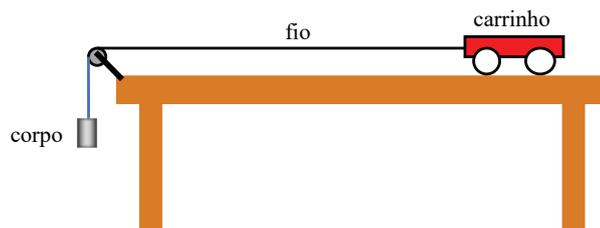
1. Caracterize o movimento das bolas 1 e 2.
2. Quais as diferenças nos gráficos $y_1(t)$ e $y_2(t)$?
3. Qual das bolas chegará primeiro ao solo?
4. Descreva a trajetória das bolas no plano XY.
5. Como variou a distância entre as bolas com o passar do tempo?

Faça a análise do vídeo “Lançamentos vertical e horizontal” (<https://youtu.be/DHFwQcm3nQc>) e verifique se deseja reconsiderar alguma resposta dada anteriormente. Além disso, responda:

6. Qual é o tamanho aproximado da bola? Como chegou a esta conclusão?

ATIVIDADE 4: FORÇAS NOS MOVIMENTOS

Um carrinho de massa 250 g move-se sobre um plano horizontal, puxado por um fio inextensível e de massa desprezável ligado a um corpo suspenso de massa 35 g, como mostra a figura seguinte.



1. Qual a diferença entre usar um carrinho ou um bloco, nesta experiência?
2. Represente as forças que atuam sobre o carrinho e sobre o corpo suspenso.
3. O peso e a normal que atuam sobre o carrinho formam um par ação-reação? Se não, qual é o par ação-reação com a força peso? E com a força normal?
4. Qual é a força responsável pelo movimento conjunto do carrinho + corpo suspenso?
5. Escreva as expressões da Segunda Lei de Newton para o movimento do carrinho e do corpo suspenso antes de este atingir o solo e, a partir delas, deduza uma expressão para a aceleração do conjunto carrinho + corpo suspenso. Utilize a equação deduzida para determinar a aceleração do sistema.
6. A aceleração do corpo suspenso será igual à da aceleração gravítica? Se não, faça uma previsão e justifique-a convenientemente.
7. Classifique, justificando, o movimento anterior.

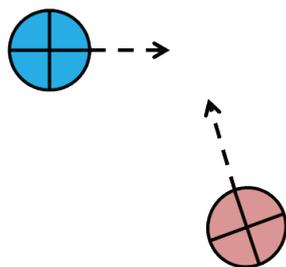
8. Se o fio for suficientemente comprido, o corpo suspenso acabará por colidir com o solo antes do carrinho atingir a extremidade da mesa e o fio deixará de puxar o carrinho.
 - 8.1 Represente num diagrama as forças que passarão a atuar no carrinho e no corpo.
 - 8.2 Qual será a resultante das forças sobre o carrinho? E sobre o corpo que estava suspenso?
 - 8.3 Preveja o que acontecerá ao carrinho. Justifique.
 - 8.4 Esboce um gráfico velocidade-tempo para o movimento do carrinho.
9. Caracterize os movimentos que o carrinho terá antes e depois do corpo suspenso atingir o chão.
10. Esboce um gráfico $x(t)$ e $v(t)$ para o carrinho e faça-os corresponder a cada situação do movimento.

Faça a análise do vídeo “Forças nos movimentos” e verifique se deseja reconsiderar alguma resposta dada anteriormente. Além disso, responda:

11. Qual é o valor experimental da aceleração do movimento em cada uma dessas situações?
12. Determine o valor das tensões que atuam sobre o carrinho e no corpo suspenso.
13. Pode considerar-se desprezável a atuação de forças de atrito? Justifique.
14. Indique, justificando com base em alguma das Leis de Newton, se a resultante das forças que atuam no carrinho é nula nalguma parte do movimento.
15. Um corpo poderá manter-se em movimento mesmo que a resultante das forças sobre ele seja nula? Justifique.

ATIVIDADE 5: COLISÃO A DUAS DIMENSÕES

Dois discos de mesma massa (48 g) movem-se sobre uma superfície horizontal e num determinado momento chocam um com o outro, como ilustra a figura esquemática na perspectiva por cima da superfície.



1. Será necessário conhecer as massas dos discos para concluir se houve conservação do momento linear do sistema? Justifique.
2. Faça a análise do vídeo “Colisão a 2D” (<https://youtu.be/GBzlud2ChBg>) e determine se o momento linear do sistema se conserva.

Tenha em conta os resultados experimentais e responda às seguintes questões:

3. Houve conservação da energia mecânica do sistema?
4. Faça a análise dos gráficos $p(t)$, para as diferentes componentes vetoriais da grandeza. O que se pode concluir? Que relação estabelece entre esses gráficos e a conservação do momento linear?

O PLANETÁRIO DA UNIPAMPA E A DIVULGAÇÃO DA CIÊNCIA NA REGIÃO DA CAMPANHA SULRIOGRANDENSE

Guilherme F. Marranghello

Universidade Federal do Pampa – Unipampa – Brasil
guilherme.marranghello@unipampa.edu.br

Márcia Maria Lucchese

Universidade Federal do Pampa – Unipampa – Brasil
marcia.lucchese@unipampa.edu.br

Rafael Kobata Kimura

Universidade Federal do Pampa – Unipampa – Brasil
rafael.kimura@unipampa.edu.br

Cecília Petinga Irala

Universidade Federal do Pampa – Unipampa – Brasil
cecilia.irala@unipampa.edu.br

Laura Menezes Eskasinki Dummer,

Universidade Federal do Pampa – Unipampa – Brasil
lmedummer@gmail.com

Jéssica Penteado Machado

Universidade Federal do Pampa – Unipampa – Brasil
jessicamachado130@gmail.com

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo sobre a contribuição de um programa de extensão para a divulgação da ciência, desenvolvido na região da campanha sulriograndense e que culminou na construção do Planetário da Unipampa. Trazemos aqui um breve histórico do surgimento, da implantação e do desenvolvimento dos planetários no Brasil e no mundo, sobre o qual pautamos algumas reflexões críticas sobre o desenvolvimento do programa de extensão Astronomia para Todos (desde 2009). Por fim, apresentamos o trabalho executado atualmente no planetário juntamente com as perspectivas futuras para a divulgação da ciência em uma região carente destes espaços. Estas reflexões apontam para a importância da ampliação destes espaços museológicos, voltados para a divulgação da ciência em todo o Brasil.

Palavras-chave: Planetário. Astronomia. Divulgação.

ABSTRACT

This paper presents a study about the contribution of an extension program for the dissemination of science, developed in the region of the South campaign and culminating in the construction of the Unipampa Planetarium. We bring here a brief history of the emergence, implantation and development of the planetariums in Brazil and in the world, on which we set out some critical reflections on the development of the “Astronomy for All” extension program (since 2009). Finally, we present the work currently carried out in the planetarium together with future perspectives for the dissemination of science in a region lacking these spaces. These reflections point to the importance of the expansion of these museological spaces, aimed at the dissemination of science throughout Brazil.

Keywords: Planetarium. Astronomy. Divulagation.

1 INTRODUÇÃO

O planetário, como conhecido atualmente, teve sua origem em 1923, com um projetor instalado no Deutsches Museum, em Munique, na Alemanha. Construído por Carl Zeiss, o aparato mecânico projetava um céu estrelado sob um domo hemisférico com 16m de diâmetro. Com o objetivo de reproduzir fielmente um céu estrelado, em diferentes épocas do ano e/ou em diferentes posições (latitudes e longitudes) do globo terrestre, o planetário apresenta um grande potencial para trabalhar Astronomia em contextos didáticos e de difusão científica (SLATER; TATGE, 2017).

Os planetários começam lentamente a surgir ao redor do mundo, quando, durante a corrida espacial ocorrida nas décadas de 1950 e 1960, este recurso passa a ser largamente difundido, especialmente nos Estados Unidos da América (EUA), onde o programa de desenvolvimento em ciência e tecnologia de 1958 (*1958 US National Defense Education Act*) estimula a instalação de mais de 1.200 planetários no país, muitos deles dentro das *High Schools* (SLATER; TATGE, 2017).

No Brasil, o primeiro planetário chega em 1958, o Planetário de São Paulo, demorando mais de uma década para a instalação dos planetários de Santa Maria e Porto Alegre, no Rio Grande do Sul (RS), e dos planetários de Goiânia (GO) e João Pessoa (PA). A falta de uma política pública de incentivo à construção de planetários fez com que o crescimento do número de instalações continuasse lento até o surgimento dos planetários digitais.

Nos anos 1990, com a revolução tecnológica promovida pelas áreas da eletrônica e da computação, surgem os projetores digitais para planetários. Esta mudança propicia a construção de planetários com custos mais reduzidos, permitindo que novos planetários surgissem pelo Brasil a partir dos anos 2000. Além destes planetários, surgem também os equipamentos móveis, infláveis.

Em 2008, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) lança uma chamada para a Divulgação e Popularização da Astronomia, com vistas à celebração do Ano Internacional da Astronomia, em 2009. Nesta chamada, nasce o Programa de Extensão Astronomia para Todos, localizado em Bagé, em um dos dez campi da então recém-criada Universidade Federal do Pampa (Unipampa). Com a organização de palestras e noites de observação do céu, o programa se desenvolveu ao longo de 4 anos. Em 2013, com a aquisição de um planetário inflável, o programa ganhou um impulso e passou a receber a visita de escolas de forma sistemática. Também de forma regular, iniciaram os cursos de formação de professores, voltados para o Ensino de Astronomia.

O ano de 2013 encerrou-se com a aprovação de uma nova chamada do CNPq para a implantação de um planetário fixo na região da campanha. Considerando que o Rio Grande do Sul possuía, até então, apenas dois planetários, este foi um marco na história da divulgação da ciência para o estado, em especial, para a região da campanha. Por motivos que, infelizmente, fazem parte da rotina brasileira, as obras de instalação do planetário só se encerraram no ano de 2017, quando o planetário foi inaugurado.

Ao longo destes dez anos de atividades, o Programa de Extensão Astronomia para Todos e o Planetário da Unipampa receberam, juntos, a visita de cerca de 50.000 pessoas. Neste grupo incluímos estudantes de Bagé, Dom Pedrito, Candiota, Livramento, Uruguaiana, Itaqui e outras cidades pelas quais o planetário inflável passou. Incluímos também os cerca de 500 professores que já participaram de algum curso de formação continuada.

É, com base neste histórico que apresentamos, neste artigo, uma revisão crítica e analítica do trabalho até aqui desenvolvido, bem como as ideias e premissas que orientarão nosso trabalho nos próximos anos. Entretanto, não podemos iniciar esta discussão sem abordar alguns temas, como a Educação Não-Formal, o Ensino de Astronomia e a Divulgação e Popularização da Ciência.

2 A EDUCAÇÃO FORMAL E NÃO-FORMAL

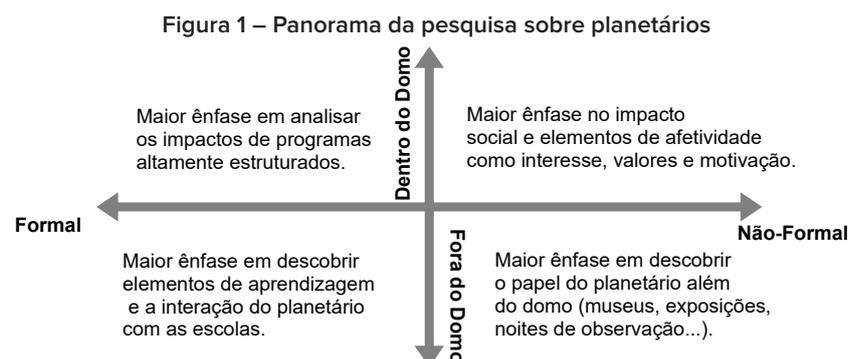
Enquanto a Educação Formal se classifica como aquela que se dá de forma programada, com uma sequência de conteúdos, dirigida, orientada e dentro da sala de aula, a Educação Não-Formal ocorre sem uma sequência, não dirigida e em espaços como aqueles disponíveis em museus, observatórios, zoológicos e, é claro, planetários.

Esta é uma visão que consideramos extremamente simplória para tentar descrever o papel de um planetário. Existem planetários localizados em grandes centros que recebem exclusivamente a visita de turistas. Este pode ser incluído dentro de uma visão tão simples como um espaço de educação não-formal, afinal os visitantes não estão inseridos dentro de um roteiro/sequência de conteúdos, numa educação direcionada e orientada.

Os planetários, no Brasil, nem sempre aparecem como espaços voltados para a visita escolar, dedicando boa parte do seu tempo ao atendimento do público em geral (RESENDE, 2017). Entretanto, uma parcela considerável dos planetários dedica-se ao atendimento de visitas escolares. Esta visita pode acontecer como um passeio, mas preferencialmente, deve estar inserida dentro de um contexto de estudo, podendo ser o pontapé inicial para o trabalho do professor, o encerramento de uma sequência de atividades ou estar no meio de uma sequência de conteúdos, orientada e intencional. Desta forma, o planetário não seria um espaço de educação formal? Resende (2017), ao citar Barrio (2002), apresenta esta dúvida: “Este ambiente de ensino não formal, não pode estar distante da educação formal, afinal, ambos possuem finalidades baseadas no desenvolvimento social, científico e na formação da cultura geral” (RESENDE, 2017, p. 24).

A autora menciona como outros países utilizam os planetários como salas de aula e lembramos que muitos planetários instalados nos EUA depois de 1958 foram instalados em escolas. Resende (2017) também lembra que, no Brasil, muitos planetários estão ligados a instituições de ensino como universidades.

Vejamos como Plummer et al (2015) descrevem a pesquisa educacional realizada em planetários, saindo do formal ao não-formal, considerando atividades dentro e fora do domo, representadas e adaptadas na Figura 1.



Fonte: Plummer et. al., 2015. Figura adaptada pelos autores.

Nosso trabalho, dentro do Planetário da Unipampa, está muito mais orientado ao trabalho de um espaço de educação formal do que o trabalho de uma instituição de educação não-formal. Para que possamos classificar o planetário como um espaço de educação formal, vejamos algumas de suas principais características:

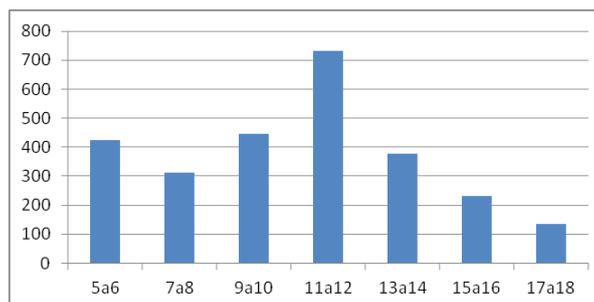
O Planetário da Unipampa é um espaço dentro de uma universidade federal, a Unipampa, em um campus onde existem, entre vários cursos, o curso de Licenciatura em Física. Considerando que os alunos do curso de Licenciatura em Física visitam regularmente o planetário, dentro das componentes curriculares de Fundamentos de Astronomia e Ensino de Astronomia, o planetário pode ser considerado como um laboratório, assim como os demais laboratórios didáticos da instituição;

No Planetário da Unipampa, os alunos aprendem sobre: Astronomia, Educação, TICs no Ensino de Ciências, Metodologias Didáticas e muito mais;

Desde o início do Programa de Extensão Astronomia para Todos, vimos desenvolvendo um trabalho de formação continuada de professores, com o intuito de alcançar a sala de aula. Os reflexos deste trabalho culminaram na inserção oficial e clara, no programa curricular das escolas do município, de conteúdos de Astronomia, tais como Fases da Lua, Sistema Solar, Origem do Universo e Constelações. Com isso, as visitas escolares têm ocorrido dentro de um contexto de sala de aula, como um complemento ao trabalho realizado pelo professor. (GUEDES; MARRANGHELLO, 2017; VASCONCELOS; MARRANGHELLO, 2014; MARRANGHELLO, 2017).

O resultado de que a visita ao planetário faz parte de uma intencionalidade do professor, de suas aulas e da própria Secretaria de Educação, pode ser facilmente encontrado no gráfico da Figura 2, no qual apresentamos a distribuição dos visitantes do planetário por faixa etária. O máximo da curva aparece no 6º ano, quando a disciplina de Ciências é introduzida com uma descrição das origens do Universo e do Sistema Solar. Esta conclusão é corroborada pelo fato de que as sessões mais solicitadas nas visitas ao planetário são: Aventura no Sistema Solar – sessão sobre o Sistema Solar – representa 21,57% dos agendamentos, igual número da sessão Da Terra ao Universo – sessão que traz um panorama geral sobre Astronomia e Ilha de Vida – sessão indicada para crianças da Educação Infantil, com 19,60% dos agendamentos.

Figura 2 - Gráfico representando a distribuição dos visitantes pela faixa etária desde a inauguração do planetário (setembro/2017) até junho de 2018



Fonte: Gráfico elaborado pelos autores, 2018.

Estando inserido dentro de um contexto de aprendizagem, o que os trabalhos já realizados têm a nos dizer? Zimmerman, Spillane e Reiff (2014) fazem uma comparação interessante sobre o uso do planetário e o uso de recursos computacionais em sala de aula, basicamente, passando o mesmo filme no planetário e na tela de um computador. Ao avaliar os resultados de um pós-teste, ambas as turmas tiveram um resultado equivalente, entretanto, ao apresentar o teste novamente, 6 meses após a visita, os alunos que visitaram o planetário demonstraram maior retenção aos conteúdos da sessão. Este e outros estudos nos indicam o potencial de um Planetário no ensino de ciências.

Não é pelo fato do Planetário da Unipampa ter como foco um trabalho voltado para a sala de aula que o trabalho da Educação Não-Formal, como o contexto mais tradicional desta designação, fica de lado. Sessões de planetário acompanhadas de palestras e observações com o telescópio, abertas ao público em geral, são realizadas rotineiramente. A importância destas atividades é descrita por Falk e Dierking (2016), ao mencionar que uma criança americana ordinária completa seus 18 anos tendo passado mais tempo em frente à TV do que em sala de aula e, por isso, uma pessoa acaba aprendendo mais ciência através da Educação Não-Formal e/ou Informal do que dentro de uma sala de aula. É fácil expandir esta ideia ao incluir o tempo que uma pessoa utiliza um computador ou acessa a internet através de seu smartphone.

Falk e Dierking (2016) exploram os motivos e contextos que levam as pessoas a museus e este é um estudo a ser explorado pelos planetários. Os autores traçam o perfil do visitante em museus de ciências – composto por famílias – ou em museus de artes – composto por adultos. O mesmo perfil é traçado com relação ao gênero, com um público majoritário de homens nos museus de ciências e de mulheres nos museus de artes. Também foram levantadas questões importantes sobre o perfil econômico e o número de visitantes que retornam aos museus com frequência. Estas perguntas são importantes e também devem balizar as ações do planetário, assim como:

De que forma o planetário aparece na região da campanha? Como sua presença deve influenciar a rotina das comunidades em seu entorno? Como a sociedade vai incorporar o planetário em sua rotina? Qual será o público do planetário nos próximos 10 ou 20 anos? Estas e outras perguntas deverão ser respondidas com um estudo de longo prazo.

3 O ENSINO DE ASTRONOMIA

São milhares de anos de registros já encontrados sobre a relação da humanidade com os fenômenos celestes, considerando inscrições rupestres em cavernas da França, grandes construções Maias ou os mais diversos registros de índios brasileiros a aborígenes australianos. Estes registros trouxeram aspectos de simples admiração pelo céu até, por vezes, com funções bastante específicas de marcação do tempo, trazendo à tona aspectos culturais embebidos nestes registros.

Hoje, com o avanço da tecnologia e do crescimento das grandes cidades, a grande maioria das pessoas tem perdido o contato com o céu, seja pela substituição dos marcadores temporais naturais por agendas eletrônicas ou pela iluminação das metrópoles que fazem desaparecer estrelas do céu. Estes poderiam constituir motivos bastante importantes para que a Astronomia estivesse presente em um currículo escolar. Unindo-se a estes motivos, podemos avaliar a relação da produção de energia a partir de fontes renováveis, como o ensino de conceitos de posição solar, estações do ano e outros.

Mas a Astronomia ainda se faz presente em filmes e livros de ficção científica, nos quais viagens espaciais fazem parte do imaginário infantil e têm um papel de extrema relevância na discussão da história e filosofia da ciência, além de fascinar com a beleza das imagens captadas por grandes telescópios e muito mais. A Astronomia pode ser considerada como a mais bela das ciências e este papel não pode ser desprezado como um fator motivador.

Ainda, a Astronomia se faz necessária como a ciência que coloca satélites em órbita da Terra, possibilitando um efetivo funcionamento dos telefones celulares e transmissões ao vivo, oriundas do outro lado do globo terrestre. A Astronomia busca resposta para a origem do universo, para a possibilidade de a vida ser encontrada em algum lugar do cosmos.

Desta forma, a Astronomia se faz presente nas orientações curriculares nacionais ou, mais recentemente, na Base Curricular Comum, em conteúdos que surgem na Educação Infantil e chegam ao Ensino Médio.

No Ensino Fundamental, o tema astronômico aparece com a identificação dos Pontos Cardeais, as diferentes posições relativas do Sol e o uso do Gnômon, o reconhecimento dos movimentos cíclicos da Lua e da Terra, entre outros. No Ensino Médio, o tema Terra e Universo deixa bastante claro que a Astronomia deve ser estudada, explicitando os movimentos da Terra e suas interações gravitacionais, entre outros.

A situação atual da região da campanha é muito similar à situação encontrada nos EUA após o ato de 1958, quando Noble (1964) mostrou que os professores não estavam preparados para o início da Era Espacial. Neste sentido, desde o início do programa de extensão, temos trabalhado muito fortemente com cursos de formação continuada de professores, pois a maioria nos informava o interesse de trazer os alunos ao planetário, mas diziam não saber nada sobre o assunto ou sobre como abordá-lo em sala de aula. Neste sentido, a pesquisa nacional conta com excelentes referenciais para nosso trabalho, como apontam Langhi e Nardi (2012), ao repensarem a formação de professores.

4 A DIVULGAÇÃO E A POPULARIZAÇÃO DA CIÊNCIA

O mundo passa por mudanças que exigem do ser humano uma compreensão maior sobre Ciência e Tecnologia (C&T), a fim de que este possa tornar-se cidadão e compreender as discussões em torno do tema. Em tempos conturbados, o cidadão precisa posicionar-se com relação aos contínuos cortes orçamentários nas pastas de C&T, mas para isto, é necessário que ele compreenda o papel dela na sociedade onde vive.

Seguindo esta linha de pensamento, é pouco provável que uma parcela considerável da população saiba que o Brasil foi excluído pelo *European Southern Observatory* (ESO) do consórcio para a construção de um dos maiores telescópios modernos, que deve revolucionar a nossa visão do cosmos. Ainda pior, uma pequena parcela desta já restrita população será capaz de compreender quais os avanços que este telescópio pode trazer e por que o Brasil deveria participar do consórcio.

Durante a corrida espacial, o governo norte-americano financiou a construção de mais de 1.000 planetários em seu território. No Brasil, atualmente, temos pouco mais de uma centena de planetários fixos e uma quantidade similar de aparelhos móveis/infláveis. Este número demonstra a pouca importância que os governos têm dado à divulgação e popularização da ciência. Ainda, Slater e Tatge (2017) descrevem a origem das pesquisas sobre planetário, nos EUA, com publicações de teses, trabalhos em eventos e relatórios. Pouco foi apresentado sobre planetários em revistas científicas no início dos

anos 1960. Esta característica mudou nos EUA, mas no Brasil, onde a primeira Tese sobre Ensino de Astronomia vem da década de 1970, as publicações sobre pesquisas realizadas em planetários ainda estão na forma de teses, relatórios ou trabalhos em eventos. Segundo o Banco de Teses e Dissertações sobre Educação em Astronomia (BTDEA), apenas cinco dissertações e uma tese foram apresentadas envolvendo o tema planetário. Um dos principais eventos da área no Brasil, o Simpósio Nacional de Educação em Astronomia (SNEA), tem apresentado, sistematicamente, trabalhos sobre o assunto, mas a Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia (RELEA) apresenta apenas um trabalho (ALMEIDA et al, 2017) sobre o uso de planetários.

A criação do Planetário da Unipampa preencheu, literalmente, uma lacuna existente no Estado, ao considerarmos espaços de divulgação e popularização da ciência. No Rio Grande do Sul existem, atualmente, três planetários fixos, localizados na capital Porto Alegre, em Santa Maria, região central do Estado e, agora, em Bagé, região da fronteira com o Uruguai. Na região da campanha sulriograndense, onde a Unipampa foi instalada, não existia nenhum espaço de divulgação e popularização da ciência. Esta região se estende por mais de 700km, nas fronteiras com o Uruguai e Argentina, sendo que algumas cidades localizam-se a mais de 400km de Porto Alegre ou Santa Maria, únicos locais com planetários antes da chegada do planetário fixo em Bagé.

Somado ao planetário fixo, incluímos dois equipamentos móveis/infláveis, sendo um localizado em Uruguaiana e outro em Bagé. Estes equipamentos viajam pelo Estado, visitando escolas e participando de eventos como Feiras de Ciências. No momento de escrita deste trabalho, já são mais de 50.000 pessoas atendidas pelo Programa de Extensão Astronomia para Todos.

5 REVISITANDO O PASSADO

Considerando o exposto até aqui sobre a Educação Formal e Não-Formal, sobre o Ensino de Astronomia e sobre a Divulgação e Popularização da Ciência, passamos agora a uma reflexão sobre as atividades até então desenvolvidas pelo Programa de Extensão Astronomia para Todos. Dentro desta reflexão, será importante uma análise crítica sobre o trabalho desenvolvido para que, na próxima seção, possamos projetar o trabalho a ser desenvolvido com clareza e objetividade, visando a uma contribuição consistente no que concerne às atividades de Ensino, Pesquisa e Extensão a serem realizadas nos planetários do Brasil e do Mundo.

No início de nossas atividades, em 2009, durante o Ano Internacional da Astronomia, o trabalho foi marcado por palestras e noites de observação que ocorriam no centro da cidade, com uma periodicidade mínima mensal. Esta atividade prosseguiu no ano de 2010. As palestras eram proferidas, principalmente, pelos bolsistas do programa que estudavam um tema de interesse, podendo variar de sondas espaciais a buracos negros. Em 2011, com um grupo grande de bolsistas, também foram feitas exposições em espaços públicos, todos localizados no centro da cidade.

Este período teve excelentes resultados para a formação dos bolsistas com relação aos conteúdos de Astronomia (MARRANGHELLO; PAVANI, 2014), indicando que estes alunos apresentaram níveis de aprendizagem similares àqueles obtidos por alunos de um curso de Astronomia Básica. Ainda, estes alunos tiveram “aulas práticas” de observação do céu e uso do telescópio, além de aprender a falar em público e outras competências inerentes à atividade de divulgação da ciência.

Durante este período, dois professores que atuam na área da Astronomia atuavam no programa. Além disso, estes dois professores iniciavam suas atividades em Divulgação Científica. Com isso, as atividades apresentavam um caráter bastante unidirecional, falando de Astronomia para um público que queria ouvir Astronomia. Este período apresentou, ainda, pouco trabalho voltado à formação de professores para a realização de trabalhos envolvendo Astronomia em sala de aula.

As atividades de 2009 a 2011 foram desenvolvidas no centro da cidade, o que foi de extrema importância para divulgá-las, chamando atenção para a ciência e para a universidade que, criada no ano de 2006, era ainda pouco familiar aos moradores da cidade. Em 2012, com a saída de um dos dois professores que trabalhavam no programa (além de outros fatores externos), este apresentou pouquíssimas atividades. Este período de 4 anos apresentou um público composto majoritariamente por adultos (acima de 18 anos), exceto durante algumas exposições, quando eram recebidas visitas escolares. Ainda, durante os anos iniciais, o público anual oscilava entre 1.000 e 2.000 pessoas.

Com o desejo de oferecer uma atividade com maior regularidade ao público escolar, em 2013 chega o planetário inflável, e o programa retorna com uma força maior. As primeiras atividades foram voltadas para a formação dos alunos/bolsistas para a atuação no planetário e uma demonstração para os professores da rede municipal de ensino. Estas atividades já aparecem como uma reflexão do passado, pensando o futuro: formar nossos alunos e envolver os professores em nestas atividades. Com isso, os cursos de formação continuada para o trabalho com Astronomia em sala de aula passam a ser ofertados regularmente.

A ideia inicial para o trabalho com o planetário inflável era de levá-lo até as escolas, entretanto, a maioria das escolas do município não apresentavam local adequado para a instalação do equipamento. Este fato fez com que as escolas fossem recebidas na própria universidade. Logo nas primeiras visitas, foi possível compreender que esta solução tinha se transformado em uma ferramenta que apresentava um elo da universidade com a comunidade externa.

Em termos de formação inicial, o exercício repetitivo das sessões de planetário transformou as características de formação dos alunos. Estes passaram a ser mais exigidos na recepção do público, que variava de crianças com 5 anos de idade até adultos. Com certeza, o trabalho no planetário, com sessões voltadas ao reconhecimento do céu, fortaleceu estes aspectos em nos alunos e, para que conhecimentos específicos em Astronomia continuassem a aparecer, passou-se a organizar palestras com convidados de outras instituições, encerrando o ano com palestras dos próprios bolsistas, em um evento que passava a incluir apresentações artístico-musicais. Assim, o período de 2013 a 2015 foi uma etapa de maturação do trabalho realizado com o planetário inflável.

Neste período, o planetário fixo estava sendo construído. Infelizmente, concomitantemente, instalava-se uma crise política/econômica no país, o que resultou em cortes de verbas e na interrupção das obras do planetário. Esta enorme barreira que imposta apresentou seu lado positivo. Em uma campanha para arrecadar fundos e concluir as obras do planetário, foi feita uma divulgação maciça, com reportagens apresentadas nas capas dos jornais locais, visitas a rádios, TVs e com uma propaganda de rua, incluindo eventos beneficentes como jantares, festas, rústicas e até mesmo realizando pedágios nas ruas da cidade. Por mais incrível que possa parecer, ainda é grande o número de pessoas que desconhecem a existência do Planetário da Unipampa dentro da própria cidade e este tornou-se um momento de divulgação do Planetário.

O ano de 2016, assim como o ano seguinte, foi o ano em que um grande número de pessoas foi envolvida nas atividades do programa. Foram professores ligados aos cursos de licenciatura em física, matemática, letras e música, além de professores nas áreas de engenharia. O grupo expandiu e alcançou colaboradores nos campi localizados nas cidades de Caçapava do Sul, Alegrete e Uruguaiana. Este período elevou o trabalho do programa a um novo patamar, com uma visão não apenas mais interdisciplinar, mas também mais inclusiva, multiprofissional e abrangente, culminando com a inauguração do Planetário da Unipampa no equinócio de primavera de 2017.

Figura 3 - Planetário da Unipampa



Fonte: Acervo dos autores, 2018.

Revisitando todo este trabalho, foi possível enxergar a sua relevância com relação à formação dos estudantes/bolsistas da universidade, o crescimento da relação com as escolas, sem perder de vista as atividades abertas ao público em geral e, principalmente, a contribuição para a formação de professores para a atuação em sala de aula ao trabalhar conteúdos de Astronomia. Talvez, o maior problema ao longo deste período tenha sido a não realização de um trabalho mais consistente com relação à pesquisa, pois ocorreu mais tempo dedicado à ação e menos à reflexão. A demanda crescente que as escolas e secretarias de educação impuseram ao planetário e o desejo de ver o sorriso das crianças ao saírem do domo, impediram estes momentos e, a partir desta reflexão apresentamos a próxima seção, na qual projetamos um futuro, que já é presente e, até mesmo iniciado em um passado recente.

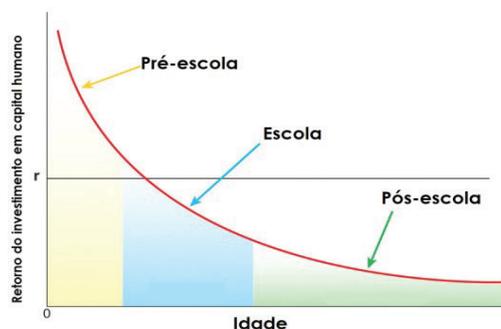
6 PROJETANDO O FUTURO

Recentemente, esta reflexão, sobre a lacuna que o programa apresentava com relação à pesquisa nos fez refletir sobre nossas futuras ações. Em 2016, realizamos uma exposição sobre a luz, com o foco em crianças da pré-escola e formação de professores. (HARTMANN; MARRANGHELLO; LUCCHESI, 2017). Pela primeira vez, organizávamos a ação de extensão intimamente articulada à pesquisa. Nossos objetivos oscilaram entre o que uma criança nesta faixa etária compreende sobre a luz, sob a ótica da ciência e como as professoras da pré-escola compreendem e participam deste trabalho. O resultado deste trabalho está submetido à avaliação.

Escolhemos o trabalho com crianças em idade pré-escolar baseados no artigo de George Miley “*Too Young to Learn?*” e no trabalho de Schweinhart et al (2005) e Heckman et al (2008), que trazem a importância do trabalho com crianças nesta idade, além do retorno que este investimento pode trazer, não

apenas para a formação científica destas crianças, mas também para toda a sociedade. Este resultado aparece na Figura 4, adaptada do texto de George Miley, em que o retorno do investimento em trabalhos de divulgação científica é confrontado com a idade do público a ser alcançado.

Figura 4 - Retorno do investimento em projetos de educação científica com relação à idade dos participantes



Fonte: UNAWE, s/d.

Tendo esta ideia em mente e considerando o grande número de visitantes no planetário com idade pré-escolar ou nos anos iniciais do ensino fundamental e somado ao reduzido número de sessões de planetário voltadas para este público, iniciamos a produção de sessões específicas para crianças entre 5 e 9 anos de idade. A sessão “As Aventuras de Zito e as Cores do Universo” seguiu a temática da exposição sobre a luz e trabalhou temáticas presentes no cotidiano infantil, juntamente com as primeiras lições de Astronomia. O uso de lógica básica e os números se misturaram ao reconhecimento do céu e a uma viagem do planeta Zaitum até a Terra, em um universo de cores.

Como havíamos produzido um livro (MARRANGHELLO, 2017) para ser distribuído a estas crianças, utilizamos o método construído por Falcão e Gilberto (2005) para tentar compreender o que as crianças eram capazes de aprender com a sessão. Inicialmente, sem o livro, indagávamos os alunos, após a sessão, sobre a cor do céu do planeta Zaitum ou sobre os planetas visitados durante a sessão. As crianças de menor idade tinham extrema dificuldade em relatar a sessão, embora saíssem sempre maravilhadas e empolgadas com a visita. À medida que a idade aumenta, as respostas parecem surgir de forma mais consistente, enquanto a empolgação parece diminuir.

Não tem como pensar em fontes de energia renovável sem pensar nas relações entre o Sol, a Terra, a água e a Lua. A divulgação de ciência que acontece no espaço do Planetário promove uma amostra permanente de geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis. Antes de subir ao Domo as escolas são convidadas a interagir com a exposição que conta com protótipos de casa solar, pequenos geradores de energia eólica e carrinhos que fazem hidrólise e funcionam com hidrogênio, conforme exposto na Figura 5.

Os bolsistas, além de apresentarem as sessões do Planetário, são responsáveis pela elaboração de materiais, apresentação dos elementos constituintes da Exposição e avaliação das suas ações frente a diferentes abordagens dadas ao Grande Projeto Astronomia para Todos. Entre as ações, podemos apresentar a elaboração dos protótipos da casa solar por um aluno de licenciatura em física que foi elemento usado em oficinas, projetos de extensão e elaboração de material de divulgação (LUCCHESE; CUNHA 2017). As ações do aluno envolveram a elaboração de um jogo, na modalidade Quiz, o jogo versava a respeito da geração e utilização de fontes de energia renovável e visava à divulgação em Escolas (CUNHA; LUCCHESE, 2017). A bolsista responsável pela apresentação do material a respeito da geração de energia a partir do hidrogênio avaliou sua ação em uma turma que aguardava a sessão do Planetário (NORA; LUCCHESE; MACHADO, 2016).

O grupo participou do Projeto, a Física na Casa do Guri, um Projeto de Extensão que promovia a inserção de temas de ciências em uma casa de acolhimento do Município. Ao final das atividades, os meninos elaboraram uma maquete utilizando as diferentes formas de energia e, divulgaram seus trabalhos na Feira de Ciências da Universidade, na qual foram premiados. (ANTUNES et. al., 2016). Atualmente o trabalho está sendo direcionado ao projeto de extensão que visa trazer meninas para a área de ciências, os kits e materiais são usados para mostrar para as meninas nas escolas como manipular e elaborar protótipos usando fontes de energia renovável e como eles funcionam.

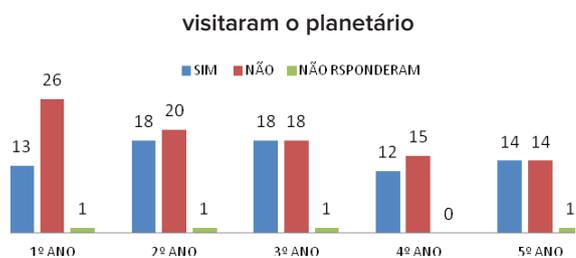
Figura 5 - Protótipos e elementos que geram energia a partir de fontes renováveis em exposição no Planetário



Fonte: Acervo dos autores, 2018.

Já o trabalho de mestrado, em andamento, de outra aluna mostra que o letramento pode acontecer de forma concomitante ao letramento científico, para isso, utilizando o planetário e as Histórias em Quadrinhos. Na Figura 6 encontramos o número de docentes das séries iniciais que visitaram o planetário.

Figura 6 - Número de professoras da rede municipal de ensino de Bagé que já



Fonte: Gráfico elaborado pelos autores, 2018.

As professoras entrevistadas (cerca de 90% das professoras das séries iniciais do município) concordam com a importância de estudar Astronomia, mas apontam a necessidade de material de apoio para um trabalho mais aprofundado, entendendo que Histórias em Quadrinhos (HQ) especialmente preparadas para este fim podem ajudar no letramento científico e, é claro, no próprio letramento.

As professoras, em geral, são formadas em pedagogia, já utilizam HQ em sala (ao menos ocasionalmente), trabalham algum conteúdo de Astronomia em sala de aula, mas precisam de um material de apoio para este trabalho.

Considerando a importância de falar sobre Astronomia para as crianças em idade pré-escolar, um estudo está sendo realizado sobre a percepção da criança com relação ao espaço e ao tempo quando falamos de dia e noite, fases da Lua e estações do ano. A pergunta é: crianças da pré-escola tem uma noção espaço-temporal adequada para que possamos falar dos conceitos astronômicos importantes para esta discussão? A Figura 7, a seguir, parece indicar que sim, pois o desenho foi feito no pátio da escola, próximo ao início do inverno, quando o Sol passa mais próximo do horizonte. Esta pesquisa está em andamento, é parte da dissertação de mestrado de uma das autoras deste artigo.

Figura 7 - Desenho da posição do Sol feito por uma criança do Pré- I no início do inverno



Fonte: Acervo dos autores, 2018.

Utilizando o método da lembrança estimulada, mostramos imagens do livro, trazendo novos questionamentos sobre as cores dos planetas. Embora as lembranças tenham surgido através do estímulo, acreditamos que o encantamento ainda apresentou uma relevância maior para as crianças pequenas, deixando que conceitos astronômicos fossem mais bem compreendidos por crianças mais velhas.

Outras atividades têm sido desenvolvidas, buscando uma maior interlocução com a comunidade. A formação de professores tem sido desenvolvida em conjunto com a secretaria de educação e com as professoras da rede municipal de educação. Em conjunto, tem sido definido o período e a duração dos cursos e, a cada ano, uma nova temática tem sido proposta. Enquanto 2018 foi marcado pelo estudo do Sistema Solar, 2019 marcará o cinquentenário da ida do homem à Lua – foco do próximo curso.

Este curso que inicia em março, prossegue com a visita ao planetário e com duas atividades para o final do ano: uma competição entre as escolas e um encontro de professores para o debate das ações desenvolvidas ao longo do ano. A competição visa estimular os alunos e sua temática caminha juntamente com o assunto discutido no curso de formação. No *workshop* de final de ano, além de os professores apresentarem suas atividades, haverá uma exposição sobre a temática do ano posterior. Este processo está em andamento pela primeira vez.

Ainda, como formação para os alunos, temos construído novas sessões a cada ano. Neste ano, uma sessão está sendo construída falando sobre a Lua. Nesta sessão, construída com os *softwares Blender, Unity e Nightshade*, visitamos as Fases da Lua e os Eclipses, com uma perspectiva na etnoastronomia, trazendo elementos da cultura Kaingang, mesclados com outras cosmogonias, além de visitar aspectos mais científicos como o eclipse de Sobral, 1919 e, é claro, a ida do homem à Lua.

Conforme o trabalho de Fisher (1997), que apresenta a relação do humor com as sessões, este fator pode contribuir para a relação afetiva deles com o planetário, reforçando recordações e estimulando o aluno para o interesse com a ciência. Entretanto, este fator pode acabar atrapalhando para a aprendizagem dos conteúdos trabalhados na sessão. Desta forma, é necessário que a sessão tenha momentos bastante distintos em que o conceito deve ser fortalecido e também alguma emoção deve ser promovida para estimular o lado afetivo da visita. Já Sumners, Reiff, e Weber (2008) discutem a forma de narração e apresenta resultados que indicam que a presença de um debate entre dois personagens pode fortalecer a aprendizagem dos conceitos. Assim, a sessão “Um pequeno passo” apresenta uma filha que indaga os pais sobre o tema que estes a apresentam e a viagem da Apollo 11 até a Lua, parte mais

empolgante da sessão, aparece separada da discussão dos conceitos sobre Fases da Lua, Eclipses, Marés e outros. Heimlich et al (2010) relatam sobre a importância do papel da imersão e a presença de um envoltório cultural nas sessões. Ambos os aspectos são levados em consideração na construção de nossas sessões.

Um grande espanto nos EUA, após o ato de 1958, e os primeiros trabalhos da década de 1960, foi que as crianças pareciam aprender mais com uma boa aula de Astronomia do que no planetário (SMITH, 1966). Este é um fato importante a ser levado em consideração, principalmente pela expectativa que alguns professores colocam em uma visita ao planetário. Para que esta visita escolar seja profícua, é necessário que ela faça parte de um projeto escolar, que esteja inserida no conteúdo de sala de aula, caso contrário, ela será apenas um passeio.

O uso de demonstração, com atividades do tipo mão na massa, se revela de grande importância para a compreensão dos fenômenos apresentados nas sessões de planetário (RUSK, 2003). Com isto em mente, nossas sessões são acompanhadas de uma área de exposição, com atividades em que as crianças são encorajadas a manipular os objetos e interagir com a exposição. Segundo Rusk (2003), isto contribui para a aprendizagem no planetário.

A acessibilidade também é um tema de preocupação atual no ensino de Ciências (SANTOS et. al., 2011), mais especificamente, no ensino de Astronomia (GONÇALVES; BARBOSA-LIMA, 2013) e, é claro, uma preocupação nos planetários (ROCHA et. al., 2017). Entre as ações do Planetário da Unipampa está a preparação de sessões e recursos adaptados, como o modelo de fases lunares demonstrado na Figura 8 a seguir. Este modelo permite demonstrar a um deficiente visual como aparenta ser uma determinada fase da Lua. Nossos protótipos são sempre desenvolvidos em parceria com alunos da Unipampa que possuem deficiência visual.

Figura 8 - Modelo da Lua para deficientes visuais



Fonte: Acervo dos autores, 2018.

7 REFLEXÕES FINAIS

A escrita deste trabalho é finalizada ao mesmo tempo em que se realiza um importante evento, o V Simpósio Nacional de Educação em Astronomia, na cidade de Londrina-PR. Um ônibus parte rumo ao evento levando 30 pessoas, dentre elas, alunos de graduação e pós-graduação da Unipampa e professores da educação básica do município. Este pode ser um dos melhores diagnósticos a ser realizado sobre o que está acontecendo em Bagé e região, ao longo dos últimos 10 anos. Em um local onde pouco ou nada se falava sobre Astronomia em sala de aula, o evento estará recebendo trabalhos sobre as relações da Astronomia com a Educação Infantil, com o Ensino Fundamental, com o Ensino Médio, com a Educação de Jovens e Adultos, sobre a produção de materiais acessíveis, sobre a criação de Clubes de Astronomia nas escolas e, é claro, sobre o Planetário da Unipampa.

Segundo Barrio (2002), estamos traçando os rumos do nosso trabalho ao reunirmos o trabalho realizado com os alunos da Unipampa, com os professores da região e, principalmente, com nossos visitantes,

Para conseguir que o Planetário adquira um valor educativo é fundamental que depois de determinar a que tipo de público cada programa é dirigido, haja uma relação dos programas dos Planetários com os planos e programas de estudos atuais, ligando os objetivos da escola com os do Planetário. Isso pode ser obtido com uma constante comunicação dos professores com o pessoal do Planetário, que deve ser, além de bem versado em astronomia, muito versátil, com habilidade de ensinar e falar em público, criatividade, aptidão e formação científica, capacidade de escrever, etc. (BARRIO, 2002, p. 217).

Ainda citando Juan Bernardino de Marques Barrio, estabelecemos nossos objetivos de transformar o mundo e,

Estabelecendo esses objetivos, os Planetários podem operar nos três campos da aprendizagem: no pensar, no processo cognitivo; no psicomotor quando oferecemos cada vez mais e mais experiências interativas que envolvem ação física; e no afetivo, dos sentimentos, quando animamos o movimento do céu e tentamos cultivar um senso de aventura para o conhecimento da ciência (BARRIO, 2002, p. 222).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a todo apoio dado aos projetos por CAPES/OBEDUC – Observatório de Educação na Região da Campanha, CNPq – Astronomia para Todos e O Planetário na Região da Campanha, CNPq/TIM – À luz da ciência na Educação Infantil, PROEXT/MEC – Astronomia para Todos e UNI-PAMPA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, G. O. et al. O planetário como ambiente não formal para o ensino sobre o sistema solar. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, São Carlos, n. 23, p. 67-86, 2017.
- ANTUNES, B. C. et al. Trabalhando com Energia Renovável na Casa do Guri. **Revista Colabore: Articulando e construindo saberes**, Bagé, v. 1, n. 1, p. 14 - 17, set. 2016.
- BARRIO, J. B. M. El **Planetario**: un recurso didáctico para la enseñanza de la Astronomía. 2002. 238f. Tese (Doutorado em Didáctica das Ciências) - Facultad de Educación y Trabajos Sociales, Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Geodinámicas, Universidad de Valladolid, Valladolid, 2002.
- CUNHA, F. M.; LUCCHESI, M. M. Elaborando um jogo para o ensino de geração de energia renovável e não renovável, In Encontro Estadual de Ensino de Física, 7., 2017. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 2017.
- FALCÃO, D.; GILBERT, J. K. Método da lembrança estimulada: uma ferramenta de investigação sobre aprendizagens em museus de ciências. **Histórias, Ciências e Saúde- Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 12, supl., p. 91-115, 2005.
- FALK, J. H.; DIERKING, L. D. **The Museum Experience**. New York: Routledge, 2016.
- FISHER, M. S. The effect of humor on learning in a planetarium. **Science Education**, v. 81, n. 6, p. 703-713, 1997.
- GONÇALVES, C. O.; BARBOSA-LIMA, M. C. Inclusão de Deficientes Visuais do Programa de Visita Escolar Programada do Museu De Astronomia e Ciências Afins (MAST). **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA**, São Carlos, n. 15, p. 7-26, 2013.
- GUEDES, S. G. A.; MARRANGHELLO, G. F. Jogo das revoluções: uma forma divertida de entender a evolução da astronomia. **Anais do Salão Internacio-**

nal de Ensino, Pesquisa e Extensão, Bagé, v. 9, n. 9, p. 1-5, 2017. Disponível em: 31 out. 2017.

HARTMANN, A. M.; MARRANGHELLO, G. F.; LUCCHESI, M. M. **À luz da ciência na educação infantil**. Itajaí: Casa Aberta, 2017.

HECKMAN, J. J. et al. The rate of return to the HighScope Perry Preschool Program. **Journal of Public Economics**, [s. l.], v. 94, n. 1-2, p. 114-128, fev. 2010. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0047272709001418>>. Acesso em: 12 dez. 2018.

HEIMLICH, J. E. et al. **Influence of immersion on visitor learning**: Maya skies research report. Edgewater: Institute for Learning Innovation, 2010. Disponível em: <<http://www.informalscience.org/influence-immersion-visitor-learning-maya-skies-research-report>>. Acesso em: 31 out. 2018.

LANGHI, R.; NARDI, R. **Educação em Astronomia**: Repensando a Formação de Professores. São Paulo: Escrituras, 2012. (Educação para a ciência, v. 11).

LUCCHESI, M. M.; CUNHA, F. M. Trabalhando com a energia solar no ensino de física e ciências. In: MARRANGHELLO, G. F.; LINDEMANN, R. H. (Org.). **Ensino de Ciências na Região da Campanha**: Contribuições na formação acadêmico-profissional de professores de Química e Física. 1. ed. Itajaí: Casa Aberta, 2017. p. 121-132.

MARRANGHELLO, G. F.; PAVANI, D. B. O ensino através de um projeto de extensão em astronomia. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, Santo Ângelo, v. 4, n. 1, p. 74-90, 2014.

_____. **As aventuras de Zito e as cores do universo**. Itajaí: Casa Aberta, 2017.

NOBLE, M. K. The planetarium and space Science in the elementary school. **Science Education**, v. 48, n. 1, p. 28-31, 1964.

NORA, F. B. D.; LUCCHESI, M. M.; MACHADO, F. Relato de uma atividade com crianças do segundo ano usando carrinhos de hidrogênio. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, Bagé, v. 8, n. 3, s/p., 2016. Disponível em: <<http://seer.unipampa.edu.br/index.php/siepe/article/view/20000>>. Acesso em: 31 out. 2018.

PLUMMER, J. D. et al. A guide to conducting educational research in the planetarium. **Planetarian**, v. 44, n. 2, p. 8-24, 2015.

RESENDE, K. A. **A interação entre o planetário e a escola**: justificativas, dificuldades e propostas. 2017. 268f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Astro-

nomia) - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

ROCHA J. N. et al. Diagnóstico da acessibilidade em planetários e observatórios astronômicos do Brasil. **Publicação da Associação Brasileira de Planetários (ABP)**, Porto Alegre, v. 4, n. 16, p. 25, 2007. Disponível em: <<http://planetarios.org.br/download/7920/>>. Acesso em: 31 out. 2018.

RUSK, J. Do science demonstrations in the planetarium enhance learning? **Planetarian**, v. 32, n. 1, p. 5-8, 2003.

SANTOS, B. R. G. et al. Pesquisas sobre ensino de Física para alunos com deficiência visual: um estudo exploratório. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 8., 2011. Campinas. **Anais...** Campinas: ABRAPEC, 2011. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R1441-1.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2018.

SLATER T. F.; TATGE C. B. Overview of Planetarium Education Research Methods. In: SLATER T. F.; TATGE C. B. **Research on Teaching Astronomy in the Planetarium**: SpringerBriefs in Astronomy. Springer: Cham, 2017. p. 29-52.

SMITH, B. A. **An experimental comparison of two techniques (planetarium lecture-demonstration and classroom lecture-demonstration) of teaching selected astronomical concepts to sixth grade students**. 1966. Dissertação (Mestrado) - Arizona State University, Phoenix, 1966.

SUMNERS, C.; REIFF, P.; WEBER, W. Learning in an immersive digital theater. **Advances in Space Research**, v. 42, n. 11, p. 1848-1854, 2008.

SCHWEINHART, L. J. et al. **Lifetime effects**: The High/Scope Perry Preschool study through age 40. Ypsilanti: High/Scope Press, 2005.

UNAWA. **Too Young to Learn?** s/d. Disponível em: <<http://www.unawe.org/about/audience>>. Acesso em: 31 out. 2018.

VASCONCELOS, F. E. O.; MARRANGHELLO, G. F. A inserção de tópicos de astronomia no ensino médio politécnico, o seminário integrado e a articulação do conhecimento. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, Bagé, v. 6, n. 4, p. 1-8, 2014. Disponível em: <http://snea2012.vitis.uspnet.usp.br/snea3/sites/default/files/SNEA2014_TCP3.pdf>. Acesso em: 31 out. 2018.

ZIMMERMAN, L.; SPILLANE, S.; REIFF, P. Comparison of student learning about space in immersive and computer environments. **Journal and Review of Astronomy Education and Outreach**, v. 1, n. 1, p. 5-20, 2014.