



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE
FÍSICA-LICENCIATURA

JOSÉ EDUARDO SILVA SOUSA

**RESSIGNIFICAÇÃO DE MODELOS NA FÍSICA: ANÁLISE DAS INFLUÊNCIAS
DOS PARADIGMAS CIENTÍFICOS SOBRE A CRIATIVIDADE DE ESTUDANTES
DO CURSO DE FÍSICA-LICENCIATURA DA UFPE/CAA**

Caruaru

2019

JOSÉ EDUARDO SILVA SOUSA

**RESSIGNIFICAÇÃO DE MODELOS NA FÍSICA: ANÁLISE DAS INFLUÊNCIAS
DOS PARADIGMAS CIENTÍFICOS SOBRE A CRIATIVIDADE DE ESTUDANTES
DO CURSO DE FÍSICA-LICENCIATURA DA UFPE/CAA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Física-Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Física.

Área de concentração: Ensino de Física.

Orientador: Prof^o. Dr. Augusto César Lima Moreira.

Caruaru

2019

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Simone Xavier - CRB/4 - 1242

S725r Sousa, José Eduardo Silva.
 Ressignificação de modelos na Física: análise das influências dos paradigmas científicos sobre a criatividade de estudantes do curso de Física-Licenciatura da UFPE/CAA. / José Eduardo Silva Sousa. – 2019.
 40 f. il. : 30 cm.

 Orientador: Augusto César Lima Moreira.
 Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Licenciatura em Física, 2019.
 Inclui Referências.

 1. Ciência - Filosofia. 2. Ciência - História. 3. Paradigmas científicos. 4. Criatividade. 5. Física – Estudo e ensino. I. Moreira, Augusto César Lima (Orientador). II. Título.

CDD 371.12 (23. ed.)

UFPE (CAA 2019-134)

JOSÉ EDUARDO SILVA SOUSA

**RESSIGNIFICAÇÃO DE MODELOS NA FÍSICA: ANÁLISE DAS INFLUÊNCIAS
DOS PARADIGMAS CIENTÍFICOS SOBRE A CRIATIVIDADE DE ESTUDANTES
DO CURSO DE FÍSICA-LICENCIATURA DA UFPE/CAA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Física-licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de licenciado em Física.

Aprovada em: 19/07/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Augusto César Lima Moreira (Orientador)

Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Ana Paula Freitas da Silva (1º Examinadora Interna)

Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Tassiana F. Genzini de Carvalho (2º Examinadora Interna)

Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho a todos que acreditaram em minha formação, em especial aos meus pais e à minha namorada.

AGRADECIMENTOS

- À PROAES, pelo auxílio financeiro fornecido durante a graduação;
- À CAPES, pelas bolsas concedidas e pela oportunidade de ter participado dos programas PIBID e Residência Pedagógica;
- A todos os docentes que fizeram parte da minha formação, em especial aos professores Jehan Fonsêca, Paulo Peixoto, Gustavo Camelo e João Eduardo, por me proporcionarem oportunidades e aprendizados que estavam além da sala de aula;
- Ao meu orientador Prof. Augusto, pela grande ajuda e disposição para realizar este trabalho;
- Ao amigo e professor Everaldo, pela oportunidade de ter participado de seu grupo de estudos e pelos diálogos que me proporcionaram uma grande formação humana;
- Aos amigos de curso que estiveram presentes durante essa jornada;
- À minha família, por todo apoio e incentivo aos estudos;
- À minha namorada Aline, pela companhia e por estar ao meu lado em todos os momentos;
- A todos aqueles, que de forma direta e indireta, contribuíram para que eu chegasse ao fim da graduação.

RESUMO

Um ensino de Física que apresente elementos da História e Filosofia da Ciência possibilita compreender como a atividade científica se desenvolve diante do contexto social e cultural que a mesma está inserida. A partir desse entendimento, a ideia de paradigmas (baseadas na concepção de Kuhn) torna-se perceptível e permite a identificação de algumas consequências no ensino. O paradigma cartesiano, apesar de seu êxito em explicar diversos fenômenos, possui limitações que impedem de ver os fatos sob uma ótica da totalidade, sendo necessária, então, uma nova maneira (*novo paradigma*) de conceber a realidade. Nessa nova concepção, a criatividade como atributo do cientista/pesquisador passa a ter maior grau de relevância. Diante disso, é importante que os professores de física tenham consciência do contexto paradigmático no qual a ciência que lecionam está inserida. O principal objetivo deste trabalho, portanto, consiste em analisar como os alunos do curso de Física-Licenciatura do CAA utilizam a criatividade para ressignificarem o modelo teórico e fenômenos apresentados. Para tanto, aplicou-se um questionário que buscou obter respostas sobre os experimentos expostos, além de coletar informações das visões dos estudantes com relação à construção da ciência, a fim de relacioná-las com os paradigmas científicos. A análise dos questionários possibilitou observar a tendência da simples aplicação direta do modelo tratado sem que houvesse algum tipo de ressignificação, corroborando com a vertente cartesiana amplamente trabalhada durante a graduação.

Palavras-chave: História e Filosofia da Ciência. Paradigmas. Criatividade. Ressignificação.

ABSTRACT

A Physics Teaching that presents elements of History and Philosophy of Science makes it possible to understand how scientific activity develops in the social and cultural context that it is inserted. From this understanding, the idea of paradigms (based on Kuhn's conception) becomes perceptible and allows the identification of some consequences in teaching. The Cartesian paradigm, in spite of its success in explaining several phenomena, has limitations that prevent seeing the facts from an optics of totality, and a new way (new paradigm) of conceiving reality is necessary. In this new conception, creativity as an attribute of the scientist / researcher becomes more relevant. Faced with this, it is important that Physics Teachers are aware of the paradigmatic context in which the science they teach is inserted. The main objective of this paper, therefore, is to analyze how the students of the Licentiate Physics course of the CAA use the creativity to resignify the theoretical model and phenomena presented. For this purpose, a questionnaire was applied that sought to obtain answers about the exposed experiments, besides collecting information of the students' visions in relation to the construction of science, in order to relate them with the scientific paradigms. The analysis of the questionnaires made it possible to observe the tendency of the simple direct application of the treated model without some kind of resignification, corroborating with the Cartesian dimension extensively worked during the graduation.

Keywords: History and Philosophy of Science. Paradigms. Creativity. Resignification.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	A HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA E SUA RELAÇÃO COM O ENSINO DE FÍSICA	9
1.2	ORGANIZAÇÃO DA MONOGRAFIA	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	TRANSIÇÃO DE PARADIGMAS	13
2.2	SOBRE A CRIATIVIDADE	18
3	METODOLOGIA	22
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS	25
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
	REFERÊNCIAS	35
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO	37

1 INTRODUÇÃO

1.1 A HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA E SUA RELAÇÃO COM O ENSINO DE FÍSICA

Segundo a Sociedade Brasileira de Física, para permitir um trabalho mais integrado entre as Ciências da Natureza, com Linguagens e Códigos e as Ciências Humanas, as competências em Física foram organizadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN de maneira a evidenciar os vínculos com essas áreas. Portanto o PCN de Física inclui competências relacionadas com a investigação e compreensão dos fenômenos físicos, à utilização da linguagem física e de sua comunicação, e que tenham contextualização histórica e social. (BRASIL, 2002)

Nos últimos anos, diversos trabalhos acadêmicos têm chamado a atenção para a importância de incluir a História e Filosofia da Ciência (HFC) durante o ensino de Ciências (LANGEVIN, 1933. OSTERMANN, 2000), pois trata-se de uma abordagem que contribui para uma melhor compreensão de como o conhecimento científico se desenvolve ao longo do tempo, suas relações com o contexto histórico e social de uma época e as implicações das produções científicas para a sociedade. “A história ensina a ‘relativizar’, demole mitos, exhibe a construção do conhecimento, insere os indivíduos em um processo, uma tradição. Além disso, ela pode trazer de volta o fazer ciência para a esfera das atividades humanas”. (ROBILOTTA, 1988, p.18)

No que diz respeito ao ensino de Física, a inserção de elementos da HFC contribui para a compreensão de aspectos importantes da natureza dessa ciência, aspectos esses que geralmente não são contemplados em aulas tradicionais, como é notado pelos autores:

O formalismo matemático, a observação, a experimentação, os conceitos, as Leis, as teorias, a filosofia, a história, a epistemologia, a tecnologia, são exemplos de formas do conhecimento físico que podem possuir afinidades com diferentes alunos. [...] O ensino de Física, ou de qualquer outra área do conhecimento, que seja oferecido segundo uma única perspectiva, por exemplo, o formalismo (ou “formulismo”?) conceitual e a solução de problemas, corre o risco de não conseguir estabelecer um diálogo profícuo com boa parte dos alunos. (PINTO; ZANETIC, 1999, p.8).

Portanto, a inclusão da História e Filosofia da Ciência no ensino de Física caracteriza uma “estratégia didática facilitadora na compreensão de conceitos, modelos e teorias” (MARTINS, 2007, p.127).

No contexto do Ensino Médio, apesar dos professores possuírem uma formação científica em Física, Biologia, Química, etc., os mesmos não apresentam uma imagem adequada da construção do conhecimento científico, o que se reflete, por exemplo, na transmissão de visões empírico-indutivistas que se afastam da real produção científica (GIL-PÉREZ, et. al, 2001).

A HFC surge como uma necessidade formativa do professor, na medida em que pode contribuir para: evitar visões distorcidas sobre o fazer científico; permitir uma compreensão mais refinada dos diversos aspectos envolvendo o processo de ensino aprendizagem da ciência; proporcionar uma intervenção mais qualificada em sala de aula. (MARTINS, 2007, p.115).

Para Costa e Batista (2014), mesmo existindo ampla literatura a impulsionar o uso de abordagens históricas e filosóficas no ensino de ciências, bem como orientações curriculares nacionais que amparam o uso de abordagens histórico-filosóficas na formação crítica, constata-se que ainda não há um número considerável de trabalhos que explanem a eficácia dessas abordagens, tanto no cenário nacional, quanto internacional.

Rosa e Martins (2007) analisaram a inserção da HFC no currículo de Licenciatura em Física da Universidade Federal da Bahia - UFBA e compreenderam que a matriz curricular do curso noturno de licenciatura em Física manifestou expandir a inserção de HFC na licenciatura. Entretanto, consideraram a necessidade de pesquisas sobre o desempenho deste novo currículo e também perceberam haver falta de divulgação de experiências nesse sentido de outras universidades, ou mesmo a inexistência de outras experiências, o que reforça tanto a necessidade de se desenvolverem pesquisas quanto a de compartilhá-las.

Diante deste cenário, justifica-se a importância dos professores de Física, sejam do ensino fundamental, médio ou superior, perceberem o contexto paradigmático no qual a ciência está inserida, a fim de desenvolverem reflexões críticas que permitam aos estudantes compreenderem a complexidade e a natureza do conhecimento que é abordado em sala de aula. Para tanto, os primeiros devem possuir a capacidade de ressignificar conceitos, no sentido de atribuir uma nova interpretação que possibilite o surgimento de ideias criativas.

Sob essas considerações, temos a seguinte questão de pesquisa:

- Resignificar modelos teóricos envolve criatividade e imaginação. O estudante de Física-Licenciatura do CAA tem a habilidade de colocar a criatividade em prática e transpor o modelo teórico de uma situação para outra?

O objetivo geral dessa monografia, portanto, é analisar de que maneira os alunos do curso de Física-Licenciatura da UFPE - CAA utilizam a criatividade para resolverem problemas que necessitem de uma ressignificação para adaptar modelos teóricos.

Como objetivos específicos, pretende-se:

- Explorar como a criatividade concebida pelos estudantes pode ser identificada com os conceitos de *percepção imaginativa* e *fantasia imaginativa*;
- Relacionar as visões de construção da ciência dos estudantes com os paradigmas científicos.

1.2 ORGANIZAÇÃO DA MONOGRAFIA

O presente trabalho, além da introdução e do apêndice ao final, está dividido em quatro capítulos, sendo toda a monografia organizada da seguinte forma:

- i) Introdução:** Apresenta uma visão geral da temática abordada, expondo a justificativa e objetivo pretendido com o trabalho.
- ii) Revisão de Literatura:** São destacados os principais teóricos e conceitos que permeiam todo o trabalho, dando ênfase aos paradigmas científicos compreendidos de acordo com as concepções de Thomas Kuhn e à criatividade como característica fundamental ao pesquisador/cientista, discutindo-se os termos *percepção* e *fantasia imaginativa*, segundo as ideias de David Bohm.
- iii) Metodologia:** Caracteriza o estudo de caso enquanto modalidade de pesquisa qualitativa e define o questionário como um instrumento de coleta de dados, bem como é descrita a elaboração do mesmo e como se efetuou sua aplicação.

- iv) **Análise e discussão dos dados:** São expostos os principais resultados obtidos a partir da coleta de dados, apresentando as categorias criadas e as respostas dos alunos, seguidos de uma análise que relaciona as informações com os conceitos de paradigmas científicos e criatividade.

- v) **Considerações finais:** São pontuadas as principais reflexões provenientes da pesquisa realizada.

- vi) **Apêndice A - Questionário:** Questionário aplicado para coleta de dados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção são apresentadas as ideias de Thomas Kuhn sobre paradigmas na Ciência relacionando-as com o ensino cartesiano, de forma a tornar evidente a emergência de um novo paradigma que exhibe uma característica notável que é a criatividade, sendo essa última entendida de acordo com as concepções de David Bohm.

2.1 TRANSIÇÃO DE PARADIGMAS

Um importante aspecto que se pode extrair do estudo da HFC é a visão de que a Ciência é produto da época e do contexto em que é desenvolvida, sendo guiada por paradigmas que dominam, durante determinado período de tempo, a produção do conhecimento científico. Ou seja, “sem o paradigma, não há possibilidade de compartilhamento de saberes, levantamento de problemas e hipóteses, muito menos, solução e desenvolvimento; isto é, sem o paradigma não há ciência possível” (LEITE; MACHADO, 2011, p.133).

Thomas Kuhn, importante filósofo da Ciência, defende que os paradigmas “são realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência” (KUHN, 1978 apud LEITE; MACHADO, 2011, p.133). Segundo ele, há um período conhecido como *ciência normal* no qual os praticantes de uma determinada área do conhecimento científico adotam paradigmas que norteiam sua prática profissional, servindo de base para seleção e solução de problemas. Porém, eventualmente surgem questões que não podem ser explicadas a partir do paradigma vigente, sendo essas denominadas como *anomalias*. Quando as anomalias se tornam persistentes elas geram crises que, se superadas pela criatividade do cientista, conduzem a um novo paradigma. Essa transição é chamada de *revolução científica*, período no qual os paradigmas divergentes competem pela aceitação da comunidade científica, até que uma nova teoria seja adotada. (KUHN, 1996). A exemplo dos episódios de desenvolvimento da ciência associado aos nomes de Copérnico, Newton, Einstein, o autor expõe:

Todas essas revoluções produziram uma conseqüente mudança nos problemas disponíveis à investigação científica e também uma mudança nos padrões usados pela profissão para determinar o que deveria ser considerado um problema admissível e o que deveria ser considerado uma solução legítima de um problema. E cada uma transformou a imaginação científica em sentidos que, em última instância, precisamos descrever como uma transformação do mundo interior do qual é feito o trabalho científico. Tais mudanças - juntamente com as controvérsias que quase sempre as acompanham - são as características definidoras das revoluções científicas. (KUHN, 1996, p.14).

Kuhn defende que a ausência de paradigmas impede o desenvolvimento linear da atividade científica. “Segundo ele, quando um cientista se recusa a se adaptar ao paradigma, seu destino será a exclusão da atividade científica ou irá enveredar pela elucubração filosófica” (LEITE; MACHADO, 2011, p.136).

Percebe-se, portanto, que ao mesmo tempo em que se trata de uma restrição no que diz respeito à forma de enxergar os fenômenos, a adoção de paradigmas é de grande importância para o progresso científico.

Com o advento da ciência moderna e seus sucessos em explicar e prever fenômenos que eram relevantes na época, desenvolveu-se uma visão de mundo denominada cartesiana ou tradicional, fortemente adotada pelas ciências exatas:

O paradigma tradicional da ciência apresenta uma concepção de mundo mecanicista, em que o mundo seria como uma grande máquina, assim como tudo que nele existe: o homem, a sociedade, os fenômenos da natureza. Como uma máquina é composta por peças, engrenagens, que por sua vez, são compostas por peças menores ainda, todas as coisas são vistas dessa mesma forma. Esse mundo-máquina, na concepção moderna, é regido ou funciona a partir de leis físicas e matemáticas sempre da mesma maneira, e, portanto, descobrindo essas leis é possível prever o comportamento do mundo e agir sobre ele. Desse modo, o mundo é pensado a partir da linearidade, da ordem, da organização. (ROCHA; TERÁN, 2010, p.26).

Essa forma de enxergar a natureza, com base no paradigma tradicional, causou algumas implicações na Educação. Talvez a principal consequência tenha sido a adoção de uma forma de ensino fragmentada, voltada para conteúdos que são lecionados de maneira linear e cumulativa. Mesmo nos dias atuais, é comum encontrar esse modelo em todos os níveis de educação, do fundamental ao superior.

Os livros didáticos, ou manuais, como são denominados por Kuhn (1996), consistem em uma ferramenta de ensino que ilustra bem o modelo

cartesiano de apresentar os conteúdos. Em concordância com a lógica dos manuais, diversos cursos nas áreas de ciências exatas optam por organizar seus currículos de maneira a corroborar com essa fragmentação. Como exemplo, normalmente encontra-se nesses cursos as disciplinas de Física 1,2,3,4 ministradas de maneira cumulativa.

Apesar da limitação e das desvantagens de abordar os conteúdos de forma fragmentada, os manuais possuem aspectos positivos que os tornam um material didático de fácil implementação. Uma das vantagens que podem ser destacadas diz respeito ao tempo disponível para apresentação dos conteúdos para alunos. As ideias e teorias que compõem o "arcabouço" da ciência foram desenvolvidas ao longo de décadas por uma vasta comunidade científica. Por outro lado, por exemplo, a duração regular de um curso superior em Ciências geralmente é de 4-5 anos, sendo uma escala de tempo bem menor em comparação com o desenvolvimento científico. Diante dessas circunstâncias, os manuais cartesianos ainda cumprem bem seus papéis, pois possibilitam o acesso a uma grande variedade de conhecimentos sistemáticos em um curto intervalo de tempo.

Levando a discussão mais além, essa diferença na escala de tempo traz a tona um problema de ordem epistemológica. Como visto anteriormente, durante o período de *ciência normal*, a comunidade científica adota um paradigma que norteia suas atividades. Com as *revoluções científicas*, um novo paradigma é colocado à disposição, competindo para superar o anterior.

O decurso entre a rejeição do anterior e adoção do novo paradigma pode ser relativamente longo, ultrapassando séculos. Novamente, se comparado com o tempo disponível para o Ensino, torna-se inviável que os alunos presenciem essa transição. Portanto, como forma de possibilitar "revoluções científicas no ensino", os docentes devem induzir *anomalias* em algum momento de suas aulas de maneira a provocar nos alunos inquietações que podem ser solucionadas com o uso da criatividade.

Essas *anomalias induzidas*, pelo fato de demandarem dos discentes novas perspectivas diante de um problema, contribuem de certa forma para a desconstrução do ensino cartesiano, fragmentado, linear, proporcionando assim uma compreensão da realidade que envolve relações não antes exploradas. Com essas "micro-revoluções científicas no ensino", os alunos podem adquirir uma

melhor percepção tanto do contexto paradigmático no qual se encontram quanto da necessidade de um novo paradigma, além do processo de transição entre ambos.

Boaventura de Sousa Santos (1996) defende que vivemos em um período de crise paradigmática, onde:

Os valores modernos, decorrentes dos postulados ideológicos do racionalismo, especialmente, do cartesianismo, do iluminismo e do positivismo, acabaram sendo paulatinamente desconstruídos por suas próprias percepções. As ideologias iluministas, e, posteriormente, positivistas, ao serem colocadas em prática, acabaram por se mostrar inviáveis em sua inteireza diante da realidade, e seus postulados teóricos acabaram por se mostrar insuficientes na sua pretensão de esgotar o saber e produzir máximas absolutas e imutáveis (LEITE; MACHADO, 2011, p.143).

“É esta a ambiguidade e complexidade da situação do tempo presente, um tempo de transição, síncrone com muita coisa que está além ou aquém dele, mas descompassado em relação a tudo que o habita.” (SANTOS, 1996, p.06).

O Físico David Bohm chama a atenção para a necessidade de se buscar uma visão de mundo que contemple a totalidade dos fatos:

Grande parte da fragmentação da existência derivou dos modos habituais de pensamento, percepção e ação que não são mais apropriados e tendem a entrar em conflito com a estrutura dos fatos como eles são. Qualquer coisa que possa ensinar o homem o que significa ver os fatos de novo, criativamente, mesmo em alguns campos restritos, como as ciências, as artes e a matemática, pode também auxiliar a mudar a abordagem geral que ele tem em relação à vida de modo correspondente (BOHM, 2011, p.41).

Percebe-se, portanto, o avanço do conhecimento científico até um ponto no qual a forma de conceber o mundo com base no paradigma cartesiano já não é suficiente para englobar novos problemas que surgem com o advento da Física Moderna:

Na minha visão de físico, meu principal interesse tem sido a dramática mudança de concepções e de idéias que ocorreu na física durante as três primeiras décadas deste século, e ainda está sendo elaborada em nossas atuais teorias da matéria. As novas concepções da física tem gerado uma profunda mudança em nossas visões de mundo; da visão de mundo mecanicista de Descartes e Newton para uma visão holística, ecológica. (CAPRA, 2006, p.23).

Esse *novo paradigma* possibilita interpretar o mundo a partir de outra lógica, pois os sistemas como ser humano, universo, sociedade, são agora compreendidos a partir da “ordem e desordem, caos e organização e, portanto, não

é possível fazer previsões¹ a seu respeito, sendo possível trabalhar apenas com probabilidades (princípio da incerteza) (CAPRA, 2006; MORAES, 2006 apud ROCHA; TERÁN, 2010, p.29):

Correndo o risco de ser simplista e generalista demais em nossas colocações acerca de uma discussão tão complexa, podemos dizer que, em linhas gerais, a partir desse novo paradigma, o mundo, antes compreendido como máquina, passa a ser percebido como um grande sistema, onde tudo está intrinsecamente relacionado, onde a alteração de qualquer uma das partes desse sistema altera ou interfere no todo. (ROCHA, TERÁN, 2010, p.29).

Massoni (2010), a partir de uma revisão bibliográfica de artigos, apresenta resultados que mostram que os professores que possuem visões epistemológicas em concordância com as visões contemporâneas aparentam estarem mais preparados para gerar mudanças conceituais nos alunos, em oposição aos que apresentam concepções “empiristas-indutivistas”, que acabam encontrando maiores dificuldades para inserir a Filosofia da Ciência em suas práticas.

Apesar do contexto de transição de paradigmas que é vivenciado na atualidade, “[...] as visões da natureza e do processo de evolução da ciência, subjacentes ao ensino de Física, ainda hoje, são predominantemente empiristas/indutivistas” (MASSONI, 2005, p.51).

As consequências decorrentes desse problema podem ser notadas, por exemplo, na tendência tradicional de ensino e seu caráter enciclopedista, onde “a extrema compartimentalização [...] em disciplinas isoladas produz nos estudantes a falsa impressão de que o conhecimento e o próprio mundo são fragmentados. Tal visão implica uma formação que acaba sendo, na realidade, uma deformação” (GUERRA, et al, 1998, p.33).

[...] a hiperespecialização impede de ver o global (que ela fragmenta em parcelas), bem como o essencial (que ela dilui). Ora, os problemas essenciais nunca são parceláveis, e os problemas globais são cada vez mais essenciais. Além disso, todos os problemas particulares só podem ser posicionados e pensados corretamente em seus contextos; e o próprio contexto desses problemas deve ser posicionado, cada vez mais, no contexto planetário. (MORIN, 2003, p. 13-14).

¹ No sentido determinístico

2.2 SOBRE A CRIATIVIDADE

Diante dessa nova concepção de mundo, uma característica antes apenas atribuída às artes em geral, de maneira que não era notada com a devida importância nas ciências naturais, torna-se evidente: a criatividade.

Apesar de ser um conceito estudado e analisado no campo da psicologia, os produtos da criatividade estão atrelados ao desenvolvimento histórico-cultural da humanidade, estando, portanto, presentes na construção da ciência, e conseqüentemente, da Física. (BARBOSA; BATISTA, 2011).

De acordo com Alencar (2003), “uma das principais dimensões presentes nas mais diversas definições de criatividade implica a emergência de um produto novo, seja uma ideia ou uma invenção original, seja a reelaboração e o aperfeiçoamento de produtos ou ideias existentes” (BARBOSA; BATISTA, 2011).

Bailin (1990) segue o mesmo pensamento, defendendo que a criatividade envolve “algo novo, incomum e desconectado com o ordinário e o aceito. Assim envolve uma quebra radical com tradições existentes e uma fundamental mudança no quadro conceitual” (BAILIN, 1990, p.34, apud BARBOSA; BATISTA, 2011).

Segundo David Bohm,

[...] em um ato de percepção criativo, o indivíduo torna-se, primeiro, consciente (normalmente de forma não verbal) de uma nova série de diferenças relevantes e começa a examinar ou a observar uma nova série de semelhanças, as quais não vêm simplesmente de conhecimento prévio, tanto do mesmo campo como de um novo. Isso leva a uma nova ordem que favorece o surgimento de uma nova hierarquia de ordens que constituem uma série de novos tipos de estrutura. O processo tende a formar totalidades harmoniosas e unificadas, com a sensação de beleza, e é capaz de mover aqueles que a entendem de uma forma profundamente inspiradora. (BOHM, 2011, p.18-19).

Nota-se a ideia comum de que a criatividade consiste em uma ruptura com o tradicional usualmente aceito. Essa característica é encontrada em diversos episódios na história da ciência, onde “o aspecto mais criativo e original do trabalho científico tem aparecido no desenvolvimento de *teorias*, principalmente aquelas de importância tão vasta e profunda que chegam a parecer universalmente relevantes” (BOHM, 2011, p.49).

Dessa forma, observa-se que a criatividade é um importante atributo que o cientista deve desenvolver para lidar com problemas que exigem mais do que

a mera aplicação de modelos e teorias ao sistema em análise. Porém, a depender do paradigma no qual o indivíduo está inserido, esse atributo recebe diferentes ênfases, podendo ser muito ou pouco requisitado na prática profissional.

Sob o viés do *novo paradigma*, soluções criativas para problemas apresentam considerável grau de importância, pois contribuem para avanços e criam possibilidades que antes não eram perceptíveis. Trata-se, portanto, de um enfoque no ato criativo que envolve a concepção de uma imagem mental que contém as características de uma nova percepção. Bohm a define da seguinte forma:

A percepção que envolve essa demonstração inseparável do ato da percepção mais importante em si é o que pode ser chamado de *percepção imaginativa* (ou imaginação criativa). Tal demonstração exerce um papel necessário, pois, com sua ajuda, a mente pode apreender o significado do que foi criado em um momento de entendimento (BOHM, 2011, p.51)

Ou seja, o ato criativo é tratado como uma concepção totalmente nova que não envolve a simples releitura e associação de ideias, mas sim a emergência de algo não antes existente. “Assim, no campo da ciência, o extremo da percepção imaginativa pode ser bem mais estudado ao se dar atenção à origem e ao desenvolvimento de teorias fundamentais que têm por objetivo algum tipo de importância universal” (BOHM, 2011, p. 49).

A relação entre a percepção imaginativa e o paradigma emergente torna-se evidente quando há a preocupação em tratar da complexidade e totalidade dos fenômenos estudados, pois dessa forma a criatividade do cientista/pesquisador passa a ter destaque e o auxilia a enxergar novas possibilidades que permitem grandes avanços na área do conhecimento.

A título de exemplo, o autor apresenta um importante episódio na História da Física onde a ruptura com as ideias vigentes na época foi crucial para o desenvolvimento científico que se sucedeu:

O movimento de *percepção* pelo qual Newton compreendeu que a Lua estava caindo, mesmo que nunca atingisse a Terra, foi diferente, evidentemente, do processo comum de pensamento discursivo no qual um passo se segue a outro de maneira lógica, durante um período. Foi um exemplo extremo de algo que contém muitos fatores contraditórios ou confusos. De repente, em um momento de compreensão que não envolve tempo, uma nova totalidade surge na mente, e a contradição e a confusão desaparecem. (BOHM, 2011, p.50)

Toda nova percepção, assim como as teorias e ideias que delas são elaboradas, possuem limites e podem não dar conta de solucionar problemas que estão fora de sua área de abrangência, sendo necessário que novas concepções criativas surjam para cobrir essa lacuna, como ocorreu com os eventos relacionados à Newton:

Nesses novos domínios, novas formas de percepção foram desenvolvidas (por exemplo, a teoria da relatividade e a teoria quântica). Elas ofereceram uma imagem radicalmente diferente do mundo em relação à de Newton (apesar de que se descobriu que a última, é claro, ainda era válida em um domínio limitado). (BOHM, 2011, p. 53)

No *paradigma cartesiano*, o uso da criatividade para solução de problemas possui papel secundário, de maneira que a linearidade e sequência lógica é prioridade no desenvolvimento dos estudos. Aqui a imaginação, portanto, está atrelada ao período de ciência normal, onde, após uma revolução científica, há novamente a tendência de uma prática linear e sequencialmente lógica com base nas novas ideias.

[...] A partir dessa apreensão², a mente pode continuar a pensar e racionalizar a respeito das consequências decorrentes de tal nova percepção. É nesse último processo que a fantasia imaginativa (ou imaginação construtiva) começa a exercer papel importante (BOHM, 2011, p. 51)

Após a revolução científica vinculada ao nome de Newton, foi necessário desenvolver ideias a partir das novas concepções. Esse desenvolvimento ocorre através da criação de hipóteses que serão testadas por experimentos e observações.

[...] a hipótese geralmente envolve novas formas, arranjos, ligações e significados de imagens já disponíveis na mente. Assim, a hipótese é basicamente uma forma de fantasia ou de pensamento construtivo cuja validade tem de ser continuamente testada para os fatos observados. (BOHM, 2011, p. 52)

Se as hipóteses são testadas e confirmadas, passam a fazer parte da teoria que está sendo desenvolvida. Em casos negativos, elas são descartadas e novas hipóteses são criadas e testadas. “[...] Assim, uma percepção profunda de importância universal, tal qual essa de Newton, poderá conduzir a um

² Das novas ideias, provenientes da revolução científica.

desenvolvimento infinito de hipóteses cada vez mais detalhadas” (BOHM, 2011, p.51)

É importante destacar que os dois extremos criativos apresentados (percepção e fantasia imaginativa) compõem uma mesma esfera de pensamento, sendo comumente encontradas juntas quando há algum ato que envolva imaginação. O que difere, portanto, é a ênfase dada a um dos extremos dependendo da situação.

Percepção e fantasia, na verdade, nunca estão separadas. Estão ambas presentes em cada etapa (mesmo com relação a experiência e observação, um nível considerável de percepção é necessário para ver o que realmente um fato significa). Entretanto, em qualquer caso específico, há um grau diferente de ênfase em cada um dos extremos. Assim, na percepção de Newton a respeito do conceito básico de gravitação universal, a parte relativa à percepção estava muito mais em destaque do que a ação envolvida na proposta da hipótese da lei do quadrado do inverso. (BOHM, 2011, p.52)

Diante do exposto, percebe-se que a fantasia imaginativa envolve processos de reinterpretação e adaptação dos conceitos já compreendidos pelo indivíduo. No ensino, essa característica é notada, por exemplo, nos métodos mecânicos de resolução de problemas apresentados nos manuais didáticos, onde se faz necessário que o aluno aplique os conceitos estudados em diversas situações, mas sempre a partir da adaptação do que o mesmo conhece sobre a teoria.

3 METODOLOGIA

Nesta seção é apresentado o tipo de pesquisa realizada nessa monografia, expondo o instrumento de coleta utilizado para obtenção de dados e descrevendo como se efetuou a aplicação do mesmo.

Diante dos objetivos propostos por este trabalho, optou-se por realizar, prioritariamente, um estudo de caso de caráter qualitativo, partindo da compreensão de que a temática em questão necessita de uma análise que considere as particularidades e contexto de onde se realiza a pesquisa. “O interesse, portanto, incide naquilo que ele³ tem de único, de particular, mesmo que posteriormente venham a ficar evidentes certas semelhanças com outros casos ou situações” (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p.17).

De acordo com Yin, o estudo de caso consiste no tipo de investigação “empírica e compreende um método abrangente, com a lógica do planejamento, da coleta e da análise de dados. Pode incluir tanto estudos de caso único quanto de múltiplos, assim como abordagens quantitativas e qualitativas de pesquisa” (VENTURA, 2007, p.384)

O presente trabalho, além de apresentar um estudo múltiplo, busca fazê-lo a partir de uma abordagem qualitativa, tendo em vista que essa última “é o que se desenvolve numa situação natural, é rico em dados descritivos, tem um plano aberto e flexível e focaliza a realidade de forma complexa e contextualizada.” (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p.18)

Como instrumento de pesquisa, optou-se por fazer uso de questionários para coleta de dados.

O questionário pode ser definido como uma técnica para obtenção de informações sobre sentimentos, crenças, expectativas, situações vivenciadas e sobre todo e qualquer dado que o pesquisador(a) deseja registrar para atender os objetivos de seu estudo. Em regra geral, os questionários têm como principal objetivo descrever as características de uma pessoa ou de determinados grupos sociais. (OLIVEIRA, 2014, p.83)

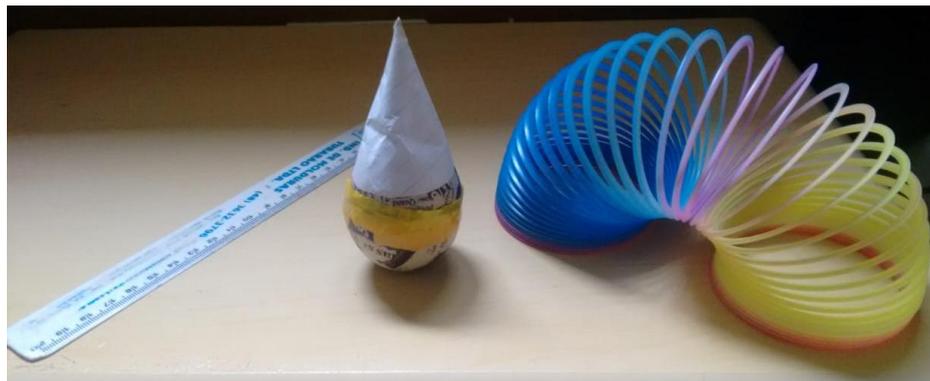
O questionário desenvolvido foi do tipo aberto, contendo oito perguntas, das quais seis estão relacionadas a experimentos apresentados ao

³ O estudo em questão

entrevistado e duas possuem caráter mais geral, envolvendo concepções epistemológicas.

Foram escolhidos três experimentos cujos movimentos poderiam ser modelados a princípio, de maneira aproximada, por um sistema massa-mola. O primeiro experimento foi uma régua apoiada sobre uma superfície de maneira que uma de suas extremidades ficasse livre para “oscilar” com a aplicação de uma força. O segundo foi um “João bobo” colocado para movimentar-se sobre uma superfície. O terceiro experimento fez uso de uma mola do tipo “slinky”, onde a mesma era mantida esticada na vertical e em seguida era solta para observação de seu movimento de queda. A figura abaixo apresenta os objetos utilizados para os experimentos:

Fotografia 1 – objetos utilizados nos experimentos



Fonte: autor.

O questionário foi aplicado durante o primeiro semestre de 2019 com alunos do curso de Licenciatura em Física do CAA de períodos variados, sendo o único pré-requisito que os mesmos tivessem cursado a disciplina de Fundamentos de Física III (pois é onde se estuda os conceitos sobre oscilação). A interação com os alunos ocorreu individualmente, em horários onde os mesmos não estavam em aula.

Inicialmente mostraram-se os três experimentos ao entrevistado. Em seguida foram lidas as questões e esclarecidas quaisquer dúvidas que tenham surgido com relação à interpretação das perguntas. Os alunos tinham o tempo que desejassem para responderem o questionário, de forma que alguns entregaram as respostas em dia posterior ao da aplicação.

Após os entrevistados finalizarem os questionários, os mesmos foram coletados e levados para análise. Essa última foi realizada a partir da criação de categorias que auxiliaram no momento de interpretar as respostas dos alunos.

O processo de categorização é aqui entendido como uma atividade de “comparação constante entre as unidades definidas no processo inicial da análise, levando a agrupamentos de elementos semelhantes. Os conjuntos de elementos de significação próximos constituem as *categorias*” (MORAES, 2003, p.197).

Por terem sido criadas após a leitura das respostas contidas nos questionários, as categorias utilizadas para análise podem ser classificadas como *categorias emergentes*, provenientes de um método indutivo de categorização:

[...] Já o método indutivo implica construir as categorias com base nas informações contidas no *corpus*. Por um processo de comparação e contrastação constantes entre as unidades de análise, o pesquisador vai organizando conjuntos de elementos semelhantes, geralmente com base em seu conhecimento tácito, conforme descrevem Lincoln e Guba (1985). Esse é um processo essencialmente indutivo, de caminhar do particular ao geral, resultando no que se denomina as categorias emergentes. (MORAES, 2003, p.197)

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Nesta seção são apresentados os principais resultados obtidos com a aplicação do questionário, fazendo-se uma discussão que relaciona as respostas dos entrevistados com o referencial teórico presente no trabalho.

Para análise das respostas obtidas a partir dos questionários, inicialmente criou-se uma tabela que reuniu, de forma organizada, as principais informações fornecidas pelos entrevistados. A finalidade dessa tabela era proporcionar uma visão ampla e geral de todos os dados coletados de maneira que fosse possível classificar as respostas em categorias e identificar pontos de convergência e divergência nas mesmas. Os questionários foram rotulados, arbitrariamente, com numeração de 1 a 4, sem identificação dos alunos que os responderam.

A primeira etapa da análise consistiu em explorar as perguntas de número 1 a 6 (ver apêndice A), referentes aos experimentos expostos. As respostas fornecidas pelos alunos apresentaram características que puderam ser reunidas e categorizadas de acordo com a percepção do mesmo sobre o modelo (massa-mola) e os fenômenos em questão (régua, João bobo e mola “slinky”). Podem-se classificar as respostas em dois grandes grupos: aquelas que adequaram o modelo aos experimentos, e as que não o fizeram.

A partir dessas duas classificações gerais, surgiram subcategorias que apresentam as justificativas declaradas para adequação, ou não, do modelo ao experimento. Nos casos em que ocorre a aplicação do modelo, as justificativas manifestam concordância com o grau de criatividade que o aluno demonstra ao estudar o fenômeno fazendo uso de um modelo idealizado.

A figura 1 apresenta de forma esquemática as categorias mencionadas anteriormente.

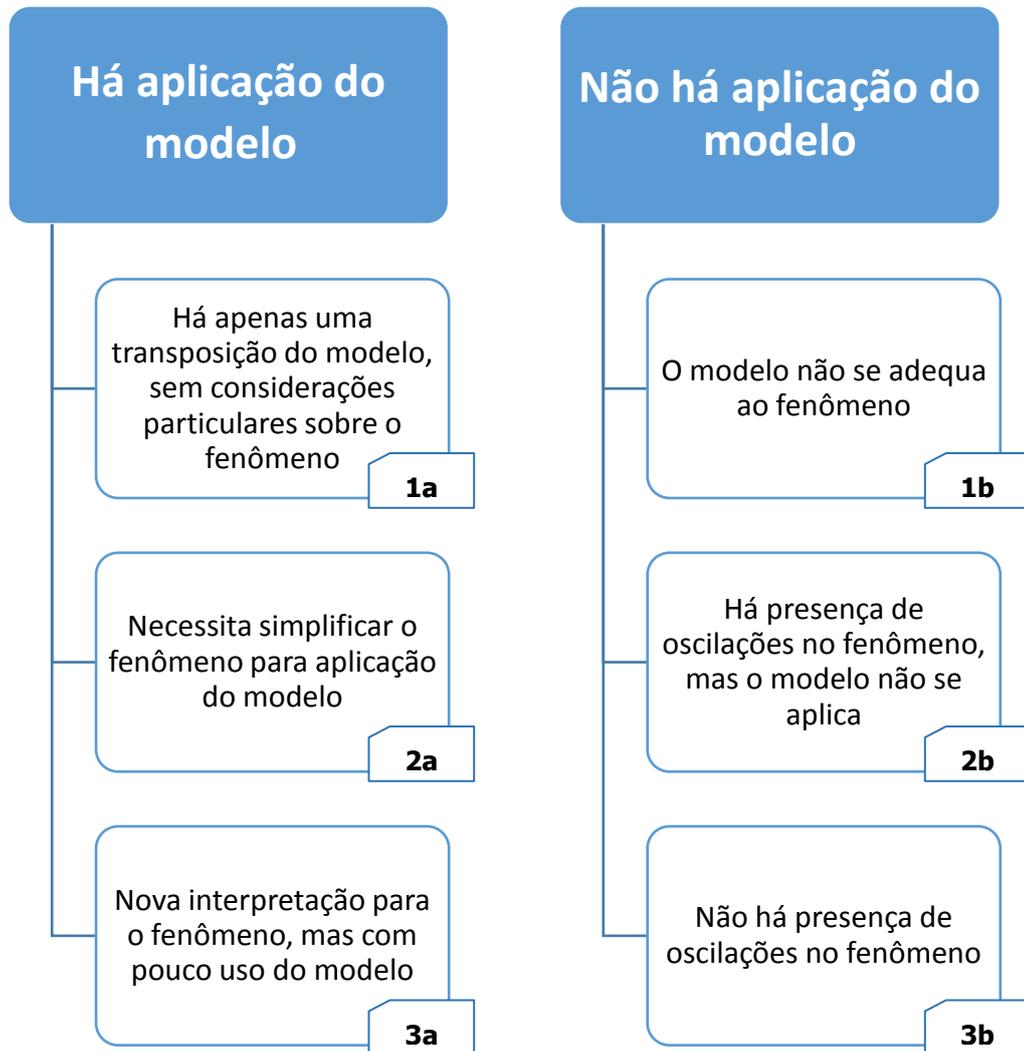


Figura 1: categorização das respostas dos alunos

Inicialmente serão exploradas as categorias que envolvem a aplicação do modelo ao fenômeno, expondo as respostas de alguns alunos que representam adequadamente a classificação em questão.

1a) Há apenas uma transposição do modelo, sem considerações particulares sobre o fenômeno:

Nessa categoria as respostas apresentam baixo grau de criatividade, pois o aluno apenas aplica o modelo ao experimento sem que haja modificações que proporcionem melhor adequação entre eles, como é exposto na resposta seguinte:

Como na própria visualização do experimento, a aplicação do modelo visual em um tipo de oscilação subcrítica e o modelo adotado para uma análise

detalhada seria o movimento harmônico simples: $x(t) = B_1\cos(\omega t) + B_2\sin(\omega t)$. (Aluno 2, questão 2)

Nota-se que o aluno afirma que é possível utilizar o modelo e estudar o fenômeno a partir das oscilações subcríticas, porém, o mesmo não especifica de que forma esse procedimento deve ser realizado. A criatividade, nesse caso, aparece como *fantasia imaginativa*, pois há uma simples transposição do modelo de uma situação para outra, mas com pouca inovação envolvida.

2a) Necessita simplificar o fenômeno para aplicação do modelo:

Aqui a criatividade do aluno apresenta um grau mediano, de forma que o mesmo percebe as especificidades do experimento e limitações do modelo, sendo necessário realizar algumas adaptações para que seja possível o estudo do fenômeno:

Assim como na régua, analisa-se um ponto no corpo do João bobo, optando-se também pelo ponto de vista ideal (simples) ou real (amortecido). Essa análise, para as duas opções, necessariamente deve-se considerar o movimento planar das oscilações, pois os “giros” realizados em consequência de outras forças necessitariam de uma análise mais completa. (Aluno 1, questão 4).

No experimento em questão, o aluno identifica as limitações do modelo e ajusta o objeto para que seja possível visualizar as oscilações em um plano, de forma a simplificar o fenômeno que ocorre em três dimensões. A criatividade expressa pelo estudante apresenta algumas características que vai além da simples transposição do modelo, no entanto, ainda trata-se, essencialmente, de uma reinterpretação do modelo teórico e de conceitos que o aluno já possuía. Sendo assim, pode-se classificá-la como *fantasia imaginativa*.

3a) Nova interpretação para o fenômeno, mas com pouco uso do modelo:

Apesar do modelo não ser adaptado (em sua totalidade) ao experimento, a criatividade apresentada possui elevado grau, pois o aluno interpreta o fenômeno de uma maneira relativamente nova, possibilitando novas abordagens no estudo:

O modelo que aplicaria seria “massa mola”. Não percebi oscilações. No experimento houve uma perturbação do equilíbrio da mola e quando é solta na vertical, a tendência é voltar para seu estado original, a explicação para que ela se comporte daquele estado, acredito que esteja relacionado com a velocidade da informação. (Aluno 2, questão 6).

O aluno não identifica a presença de oscilações no experimento, porém afirma que pode ser aplicado o modelo apresentado. O aspecto inovador está na percepção de que para a mola se comportar daquela forma, deve-se considerar a velocidade da informação que é transportada na mesma durante da queda. Ou seja, o aluno ressignifica o fenômeno de forma a surgir uma ideia que está além do modelo teórico em questão. Esse tipo de visão, a princípio, pode ser classificado como *percepção imaginativa*.

Com relação às categorias nas quais não há aplicação do modelo ao experimento, são apresentadas as análises abaixo.

1b) O modelo não se adéqua ao fenômeno:

Há a justificativa de que não é possível utilizar o modelo, pois o mesmo não se aplica ao experimento em questão:

Não. Pois no experimento percebo que o centro de massa está fixo, está centrado, como deve ser é um único ponto. Logo, a massa do brinquedo não oscila. Portanto, o modelo parece-me não ser adequado para este caso. (Aluno 3, questão 3)

2b) Há presença de oscilações, mas o modelo não se aplica:

O aluno identifica algum tipo de oscilação presente no fenômeno, mas não faz a adequação do modelo ao experimento:

“Não. Mesmo que tenha movimento oscilatório, mas [não] se encaixa ao modelo massa mola, o qual tem um elemento que se deforma em relação a um eixo onde não há no experimento João bobo.” (Aluno 4, questão 3).

3b) Não há presença de oscilações no fenômeno:

Nessa categoria, o aluno ao analisar o fenômeno não observa a presença de algum tipo de oscilação, mesmo que de forma aproximada:

“Não. A princípio, o fenômeno não parece ser repetitivo, que é característica principal de fenômenos oscilantes. Diferente do que é sugerido pelo modelo, onde o bloco oscila diversas vezes até chegar em equilíbrio.” (Aluno 3, questão 5).

Nessas três categorias apresentadas anteriormente, a criatividade do aluno não se torna evidente, pois não há resignificação do modelo teórico para sua adaptação aos experimentos.

A tabela a seguir foi construída a partir da análise das questões de 1 a 6 (Q1 a Q6) respondidas pelos alunos, a fim de classificar as respostas nas categorias apresentadas anteriormente. O “x” especifica em qual categoria a resposta de cada questão se encaixa. Em seguida, há um gráfico que sintetiza os resultados obtidos.

	Aluno 1						Aluno 2					
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
Categoria												
1a	X						X	X	X	X	X	
2a		X	X	X								
3a												X
1b					X							
2b												
3b						X						
	Aluno 3						Aluno 4					
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
Categoria												
1a	X						X	X			X	
2a		X				X						X
3a												
1b			X	X					X	X		
2b					X							
3b												

Figura 2: tabela classificativa das questões

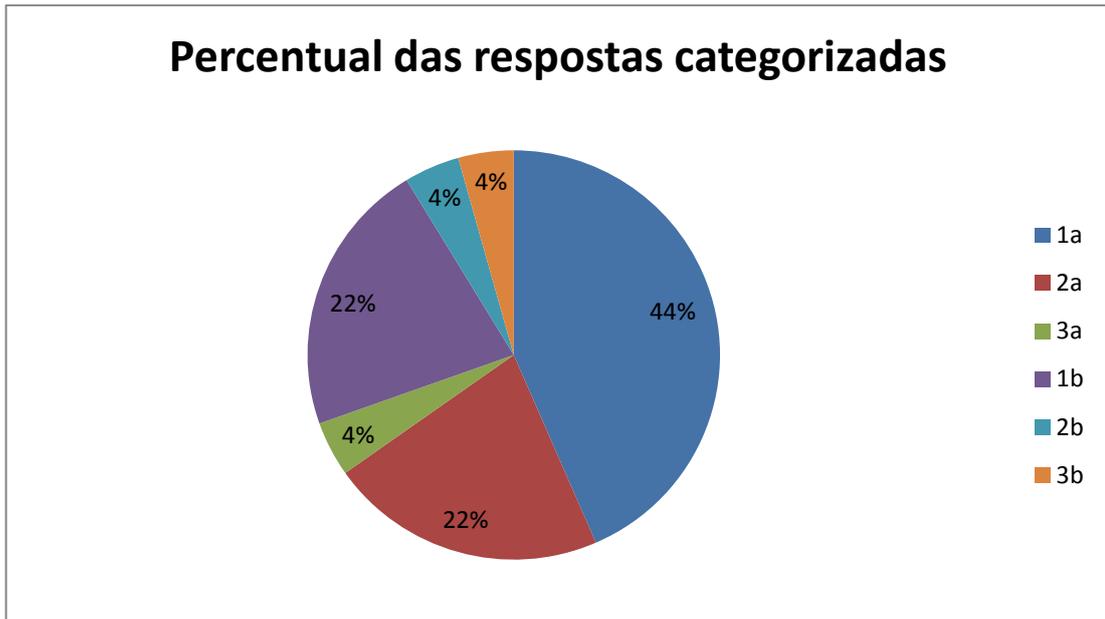


Figura 3: Gráfico das respostas categorizadas

Com base nos resultados, pode-se observar que a maior parte das questões respondidas pelos alunos se enquadraram na categoria em que há apenas uma transposição do modelo para o fenômeno, sem maiores considerações sobre ambos (categoria 1a). Em seguida, aparecem as categorias “necessita simplificar o fenômeno para aplicar o modelo” (categoria 2a) e “o modelo não se adequa ao fenômeno” (categoria 1b). Esses resultados indicam que durante a formação cartesiana à qual os estudantes são submetidos, eles desenvolvem maior habilidade em trabalhar com problemas de maneira direta, com aplicação (ou não) dos conceitos estudados. Um dos fatores que pode ter influência sobre este quadro é a frequente utilização de listas de exercícios e provas tradicionais durante as disciplinas de Física, onde é cobrado do aluno apenas o emprego dos conteúdos vistos. Dessa forma, torna-se evidente um pensamento criativo que mais se aproxima da *fantasia imaginativa* defendida por Bohm.

Na segunda etapa da análise, investigaram-se as respostas provenientes das questões de número 7 e 8 (ver apêndice A).

De acordo com os conceitos apresentados no referencial teórico deste trabalho, podem-se notar algumas relações importantes entre as classificações do ato criativo e os paradigmas da ciência. O quadro abaixo sintetiza essas ideias.

Quadro 1: Relações entre criatividade e paradigma científico.

	Paradigma Cartesiano	Novo Paradigma
Percepção imaginativa (imaginação criativa)	Ocorre ocasionalmente em momentos pontuais. Torna-se evidente nas revoluções científicas.	Está presente de maneira regular, pois é um atributo necessário para lidar com problemas que necessitem de ideias inovadoras.
Fantasia imaginativa (imaginação construtiva)	Aparece frequentemente, principalmente através das hipóteses. Está vinculado ao período de ciência normal.	É parte importante do processo de estudo, porém não leva a novas descobertas demandadas pelo paradigma.

Com relação à questão 7, as respostas fornecidas pelos alunos, em sua maioria, apresentaram ser um procedimento aceitável adequar novos fenômenos, mas tendo em mente que os modelos utilizados são idealizações que podem não fornecerem todas as informações sobre a situação em estudo. Apenas um aluno afirmou que não era possível adequar os modelos aos fenômenos, sob a justificativa de que as teorias e modelos são idealizações que desconsideram alguns elementos do sistema em estudo:

Não, porque as teorias e modelos são, geralmente ou quase sempre, explicações idealizadas, as quais sempre são desprezadas diversos elementos que influenciam no experimento. (Aluno 4, questão 7).

Apesar de haver uma divergência nas respostas, todas exibiram a noção de que os modelos (e teorias) estudados consistem em alguma forma de abstração que não reproduz a totalidade da realidade, ou seja, os alunos manifestaram possuírem consciência das limitações da Ciência na compreensão de fenômenos, sendo esta concebida como uma das possíveis maneiras de interpretar o mundo.

Sobre a questão de número 8, dois dos alunos responderam que a utilização de ideias próprias por parte do cientista/pesquisador pode ser visto como

algo positivo, desde que elas sejam bem exploradas. Um dos alunos apresentou que se deve estudar o fenômeno sempre a partir do desenvolvimento lógico da teoria, pois ideias próprias podem acabar atrapalhando a situação analisada. A seguir são apresentadas as respostas que exemplificam o que foi exposto anteriormente:

Acredito que o pesquisador não deve se limitar e/ou se prender a métodos, pois pode atrapalhar o desenvolvimento do estudo dos sistemas físicos que o mesmo está estudando (aluno 3, questão 8)

É importante sempre seguir o desenvolvimento lógico que a teoria explica, para que não seja guiados pelas suas próprias ideias ou raciocínios, visto que o fenômeno não depende de suas ideias. (aluno 4, questão 8)

As divergências observadas podem ser provenientes das visões epistemológicas dos estudantes com relação ao trabalho científico, sendo possível identificar duas vertentes: uma que apresenta a Ciência de uma forma mais flexível, aberta a novas ideias provenientes da criatividade do indivíduo, e outra mais rígida e que sofre pouca influência do pesquisador que realiza o estudo.

A primeira vertente, por permitir que a criatividade (entendida como *percepção imaginativa*) do cientista/pesquisador esteja presente na atividade científica, pode ser identificada com o *novo paradigma*, de acordo com as relações estabelecidas no quadro 1.

A segunda se aproxima do paradigma cartesiano, pois, de acordo com o quadro 1, ideias criativas e originais provenientes do cientista/pesquisador têm pouco espaço na atividade científica, sendo mais frequente o desenvolvimento lógico das conceitos e teorias. Sob esse viés, os atos criativos podem ser identificados como *fantasia imaginativa*.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta seção são apresentadas algumas considerações relevantes sobre a pesquisa realizada, expondo reflexões sobre a temática e apontando as limitações identificadas durante o trabalho.

A presente monografia teve como objetivo principal analisar como os estudantes utilizavam a criatividade para explorar alguns fenômenos. Para tanto, foram aplicados questionários que, de alguma forma, poderiam estimular a imaginação dos estudantes a fim de ressignificarem o modelo e experimentos apresentados. Como aporte teórico, buscou-se relacionar alguns conceitos de Thomas Kuhn sobre paradigmas e as ideias de David Bohm com relação à criatividade, explorando também alguns autores que dialogam sobre uma transição de paradigmas vivenciada nos tempos atuais.

Para coleta de dados, aplicou-se de um questionário aberto com os estudantes de forma a obter informações sobre a percepção dos mesmos com relação ao modelo teórico (massa-mola) e experimentos apresentados. Além disso, o questionário também possuía questões que tratavam das visões de construção da ciência. Os resultados obtidos indicaram que os alunos possuem concepções que mais se aproximam de um paradigma cartesiano da ciência, com ênfases em aspectos criativos voltados para a *fantasia imaginativa*, o que está de acordo com a formação a qual eles são submetidos durante a graduação. Na maioria das questões respondidas, os alunos não exibiram habilidade em ressignificar o modelo teórico, dificuldade essa que pode estar atrelada a frequente aplicação mecânica dos conteúdos estudados.

Como forma de promover um ensino que estimule a criatividade do estudante, uma proposta para melhorar a situação identificada seria a utilização, durante as disciplinas de Física, de atividades que cobrassem do aluno algum tipo de autonomia para resolução de problemas. Como exemplo, podem-se citar práticas que envolvam laboratório aberto ou problemas de cunho interdisciplinar.

Apesar de alguns autores defenderem a transição de paradigmas, o assunto ainda é pouco explorado de forma explícita na graduação, o que acaba contribuindo para reforçar a vertente cartesiana da Ciência, amplamente trabalhada durante o curso. Chamamos a atenção, portanto, para necessidade do debate sobre

essas questões a partir de uma disciplina obrigatória específica (Como História e Filosofia da Ciência), de forma que todos os alunos durante sua formação possam ter contato com esse tipo de discussão.

Essa monografia contribui para promover reflexões epistemológicas sobre paradigmas na Ciência e seus possíveis reflexos sobre a educação, mais especificamente sobre a influência que pode ter nos aspectos criativos dos estudantes, pois foi possível visualizar, a partir das respostas dos mesmos, que há uma tendência em interpretar novos fenômenos sempre de uma mesma forma, com pouco espaço para reinterpretações e ressignificações dos conteúdos estudados.

Por fim, compreendemos que os conceitos explorados e desenvolvidos durante esse trabalho, por se tratarem de temáticas que abordam a Filosofia da Ciência, podem apresentar maior grau de complexidade do que o exposto nessa monografia. Portanto, o não aprofundamento em questões mais pontuais não deve ser interpretado como uma falha dos autores, mas sim como uma forma de tornar mais acessível as discussões presentes.

REFERÊNCIAS

COSTA, M.; BATISTA, I. L. História e filosofia da ciência no ensino de física: o que informam as publicações a respeito das intervenções em sala de aula. In: IV SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2014, Paraná.

BARBOSA, R. G.; BATISTA, I. L. A criatividade como uma referência para discutir as bases da ciência e do seu ensino. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8, 2011, São Paulo. ISBN: 978-85-99681-02-2

BOHM, David. **Sobre a criatividade**. São Paulo: Ed. Unesp, 2011.

BRASIL. **PCN+ Ensino Médio**: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002. 141p.

CAPRA, Fritjof. **A teia da Vida: uma nova compreensão científica dos sistemas**. São Paulo: Editora Cultrix, 2006.

GIL-PÉREZ, D. et al. 2001. Para uma Imagem Não-deformada do Trabalho Científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

GUERRA, A. et al. A interdisciplinaridade no ensino das ciências a partir de uma perspectiva histórico-filosófica. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 15, n. 1, p. 32-46 1998.

KUHN, Thomas S. **A estrutura das revoluções científicas**. Tradução de Paulo Aukar. 3 ed. 1996.

LANGEVIN, Paul. **O valor educativo da História das Ciências**. Revue de Synthèse, tomo VI, n. 1, abr., 1933. Tradução de Regina Prosperi Meyer. Mimeo.

LEITE, T. S. C.; MACHADO, A. A. Paradigmas e transformações epistemológicas: a crise da ciência moderna em Thomas Kuhn e Boaventura de Sousa Santos. **Prometheus**, n. 7, 2011.

LÜDKE, Menga e ANDRÉ, Marli E.D.A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MARTINS, A. F. P. História e filosofia da ciência: há muitas pedras nesse caminho... **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 112-131, 2007.

MASSONI, N. T. **A Epistemologia Contemporânea e suas Contribuições em Diferentes Níveis de Ensino de Física: A Questão da Mudança Epistemológica**. 2010. 412 f. Tese (Doutorado em Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010.

MASSONI, Neusa Teresinha. **Estudo de caso etnográfico sobre a contribuição de diferentes visões epistemológicas contemporâneas na formação de professores de Física**, Dissertação, Porto Alegre, Instituto de Física, UFRGS, 2005.

MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p.191-211, 2003.

MORIN, E. **A cabeça bem-feita**. 8a ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

OLIVEIRA, M. M. de. **Como fazer pesquisa qualitativa**. 6.ed. Vozes, 2014.

OSTERMANN, Fernanda – História e filosofia da ciência no ensino de física. mimeo, Porto Alegre, UFRGS, 2000.

PINTO, A. C.; ZANETIC, J. É possível levar a Física Quântica para o ensino médio? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 16, n. 1, p. 7-34, 1999.

ROBILOTTA, M. R. O cinza, o branco e o preto – da relevância da história da ciência no ensino da Física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, n. especial, p. 7-22, 1988.

ROCHA, S. C. B. da; TERÁN, A. F. **O uso de espaços não-formais como estratégia para o ensino de ciências**. Manaus: UEA Edições, 2010.

ROSA, K.; MARTINS, M. C. A inserção de história e filosofia da ciência no currículo de licenciatura em física da universidade federal da Bahia: uma visão de professores universitários. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.12(3), p. 321-337, 2007.

SANTOS, Boaventura de Sousa. **Um discurso sobre as ciências**. Porto: Afrontamento, 1996.

TAYLOR, John R. **Classical Mechanics**. University Science Books, 2005.

VENTURA, M. M. O estudo de caso como modalidade de pesquisa. **Rev SOCERJ**, 20(3), p. 383-386, 2007.

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO

Questionário aplicado para coleta de dados

“Quase qualquer sistema que é deslocado de uma posição de equilíbrio estável exibe *oscilações*. Se o deslocamento é *pequeno*, as oscilações são quase sempre do tipo chamado harmônico simples. Oscilações, e particularmente oscilações harmônicas simples, são portanto extremamente difundidas. Elas também são extremamente úteis. Por exemplo, todos os bons relógios dependem de um oscilador para regular sua medição de tempo [...]”

(John R. Taylor – *Classical Mechanics*)

Modelo massa-mola

Um sistema consistindo de uma massa presa a uma mola apresenta um movimento que obedece a Lei de Hooke, no qual a força exercida pela mola é dada por (com o movimento restrito ao eixo x):

$$F_x(x) = -kx \quad (1)$$

onde x é o deslocamento em relação à posição de equilíbrio e k uma constante positiva que depende da mola. Esse tipo de força é chamada de *força restauradora*.

Considerando a *figura 1*, a equação de movimento (ou seja, a Segunda Lei de Newton) aplicada ao bloco de massa m , desprezando qualquer atrito envolvido, é dada por:

$$m\ddot{x} = F_x = -kx \quad \text{ou} \quad \ddot{x} = -\frac{k}{m}x = -\omega^2x \quad (2)$$

onde \ddot{x} é a segunda derivada temporal da coordenada x e $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ é a frequência angular na qual o bloco oscila.

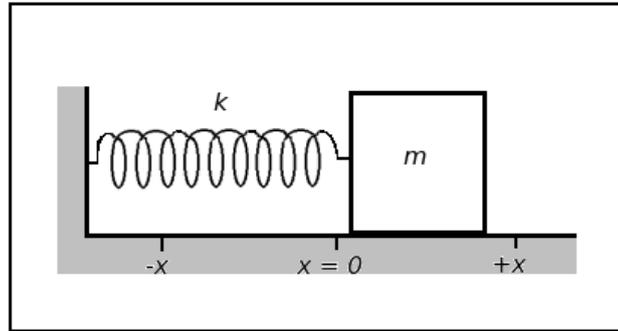


Figura 1: sistema massa-mola

A equação (2) é uma equação diferencial homogênea, linear, de segunda ordem. Resolvendo a equação, chega-se a seguinte solução, em termos de seno e cosseno:

$$x(t) = B_1 \cos(\omega t) + B_2 \text{sen}(\omega t) \quad (3)$$

onde B_1 e B_2 são coeficientes que dependem das condições iniciais do problema. Esse tipo de solução é chamado de *Movimento Harmônico Simples*. Há também situações onde forças resistivas amortecem o movimento, dando origem a três novos tipos de oscilações: *críticas*, *subcríticas* e *supercríticas*.

Questionário para aluno

Caro(a) estudante, diante dos experimentos apresentados, responda:

Sobre o experimento 1 - Régua

1. É possível estudar o fenômeno a partir do modelo apresentado? Explique sua resposta.

2. Explique detalhadamente como aplicar o modelo no experimento em questão.

Sobre o experimento 2 - João Bobo

3. É possível estudar o fenômeno a partir do modelo apresentado? Explique sua resposta.

4. Explique detalhadamente como aplicar o modelo no experimento em questão.

Sobre o experimento 3 - “Slinky drop (mola maluca)”

5. É possível estudar o fenômeno a partir do modelo apresentado?

6. Explique detalhadamente como aplicar o modelo no experimento em questão.

Perguntas Gerais

7. Na sua opinião, a tentativa de adequar uma nova situação à uma teoria e modelo já existente consiste em um procedimento aceitável na Ciência? Caso não seja possível a adequação, o que se deve fazer com o fenômeno e teoria utilizada? Explique sua resposta.

8. O cientista/pesquisador que se utiliza de representações e modelos para obter informações sobre determinado sistema físico ou fenômeno, pode incluir ideias próprias em seus estudos ou deve sempre seguir o desenvolvimento lógico que é proposto pela teoria? Explique sua resposta.
