

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

FACULDADE DE CIÊNCIAS

FILIPÉ PEREIRA FARIA

**EPISTEMOLOGIA E EXPERIMENTOS NOS
CADERNOS DE FÍSICA DO CURRÍCULO DO
ESTADO DE SÃO PAULO**

BAURU – SP

2015

FILIPPE PEREIRA FARIA

**EPISTEMOLOGIA E EXPERIMENTOS NOS
CADERNOS DE FÍSICA DO CURRÍCULO DO
ESTADO DE SÃO PAULO**

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Educação para a Ciência, área de concentração em Ensino de Ciências, Faculdade de Ciências/UNESP - Campus de Bauru - SP, como um dos requisitos para a obtenção do título de Mestre.

Orientador:

Prof. Dr. Marcelo Carbone Carneiro

BAURU – SP

2015

Faria, Filipe Pereira.

Epistemologia e experimentos nos cadernos de física do
currículo do estado de São Paulo / Filipe Pereira
Faria, 2015
120 f.

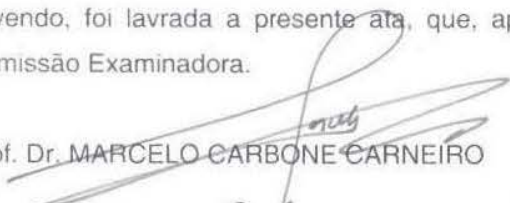
Orientador: Marcelo Carbone Carneiro

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual
Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2015


1. Ensino de Ciências. 2. Epistemologia. 3.
Filosofia da Ciência. 4. Experiência. 5.
Experimentação. I. Universidade Estadual
Paulista. Faculdade de Ciências. II. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE FILIPE PEREIRA FARIA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DO(A) FACULDADE DE CIÊNCIAS DE BAURU.

Aos 27 dias do mês de fevereiro do ano de 2015, às 17:00 horas, no(a) Sala 04 da Pós-graduação da Faculdade de Ciências, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. MARCELO CARBONE CARNEIRO do(a) Departamento de Ciências Humanas / Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação de Bauru, Prof. Dr. JOAO JOSE CALUZI do(a) Departamento de Física / Faculdade de Ciências de Bauru, Prof. Dr. MARCOS RODRIGUES DA SILVA do(a) Departamento de Filosofia / Universidade Estadual de Londrina, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de FILIPE PEREIRA FARIA, intitulado "Epistemologia e Experimentos nos Cadernos de Física do Currículo do Estado de São Paulo". Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.



Prof. Dr. MARCELO CARBONE CARNEIRO



Prof. Dr. JOAO JOSE CALUZI



Prof. Dr. MARCOS RODRIGUES DA SILVA

RESUMO

O objetivo da pesquisa foi analisar os roteiros de experimentação dos Cadernos de Física do Currículo da Secretaria da Educação do Estado de São Paulo e observar no material qual o papel atribuído à experiência/experimentação para construção do conhecimento científico. Para isso, os roteiros selecionados foram analisados à luz de três modelos epistemológicos (empirista, popperiano e kuhniano), buscando extrair elementos dos cadernos que apontassem para as concepções de experiência/experimento apresentadas nos modelos.

Palavras-chave: Ensino de Ciências; Epistemologia; Filosofia da Ciência; experiência; experimentação.

ABSTRACT

The objective of this research was to analyze the experimentation guides of the Physics books from the Education Department Curriculum of the São Paulo State and observe in the material which is the role given to experience/experimentation to the construction of scientific knowledge. For this, the selected guides were analyzed based on three epistemological models (empiricist, popperian and kuhnian), trying to extract elements of the books that pointed to the conceptions of experience/experiment presented in the models.

Keywords: Science Education; Epistemology; Philosophy of Science; experience; experimentation.

Sumário

1. Introdução	8
2. O papel da experimentação na história no ensino de Física no Brasil	12
2.1. O ensino de Física no início do Período Republicano	13
2.2. Período pós-Segunda Guerra Mundial	16
2.3. Da criação dos primeiros grupos de pesquisa em ensino de Física às atuais diretrizes nacionais curriculares para os cursos de Física	21
3. A experiência e a epistemologia	24
3.1. O papel da experiência na Filosofia de David Hume	25
3.2. O papel da experiência na Filosofia de Karl Popper	32
3.3. O papel da experiência na Filosofia de Thomas Kuhn	38
4. A experimentação nos cadernos de Física do Currículo do Estado de São Paulo	47
5. Análise dos roteiros de experimentação selecionados.....	55
5.1. Análise – Roteiro de Experimentação – 1ª série do Ensino Médio	55
5.2. Análise – Roteiro de Experimentação – 2ª série do Ensino Médio	58
5.3. Análise – Roteiro de Experimentação – 3ª série do Ensino Médio	61
6. Considerações Finais	65
Referências	72

APÊNDICE - A

Biografia dos autores dos Cadernos de Física do Currículo do Estado de São Paulo	78
--	----

ANEXO - A

Quadro de conteúdos e habilidades - Currículo de Física	83
---	----

ANEXO – B

Reprodução dos roteiros de Experimentação selecionados – Caderno do Aluno e Caderno do Professor	89
--	----

1. Introdução

Ensinar Física não é tarefa das mais simples. No Brasil, os desafios variam desde a falta de estruturas básicas para as salas de aula até deficiências conceituais na formação dos docentes, isso sem falar no crescente desinteresse dos jovens pelos cursos de licenciatura.

Para muitos pesquisadores, o modo tradicional de como é conduzido o ensino de ciências é um dos principais motivos para esse insucesso (BORGES, 2002; ARRUDA E LABURÚ, 1996; HODSON, 1994; PRAIA; CACHAPUZ; GIL-PEREZ, 2002). A escola brasileira tem se mostrado incapaz de atingir as finalidades expressas nas leis e diretrizes nacionais da educação. Para Borges (2002), prova disso são os resultados dos exames internacionais como o PISA¹, que têm evidenciado deficiências já conhecidas dos sistemas de ensino, e revelam que a crítica direcionada à escola, por uma educação de baixa qualidade, tem fundamento e deve ser enfrentada.

Em busca de mudanças nesse panorama, muitos professores procuram renovar sua prática em sala de aula. Na exercício diário do ensino de Ciências, em especial da Física, um dos assuntos sempre debatidos e defendidos pelos professores é a incorporação de experimentos à metodologia de ensino.²

Segundo Axt (1991) e Hodson (1994), há muito a importância desse tipo de atividade tem, de certa forma, permanecido incontestada no ensino de ciências; e é consenso entre os docentes das disciplinas científicas que deve haver maior espaço para a realização de atividades experimentais em suas aulas. Para esses, inclusive, a melhoria da educação científica estaria vinculada a uma valorização do trabalho experimental.

Para Arruda e Laburú (1996), no ensino de ciências no Brasil, a carência de atividades experimentais é constantemente utilizada como justificativa para a baixa qualidade do ensino dessas disciplinas na educação básica. As dificuldades geralmente enfrentadas para utilização desse recurso vão desde a ausência de laboratórios e aparatos

¹ Programme for International Student Assessment (Programa Internacional de Avaliação de Estudantes). Desenvolvido e coordenado pela OCDE (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico), o PISA tem por objetivo a realização de avaliações comparativas com estudantes de diversos países com o fim de produzir indicadores que possam contribuir para a melhoria da qualidade do ensino nos países participantes. As avaliações do PISA ocorrem a cada três anos e englobam as áreas do conhecimento de Leitura, Matemática e Ciências. No Brasil, a coordenação do PISA é responsabilidade do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) (BRASIL, 2011).

² Informações obtidas a partir das experiências do autor como docente de Física em escolas da rede pública e particular de ensino.

experimentais adequados nas escolas, até o imenso leque de conteúdos a serem desenvolvidos com vistas à preparação dos estudantes para os exames vestibulares.

Outro problema destacado é o completo despreparo dos professores para trabalharem com essas atividades práticas. Para Axt (1991), quanto maior o número de profissionais bem preparados, mais potencialidades do ensino experimental seriam exploradas.

Na pesquisa em Ensino de Ciências, muitos têm se empenhado em caracterizar o ensino desenvolvido nas escolas e a produção acadêmica desenvolvida nessa área (LABURÚ, 2006; HODSON, 1994; ARAÚJO e ABIB, 2003; AXT, 1991). Segundo esses autores, geralmente os experimentos são utilizados com o intuito de motivar os alunos, esclarecer ou verificar teorias e aproximar os estudantes do universo científico. Essas propostas encontradas na literatura e na produção acadêmica refletem as justificativas utilizadas pelos professores para a incorporação das atividades experimentais em sua prática diária.

Entretanto, Arruda e Laburú (1996, p. 15) alertam para um problema:

Se por um lado, isso indica que há alguma percepção da importância da experimentação na ciência, por outro temos observado também que os principais argumentos utilizados pelos professores para justificar a necessidade das atividades experimentais se apoiam majoritariamente em uma concepção de Ciência ultrapassada e há muito tempo criticada pelos filósofos da ciência.

Esses autores definem essa “concepção de ciência ultrapassada” como uma “visão popular de ciência”. Segundo eles, essa concepção se apoia principalmente em dois pressupostos: o primeiro, o de que as leis e teorias científicas existem efetivamente na natureza e que essas podem ser reveladas por meio da experimentação e das medidas realizadas na natureza. O segundo pressuposto é o de que o experimento tem como função a comprovação das hipóteses e teorias científicas, ou seja, uma determinada afirmação pode ser considerada científica se (e somente se) confirmada experimentalmente. Essa visão tradicional de ciências pode ser observada na fala dos professores e de outros profissionais com formação científica.

Outro fator que ocupa destaque na manutenção dessa ordem são livros didáticos e manuais científicos de todos os níveis da educação científica. A exemplo disso, Arruda e Laburú (1996, p.16) citam trechos de alguns desses livros:

Observação e experimentação são o ponto de partida na formulação das leis naturais. A Física, como ciência natural, parte de dados experimentais (NUSSENZVEIG, 1981, apud. ARRUDA E LABURÚ, 1996).

Para descobrir as leis que governam os fenômenos naturais, os cientistas devem realizar medidas das grandezas envolvidas nesses fenômenos (ALVARENGA & MAXIMO, 1979, apud. ARRUDA E LABURÚ, 1996).

É nesse contexto que se insere esta pesquisa.

Muitas propostas didáticas têm sido elaboradas com o intuito de romper com essa concepção minimalista do trabalho científico, buscando articular os saberes trabalhados na escola com a realidade do universo científico, bem como relacioná-los com o cotidiano dos estudantes.

No ano de 2008, a Secretaria da Educação do Estado de São Paulo (SEE/SP), começou a implementar um novo currículo para as escolas da educação básica do Estado. No âmbito do ensino de Física, importantes nomes da pesquisa em ensino dessa disciplina participaram de seu desenvolvimento.³

Nesta pesquisa buscou-se observar as propostas de experimentação apresentadas nos Cadernos de Física (do professor e do aluno) da SEE/SP a luz de importantes nomes da Filosofia da Ciência, com vistas a analisar como a experiência é tratada nesse material, bem como situar epistemologicamente os experimentos trazidos no material nas Escolas públicas do Estado.

Para isso, no capítulo dois é apresentada uma introdução histórica do ensino de Física no Brasil com ênfase em períodos de grande desenvolvimento de iniciativas educacionais. Iniciativas essas, relacionadas às novas diretrizes curriculares e de formação de docentes e também com a produção e implementação de materiais didáticos inovadores.

Na sequência, no terceiro capítulo, são apresentadas as concepções a respeito do papel ocupado pela experiência na visão de três importantes nomes da Teoria do Conhecimento e da Filosofia da Ciência (David Hume, Karl Popper e Tomas Kuhn) sob os quais são analisadas as propostas experimentais do material da SEE/SP.

No quarto capítulo é apresentada a estrutura dos Cadernos do Currículo da SEE/SP, sua divisão temática, os experimentos propostos em todos os cadernos e uma visão quantitativa dos experimentos propostos no material. Nesse capítulo ainda, são

³ Constam como autores da área de Física os seguintes nomes: Luis Carlos de Menezes, Estevam Rouxinol, Guilherme Brockington, Ivã Gurgel, Luís Paulo de Carvalho Piassi, Marcelo de Carvalho Bonetti, Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira, Maxwell Roger da Purificação Siqueira, Sonia Salem e Yassuko Hosoume (São Paulo, 2008). No APÊNDICE - A deste trabalho encontra-se o resumo bibliográfico de cada um desses autores.

apresentadas as categorias sob as quais serão analisados, no quinto capítulo, os três roteiros de experimentação selecionados (um de cada série do ensino médio).

2. O papel da experimentação na história no ensino de Física no Brasil

Uma análise histórica a respeito do papel do ensino experimental no ensino da Física no Brasil requer a busca por bibliografias que apresentem diferentes períodos e aspectos da educação científica no país. Ressalta-se a dificuldade de se analisar esse processo de desenvolvimento, em virtude de ser algo de maior complexidade do que qualquer compilação de registros poderia expressar; e envolveria, certamente, outros acontecimentos importantes que poderiam ser inconscientemente deixados de lado. Entretanto, essa tarefa pode representar uma importante reflexão a respeito das raízes do ensino e dos projetos didáticos desenvolvidos atualmente.

Sendo o foco deste trabalho as atividades didáticas experimentais, escolheu-se dedicar maior atenção nessa introdução histórica ao período Republicano, em especial a uma fase de grande efervescência no ensino de ciências no Brasil, o período pós-Segunda Guerra Mundial, no qual houve o advento de novas propostas estrangeiras que viriam a modificar a forma como se ensinava Física no país.

Aos interessados em outros períodos e aspectos do ensino de Física no Brasil, recomenda-se a leitura dos textos: “A evolução do Ensino de Física no Brasil”⁴ de João Batista de Almeida Junior; “A Física no Brasil”⁵ de Shozo Motoyama e o Livro “As ciências no Brasil” organizado por Fernando Azevedo, entre outras inúmeras publicações importantes sobre o tema.

Neste trabalho, buscou-se uma bibliografia que corroborasse a investigação, destacando aspectos importantes dos períodos julgados como cruciais para o desenvolvimento do ensino de Física no Brasil, em especial da implementação de novos materiais didáticos até o estabelecimento de novas metodologias de ensino e de novos parâmetros para a formação de professores de Física hoje. Para isso, foi selecionado, entre outros, o texto de Barra e Lorenz (1986) que descreve o panorama da produção dos materiais didáticos destinados ao ensino das ciências no Brasil entre os anos de 1950 e 1980. Além desse, foram selecionados também, textos complementares que tratam de aspectos mais específicos da educação brasileira, em especial, da formação dos primeiros grupos de Pesquisa em Ensino de Física no Brasil e das atuais diretrizes para a formação de professores de Física.

⁴ Publicado em duas edições da Revista de Ensino de Física nos anos de 1979 e 1980, no qual o autor descreve desde o período do Brasil Colônia importantes personagens da Física e do Ensino de Física no país.

⁵ Capítulo do livro “História das Ciências no Brasil, vol. 1” (Org: Ferri, M. G e Motoyama, S.).

2.1. O ensino de Física no início do período republicano

No que diz respeito ao ensino, o período imperial no Brasil deixaria o legado de uma educação voltada para a elite, cujo descaso resultava em uma parcela de 85% da população ainda analfabeta (TEIXEIRA, 2012). Tal fato demandava das autoridades da nova República Federativa uma postura mais incisiva em relação à educação pública, entretanto a mudança política pouco influenciara o ensino no Brasil, como se percebe nas palavras de Nagle (1974):

Na prática, portanto, de pouco valeu a passagem do Império para a República, duas formas doutrinariamente diversas de organização do Estado, bem como de pouco valeram as pregações dos propagandistas e idealizadores da República a respeito da instrução, pois, com essa passagem, permaneceram os mesmos princípios adotados no regime anterior, especialmente o descaso com relação à educação popular, que foi o aclamado instrumento do novo regime (NAGLE, 1974, p. 283).

Uma das primeiras reformas do ensino público no Brasil Republicano foi idealizada por Benjamim Constant Botelho de Magalhães, ministro da instrução à época. Constant, influenciado pelas ideias de Auguste Comte⁶, instituiu o decreto nº 891, de 8 de novembro de 1890; norma essa que reformava desde a instrução primária até o ensino superior, rompendo, aparentemente, com o perfil de ensino que priorizava as ciências humanas, incluindo em seu escopo, disciplinas científicas ditas fundamentais, obedecendo a fragmentação dos saberes inspirada no positivismo (ALMEIDA JÚNIOR, 1980, p. 47).

Tal reforma, embora inspirada nesses ideais de valorização científica, não impulsionou o ensino de ciências, uma vez que a diversidade de disciplinas resultava em um currículo demasiadamente extenso, outro fato que causava prejuízo às matérias científicas. No tocante ao ensino de Física, embora as aulas se resumissem a noções gerais (sem atividades práticas e experimentais), exigia-se elevada capacidade de cálculo e de abstração, por vezes inadequadas à idade dos estudantes.

Posteriormente, buscou-se regulamentar os chamados “exames terminais”, os quais eram requisitos para o ingresso nos cursos superiores, prejudicando mais uma vez as matérias científicas, visto que, quando não eliminadas do referido exame, eram cobradas na forma oral em tempo exíguo. Ainda, buscou-se, outrossim, equiparar os institutos

⁶ Auguste-Marie-François-Xavier Comte, nascido em 19 de Janeiro de 1798 em Montpellier (França). Filósofo fundador da corrente filosófica do Positivismo que, em oposição ao racionalismo e ao idealismo, entendia que a verdadeira atividade científica só poderia ter origem nos dados concretos (positivos) da experiência sensível. Dessa forma, a filosofia de Comte nega à ciência a capacidade de investigação das causas últimas dos fenômenos (sociais ou naturais), sendo que esta deveria estar voltada para a descoberta das leis encontradas nos fatos observados.

oficiais ao Ginásio Nacional (Colégio de Pedro II), com o intuito de se obter privilégios e direitos; o que beneficiou, em parte, o desenvolvimento do ensino experimental, em que pese a rigidez imposta à sua concretização, limitando a capacidade de ação das escolas a desenvolverem seus próprios métodos (ALMEIDA JÚNIOR, 1980, p. 48).

No início do período republicano, portanto, mesmo com as tentativas de inovação inspiradas nos ideais comteanos, o ensino secundário prosseguia sendo voltado para o direcionamento do estudante ao ensino superior. Nesse período inclusive, embora fossem criadas novas faculdades no campo das ciências exatas⁷, reinava - como ainda reina - a mentalidade da busca pelo diploma como forma de afirmação social. E, em meio a todas essas dificuldades, nenhuma atenção era concedida à formação de docentes capazes de alterar essa situação do ensino de ciências.

Mais adiante, o panorama começava a ser alterado, especialmente com a transferência da responsabilidade sobre a educação para os estados. Em São Paulo, por exemplo, com o advento da lei nº 1750, de 8 de dezembro de 1920, que reformava a Instrução Pública no Estado, foram especificados os conteúdos das diversas áreas, incluindo a área de “*Sciencias physicas e naturaes*”, a serem ministrados nas escolas paulistas. Destaca-se no Decreto nº 3.356, de 31 de Maio de 1921, que regulamentava a referida lei, uma preocupação específica com:

- as metodologias a serem utilizadas no ensino de ciências:

Artigo 103. - Nas escolas primarias, o methodo natural do ensino é a iutição, a lição de cousas, o contexto da intelligencia com as realidades que se ensinam, mediante a observação e a expermintação, feitas pelos alumnos e orientadas pelo professor. São expressamente banidas da escola as tarefas de mera descrição, os processos que appellem exclusivamente para a memoria verbal, a substituição das cousas e factos pelos livros, que se devem apenas usar como auxiliares do ensino.

Artigo 201. - Os programmas destas disciplinas serão organizados com lições pelos respectivos professores, e submettidos, por intermedio do director da escola, ao director geral da Instrucção Publica, para os approvar, si obedecerem á orientação do ensino no curso normal e si comprehenderem, respectivamente:

8.º - *Sciencias physicas e naturaes*: noções de physica e chimica, de anatomia e physiologia humanas de zoologia, botanica e minoralogia, apprendada, sobretudo, pela observação e pela experiência; applicação á hygiene e á vida pratica;⁸ (SÃO PAULO, 1921).

⁷ No início do período republicano destaca-se a criação de algumas faculdades de Engenharia, em especial: a Escola Politécnica em São Paulo (1893), a Escola de Engenharia do Mackenzie (1896) e a Escola de Engenharia de Porto Alegre (1896).

⁸ Nesses trechos selecionados, buscou-se manter a ortografia original do texto encontrado nos arquivos da Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo.

- e com a necessidade de material:

Artigo. 105 - Para a applicação integral do methodo intuitivo, cada escola será provida do material necessário, formulado o professor, com a cooperação dos alumnos, collecções do objetos naturaes e artificiaes, principalmente do Brasil, correspondentes ao gênero do seu ensino (SÃO PAULO, 1920).

Embora com a aparente pujança dessa regulamentação, sua aplicação acabava sendo inócua devido à falta de fiscalização eficiente e principalmente a carência de professores habilitados para tal tarefa.

A perspectiva em relação a formação de professores começaria a ser alterada em 1934 com a criação da Universidade de São Paulo (USP), que surgia da união entre a recém fundada Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras e as já existentes Faculdade de Direito (1827), Escola Politécnica de São Paulo (1893), Faculdade de Farmácia e Odontologia (1898), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (1901) e da Faculdade de Medicina (1912) (CAMPOS, 1954).

Nas faculdades de Filosofia, como a da Universidade de São Paulo, pretendia-se principalmente preparar pesquisadores e professores secundários, dentre os quais, os professores de Física. Algo que dificultava, entretanto, a formação dos professores era que nos cursos das disciplinas científicas, como a Física, os poucos investimentos que existiam eram direcionados quase que exclusivamente aos projetos de pesquisas aplicadas - ditas experimentais - em detrimento da causa docente. Tal dificuldade prejudicava a preparação dos futuros mestres.

De forma mais restrita, essa perspectiva a respeito da formação de professores de Física no estado de São Paulo, no início do período republicano, pode ser ampliada para os demais estados da federação nos quais ecoava também o baixo número de diplomação de professores, além de uma formação deficitária, resultando em docentes com carências conceituais básicas, fato evidenciado pela mínima aprovação nos concursos direcionados ao provimento das vagas de professores (ALMEIDA JÚNIOR, 1980, p. 64).

Após os anos 30, havia uma tendência a uma mudança de mentalidade devido ao anseio por acelerar o processo de industrialização; assim surgia a necessidade de preparar professores capazes de formar alunos que atuassem nesse processo. Mas as preocupações não refletiam, por ora, nos métodos adotados, conseqüentemente não alterando o panorama do ensino no Brasil, como argumenta Werebe (1966):

Em relação aos métodos de ensino predomina, em nossas escolas, a exposição didática, na pior de suas formas. Os professores expõem a matéria durante as aulas e os alunos estudam nos apontamentos ou, o que é mais frequente, nos manuais escolares. [...] As matérias são geralmente ensinadas como se constituíssem campos isolados do conhecimento [...], decorrendo daí uma compartimentalização na mente do aluno. [...] Os programas, que já têm ambições enciclopédicas, tornam-se, assim demasiado extensos [...], um amontoado exaustivo de noções, onde se confundem as fundamentais e as secundárias. [...] As bibliotecas, quando existem, são geralmente pobres, limitando-se via de regra a reunir manuais didáticos. [...] Os laboratórios, na maioria das escolas, são mal aparelhados, pobres de material, não sendo possível aos professores ir muito além de umas poucas demonstrações feitas diante da classe. Em geral, não há tempo para verificar as incompreensões, as noções mal assimiladas, quando um controle nesse sentido, estabelecido sistematicamente, constituiria a real medida do rendimento escolar (WEREBE, 1966, p. 150-152).

2.2. O ensino de Física pós-Segunda Guerra Mundial

Após a Segunda Guerra Mundial a situação do ensino de Física no Brasil sofreu alterações. De acordo com Krasilchik (2000, p. 85), em todo o mundo, em decorrência da crescente valorização da Ciência e da Tecnologia tendo em vista o desenvolvimento econômico, social e cultural, o ensino das disciplinas científicas crescia também em importância. A pesquisa feita por Barra e Lorenz (1986) ajuda a compreender aspectos importantes do ensino de física, em especial do ensino experimental no período compreendido entre o fim da Segunda Guerra até o início dos anos 80.

Segundo esses autores, desde o estabelecimento do ensino público no Brasil em 1838 até metade do século XX, os manuais científicos adotados no país, de origem principalmente europeia, eram os responsáveis pela estruturação do currículo do ensino de ciências nas escolas. Tais manuais, nos diferentes períodos históricos, caracterizavam a filosofia do ensino de ciências servindo de guia para o estabelecimento dos conteúdos das disciplinas e orientando inclusive as metodologias de ensino a serem empregadas pelos professores. Essa bibliografia, entretanto, trazia escasso rol de atividades a serem trabalhadas pelos alunos, e eram compostas basicamente de instrução informativa de cunho excessivamente teórico (BARRA e LORENZ, 1986, p. 1971).

Esse panorama começaria a ser alterado no ano de 1946 com a criação do Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBCEC), representante da UNESCO no Brasil, que tinha como principal finalidade fomentar a formação dos estudantes brasileiros no âmbito das ciências e atuação voltada principalmente para a elaboração de material de apoio didático (BARRA e LORENZ, 1986, p. 1971).

Destaca-se do trabalho do IBECC a confecção de livros-textos e material de apoio para atividades experimentais que eram adquiridos pelos governos estaduais e federal e posteriormente doados para as escolas. Em 1955, com uma mudança administrativa, o IBECC passou a desenvolver o projeto “Iniciação Científica”, direcionado aos estudantes dos níveis primário e secundário. O projeto envolvia a produção de kits com materiais experimentais, manual de instruções para a realização dos experimentos e folhetos com leituras complementares. Segundo Barra e Lorenz (1986, p. 1972):

Os kits: visavam capacitar os alunos, mesmo fora do ambiente escolar, a realizar experimentos e aprender a solucionar problemas por si próprios. Esperava-se que através das atividades propostas nos kits os alunos desenvolvessem uma atitude científica quando confrontados com problemas.

Nesse período as atividades do IBECC eram financiadas por fundações estrangeiras como a Fundação Rockefeller (caracterizada por promover a filantropia em outros países com projetos de incentivo à saúde pública, ao ensino e a pesquisa) e a Fundação Ford (criada para - segundo seus fundadores - fomentar programas de redução da pobreza e de promoção da democracia).

Nessa época, iniciava-se o que ficou conhecida como “Corrida Espacial”⁹ entre os Estados Unidos e a então União Soviética. Tal corrida motivava em todo mundo, especialmente nos países ocidentais, uma reformulação do ensino de ciências buscando impulsionar o desenvolvimento tecnológico. Desse movimento, que envolvia a participação de cientistas, professores e especialistas em educação, emergia a criação de projetos de ensino inovadores, com vistas a responder a crescente evolução tecnológica soviética.

No campo do ensino de Física, destacam-se os projetos americanos *Physical Science Curriculum Study*¹⁰ (PSSC) e *Harvard Project Physics*¹¹, e iniciativas na Inglaterra financiadas pela Nuffield Foundation¹².

De acordo com Barra e Lorenz (1986):

A característica comum a todos esses materiais curriculares desenvolvidos nos dois países foi a ênfase dada à vivência do processo de investigação científica pelo aluno. Os alunos participavam em atividades que lhes possibilitavam, assim,

⁹ Disputa ocorrida na segunda metade do século XX entre os Estados Unidos e a União Soviética. Envolve esforços tecnológicos, dentre os quais: lançamento de satélites artificiais (destaque para o lançamento em 1957 do primeiro satélite artificial da Terra, o Sputnik pela URSS), voos espaciais e viagens tripuladas à Lua com vistas à demonstração de superioridade bélica e tecnológica, entre outras.

¹⁰ <http://libraries.mit.edu/archives/exhibits/pssc/>

¹¹ <https://archive.org/details/projectphysicscollection>

¹² <http://www.nuffieldfoundation.org/practical-physics>

“praticar” ou “fazer” ciências pelo chamado “método científico”. Argumentou-se que, ao fazer ciência e envolver-se no processo científico, o aluno teria mais condições de desenvolver sua capacidade de raciocinar e sua habilidade de identificar e solucionar problemas não só em sala de aula como também na vida diária (BARRA e LORENZ, 1986, p. 1973)

O reflexo desse movimento na educação brasileira seria percebido pelos rumos tomados pelo IBECC com a adaptação dos materiais americanos e a posterior venda e distribuição dos mesmos. Entretanto, o sistema brasileiro de ensino na época, com seu currículo padrão, atravessava a implantação das propostas de ensino estrangeiras trazidas pelo IBECC (BARRA e LORENZ, 1986, p. 1973).

Em 1961 houve a aprovação da lei nº 4024, a primeira Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), que ampliava significativamente o papel das ciências no currículo escolar, passando essas a figurarem desde o primeiro ano do ginásio e com boa ampliação da carga horária das disciplinas como a Física no curso colegial (KRASILCHIK, 2000, p. 86). Tal lei, inclusive, fornecia maior autonomia aos estados e municípios e diminuía a centralização do MEC. Dessa forma, o IBECC pôde enfim difundir no Brasil os materiais já utilizados em outras partes do mundo (BARRA e LORENZ, 1986, p. 1973).

Esses materiais haviam sido elaborados na perspectiva da ciência como uma construção feita a partir de processos investigativos. Acreditava-se, assim, que os manuais e objetos didáticos, além das instruções metodológicas, poderiam promover uma transformação no ensino de ciências no Brasil, modificando a forma de trabalho dos professores e a relação dos estudantes com o conhecimento científico.

No campo da Física, por exemplo, entre os anos de 1961 e 1964, o IBECC traduziu os textos e atividades do PSSC. Concomitantemente, houve também o investimento na fabricação dos materiais de laboratório necessários para a realização das atividades práticas propostas nos livros-textos. No mesmo período ainda, mais de 1800 professores receberam treinamento do IBECC para utilizar os materiais do PSSC e demais programas científicos.

Em 1962, o IBECC participaria ainda de projetos que objetivavam desenvolver o ensino de Física em toda América Latina, sendo escolhido como sede do projeto piloto “Novos métodos e Técnicas de Ensino de Física”, que marcaria o início do Programa de Ciências realizado pela UNESCO em diversos países, colocando o IBECC no cenário mundial desse movimento de renovação do Ensino Científico.

Em 1966, o IBECC participaria também do treinamento de líderes que atuavam nos centros de ciências criados pelo Ministério da Educação e Cultura em 1965. O primeiro desses centros, o CECINE (Centro de Ensino de Ciências do Nordeste) estabelecido na Universidade Federal de Pernambuco, no Recife em 1965, serviria de exemplo aos demais centros criados em outras cidades brasileiras¹³ com o apoio de outras universidades. A tais centros de Ensino de Ciências cabia produzir material de apoio como livros-textos, materiais de laboratório, bem como proporcionar capacitação aos professores de seu estado.

Em 1967, é fundada a FUNBEC (Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências), que serviria de auxílio ao IBECC para a comercialização dos materiais didáticos elaborados. Nas palavras de Barra e Lorenz (1986, p. 1975-1976):

[...] os materiais didáticos desenvolvidos pela ação conjunta do IBECC e FUNBEC seguiam uma linha metodológica do ensino de ciências clara e objetiva, que visava o planejamento e a execução de experimentos com a utilização de materiais simples e de fácil acesso aos alunos. Esse enfoque sobre experimentação contrariou a linha adotada por muitos dos livros então utilizados nas escolas primárias e secundárias no país. Os novos livros didáticos permitiam que os alunos vivenciassem, na íntegra, a metodologia científica, o que faz da realização dos experimentos uma atividade muito mais enriquecedora e criativa, superando aquelas previstas na maioria dos livros-textos, que se limitavam a uma confirmação dos fatos expostos em suas páginas.

No campo de ação do IBECC e do FUNBEC, tanto os projetos desenvolvidos em outros países quanto os nacionais, evidenciavam um anseio particularmente compartilhado: “tornar experimental o ensino”. Tinha-se em vista sempre desenvolver, por meio das experiências com o chamado “método científico”, estudantes críticos, capazes de raciocinar a respeito das várias questões da ciência e do mundo (BARRA e LORENZ, 1986).

Dessa forma, essas entidades eram as mais atuantes na perspectiva de uma reforma curricular no ensino de ciências no Brasil, pois, além de traduzir e adaptar os materiais estrangeiros, também desempenharam um importantíssimo papel no andamento dos trabalhos realizados nos centros de ciências, que serviam de meio para a propagação das novas metodologias e concepções de ensino.

Ao final da década de 60, tendo em vista que o aprimoramento do ensino médio deveria ser estimulado com a expansão das chamadas escolas polivalentes, é decretado o

¹³ O CECISP em São Paulo, o CECIRS em Porto Alegre, o CECIMIG em Belo Horizonte, o CECIGUA (hoje CECI) no Rio de Janeiro e o CECIBA em Salvador.

“Programa de Expansão e Melhoria do Ensino Médio” (PREMEM), que tinha por objetivo “incentivar o desenvolvimento quantitativo, a transformação estrutural e o aperfeiçoamento do ensino médio” (BRASIL, 1968). Esse projeto, idealizado pela Equipe de planejamento do Ensino Médio (EPEM), visava colocar em prática as ideias contidas no acordo firmado entre o governo brasileiro e a Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional (USAID¹⁴), feito em 13 de novembro de 1969. Nesse acordo a USAID se dispunha a fomentar a implantação de sistemas públicos de ensino secundário, introduzindo e estimulando os chamados “Ginásios Polivalentes”, bem como auxiliando na adaptação dos currículos do ensino no Brasil às necessidades socioeconômicas do país (ARAPIRACA, 1979, p. 183).

Sobre as escolas polivalentes, cita-se o relato encontrado no Correio de Uberlândia por Resende e Gonçalves Neto (2013), no qual se percebe uma clara preocupação com o desenvolvimento de atividades práticas, a exemplo do que era desenvolvido em solo americano:

O projeto de escolas Polivalentes foi idealizado inicialmente como ginásio orientado para o trabalho¹⁵, mas foi atualizado a partir da reforma de ensino que unificou os antigos centros, cursos primário e ginásial em oito anos de ensino fundamental [...] O PREMEM pretende dotar as escolas Polivalentes de todo o equipamento necessário à (sic) laboratórios práticos e instalação de centros de ciências e artes encarregados do treinamento de professores num total de três milhões 400 mil (sic) peças, além do material de expediente, conservação e consumo, também por conta do PREMEM. Informa o coordenador do PREMEM, que par (sic) o estabelecimento de uma filosofia de ensino fundamental, o projeto pretende “romper a clássica oposição entre o mundo da cultura intelectual e o mundo do trabalho”. Para isso, os alunos das escolas Polivalentes terão em seu currículo de formação básica não apenas matérias como matemática, ciências e letras, mas também artes industriais, técnicas agrícolas, técnicas comerciais e educação para o lar. (Correio de Uberlândia, 12/09/71, p.5 apud RESENDE E GONÇALVES NETO, 2013).

Posteriormente, com o intuito de ampliar o campo de ação do PREMEM, buscou-se uma reformulação do órgão que contemplasse inclusive os recentes parâmetros acordados com a USAID para o financiamento dos projetos no Brasil. Assim, com o decreto nº 70.067, de 26 de Janeiro de 1972 (BRASIL, 1972), é criado o PREMEN (Programa de Expansão e Melhoria do Ensino) com vistas ao aperfeiçoamento do ensino como um todo, e não somente o Ensino Médio, absorvendo então o Programa anterior (PREMEM), criado em 1968.

¹⁴ United States Agency for International Development (USAID).

¹⁵ Ginásio Orientado para o Trabalho (GOT), criação da Diretoria do Ensino Secundário (DES) do MEC nos anos sessenta (ARAPIRACA, 1979).

Nessa nova fase, no Ensino de Ciências, destaca-se o “Projeto Nacional para Melhoria do Ensino de Ciências” (PNMEC) que, dentre outros objetivos, almejava fornecer materiais de apoio didático aos professores e estudantes em conformidade às condições de ensino no Brasil, além de promover treinamento e atualização aos docentes de ciências e matemática (primeiro grau), bem como para os de física, química e biologia (segundo grau), para utilizarem os novos recursos (BARRA e LORENZ, 1986, p. 1979).

No segundo semestre do mesmo ano, iniciou-se o “Projeto de Ensino de Física”, realizado por meio de convênio estabelecido entre o PREMEN e a Universidade de São Paulo, e que envolvia a elaboração textos de apoio aos alunos e professores, além de material audiovisual e aparatos experimentais.

Na análise desse período, compreendido entre as décadas de 50 e 70, no âmbito do Ensino de Ciências no Brasil, Barra e Lorenz (1986, p.1982) observam que a renovação curricular ocorrida nessa época teve dois momentos distintos quanto à atuação de todos esses órgãos: um, no qual eram traduzidos e adaptados os materiais estrangeiros e outro, caracterizado pela elaboração de materiais nacionais.

Sobre o primeiro momento, os autores afirmam que, embora não tenha havido uma ampla análise do resultado da introdução dos materiais traduzidos, algumas pesquisas e avaliações indicavam que apesar de todo empenho na produção de material e treinamento de professores, os resultados não eram muito satisfatórios - como se pretendia - principalmente devido à falta de infraestrutura nas escolas e despreparo dos professores.

2.3. Da criação dos primeiros grupos de pesquisa em Ensino de Física às atuais Diretrizes Nacionais Curriculares para os cursos de Física

Para Nardi (2005) as dificuldades enfrentadas na implementação dos materiais estrangeiros podem ter impulsionado o segundo momento de renovação curricular de desenvolvimento dos projetos nacionais. Segundo ele:

[...] Essa fase coincide com a constituição dos grupos de ensino de Física no IFURGS e no IFUSP, quando são desenvolvidos os primeiros projetos de ensino de Física no país. Dentre esses projetos, podemos citar o Projeto de Ensino de Física (PEF), o Física Auto-Instrutiva (FAI) e o Projeto Brasileiro de Ensino de Física (PBEF). Esses projetos tiveram a participação de físicos da USP e, segundo Rodrigues e Hamburger (1993), foram importantes na constituição do Grupo de Ensino de Física naquele instituto (NARDI, 2005, p. 71).

Sobre os grupos de Ensino de Física existentes no Brasil, Nardi (2005) destaca, dentre os mais antigos, os grupos formados na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IFURGS) e da Universidade de São Paulo (IFUSP) em virtude dos registros existentes a respeito da constituição desses.¹⁶ A participação dos grupos é tida de suma importância, pois constituíam a base dos novos movimentos para a melhoria do ensino, incorporando os bons exemplos das iniciativas do passado e buscando resolver problemas ainda existentes.

O reflexo dos debates em prol da melhoria do ensino da Física no Brasil pode ser observado nos encontros direcionados aos professores e pesquisadores da área, como o Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) e o Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF), nos quais eram debatidos os desafios apresentados por professores e pesquisadores de todo o país.

Importantes acontecimentos, relacionados a esse desenvolvimento do ensino de Física, têm relação com o desenvolvimento de uma educação mais dinâmica, e conseqüentemente um ensino mais prático com mais atividades experimentais.

Ao término de toda essa caminhada, nota-se hoje a forte atuação dos programas de pós-graduação na área do ensino de Física (ou ensino de Ciências) com pesquisas direcionadas à melhoria do ensino nas escolas brasileiras. Como exemplo, cita-se o GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física), ligado ao Instituto de Física da Universidade de São Paulo, que teve papel importante na elaboração do Currículo de Física das escolas públicas do Estado de São Paulo.

Destaca-se ao fim dessa jornada que as preocupações atuais com o ensino experimental permeiam inclusive a formação do profissional formado em Física, em especial do professor de Física. No parecer 1.304 do Conselho Nacional de Educação / Câmara de Educação Superior, de 7 de Dezembro de 2001, o Ministério da Educação estabelece diretrizes curriculares para os cursos superiores de Física (BRASIL, 2001).

De acordo com esse parecer, a formação do graduado em Física deve contemplar “[...] qualificações profissionais básicas comuns, que devem corresponder a objetivos claros de formação para todos os cursos de graduação em Física, bacharelados ou licenciaturas, [...] através das competências essenciais desses profissionais”. Dentre essas

¹⁶ Os registros citados são, no caso do IFURGS, o texto: “resumos dos trabalhos do Grupo de Ensino do Instituto de Física da UFRGS” de Marco Antonio Moreira (1977) e, no caso do IFUSP, o texto “O ‘Grupo de Ensino’ do IFUSP: histórico e atividades” de autoria de Idely Garcia Rodrigues e Ernst Wolfgang Hamburger (1993).

competências consideradas como essenciais, encontra-se a de “[...] diagnosticar, formular e encaminhar a solução de problemas físicos, experimentais ou teóricos, práticos ou abstratos, fazendo uso dos instrumentos laboratoriais ou matemáticos apropriados” (BRASIL, 2001, p. 4).

Além das competências esperadas, são estabelecidas habilidades gerais a serem desenvolvidas pelos formandos em Física, não importando a área de atuação escolhida. São elas:

1. Utilizar a matemática como uma linguagem para a expressão dos fenômenos naturais;
2. resolver problemas experimentais, desde seu reconhecimento e a realização de medições, até à análise de resultados;
3. propor, elaborar e utilizar modelos físicos, reconhecendo seus domínios de validade;
4. concentrar esforços e persistir na busca de soluções para problemas de solução elaborada e demorada;
5. utilizar a linguagem científica na expressão de conceitos físicos, na descrição de procedimentos de trabalhos científicos e na divulgação de seus resultados;
6. utilizar os diversos recursos da informática, dispondo de noções de linguagem computacional;
7. conhecer e absorver novas técnicas, métodos ou uso de instrumentos, seja em medições, seja em análise de dados (teóricos ou experimentais);
8. reconhecer as relações do desenvolvimento da Física com outras áreas do saber, tecnologias e instâncias sociais, especialmente contemporâneas;
9. apresentar resultados científicos em distintas formas de expressão, tais como relatórios, trabalhos para publicação, seminários e palestras (BRASIL, 2001, p. 4).

Além dessas habilidades gerais, são expressas também no parecer habilidades específicas para os futuros professores de Física:

No caso da Licenciatura, porém, as habilidades e competências específicas devem, necessariamente, incluir também:

1. o planejamento e o desenvolvimento de diferentes experiências didáticas em Física, reconhecendo os elementos relevantes às estratégias adequadas;
2. a elaboração ou adaptação de materiais didáticos de diferentes naturezas, identificando seus objetivos formativos, de aprendizagem e educacionais; (BRASIL, 2001, p. 5).

Dessa forma, evidencia-se também com essas diretrizes uma valorização de vivências formativas relacionadas à prática de experiências em laboratórios e o desenvolvimento de atividades de ensino que enaltecem o caráter experimental da Física.

3. A experiência e a epistemologia

Para esta análise os referenciais epistemológicos escolhidos foram um grande expoente da Teoria do Conhecimento desenvolvida no século XVII (David Hume) e dois ícones da Filosofia da Ciência estabelecida a partir do século XX (Kalr R. Popper e Thomas S. Kuhn). A seguir, a descrição do papel ocupado pela experiência na construção do conhecimento a partir da ótica de cada um deles.

Antes disso porém, observa-se que o termo “experiência” pode ser utilizado em um sentido mais geral remetendo a um “conhecimento espontâneo ou vivido, adquirido pelo indivíduo ao longo de sua vida” (JAPIASSÚ e MARCONDES, 2006) nesse caso o termo é utilizado com relação à vida corrente e recebe grande atenção em boa parte das teorias do conhecimento. Para os adeptos da doutrina empirista, como se verá a seguir em Hume, todo conhecimento físico tem suas fontes na experiência. Para os racionalistas, entretanto, não há experiência pura, livre de teorização prévia; a razão seria a responsável pelo conhecimento.

O termo “experiência” pode remeter ainda a um sentido mais técnico, próximo do termo “experimentação” ou “experimento”. Sobre esse sentido Japiassú e Marcondes (2006, p.71) argumentam:

Em seu sentido técnico, experiência é a ação de observar ou de experimentar com a finalidade de formar ou de controlar uma hipótese. Assim, a experiência (no sentido de experiment¹⁷) é o fato de provocar, partindo de condições bem determinadas, uma observação tal que seu resultado seja apto a fazer conhecer a natureza do fenômeno estudado.

A experimentação, por conseguinte, implica em uma investigação sistemática dos fenômenos, realizada a partir de uma metodologia estabelecida envolvendo processos de medição e teste de diferentes parâmetros. Para Japiassú e Marcondes (2006, p.71) “A experimentação ‘verifica’ uma hipótese oriunda da experiência e chega, eventualmente, a uma lei, dita experimental.”

Essas possíveis interpretações dos conceitos de experiência/experimento indicam um ponto de partida para refletir sobre esses termos que, no contexto das teorias a seguir, podem adquirir um nível de complexidade que uma definição não consegue conter. Sendo o objetivo deste trabalho analisar propostas didáticas de experimentação, a tendência é que neste referencial teórico o termo experiência seja interpretado pelo sentido dito “técnico”

¹⁷ Experimento em inglês.

(*experiment*) apontado anteriormente, mas por vezes (especialmente em Hume) pode-se observar a utilização do termo experiência no sentido mais geral do termo remetendo ao conhecimento proveniente do que é sentido e vivido pelo indivíduo.

3.1. O papel da experiência na Filosofia de David Hume

O Filósofo escocês David Hume, nascido na cidade escocesa de Edimburgo em 26 de Abril de 1711, é, com certeza, um dos ícones dentre os defensores da doutrina empirista. Em sua obra intitulada “Investigação acerca do Entendimento Humano”, David Hume apresenta sua visão a respeito das operações realizadas na mente humana, buscando contrapor a concepção racionalista, segundo a qual é por meio da razão que se chega ao verdadeiro conhecimento sobre as questões físicas. A razão, para os racionalistas, opera independentemente da experiência sensível e, de forma absoluta, a própria razão atua significando a experiência.

Hume é definido por muitos como um empirista cético, embora esta última característica seja descrita como um ceticismo mitigado¹⁸ fato que pode ser percebido em sua obra por meio da evidente crítica da razão como guia na construção do conhecimento.

Sua teoria da associação de ideias constitui uma das bases da concepção empirista clássica, na qual enunciados gerais são obtidos por meio da acumulação de sensações e de enunciados simples e específicos. Esta concepção é popularmente considerada como característica principal para a distinção feita entre ciência e não-ciência. Com base nessa postura, os enunciados científicos seriam os únicos que conduziriam ao conhecimento, pois teriam origem na indução, a qual estaria enraizada na observação e na experiência.

Tal concepção começa a ser construída por Hume quando este afirma que é evidente que exista “um princípio de conexão entre os diferentes pensamentos ou ideias do espírito humano” (HUME, 1999, p. 39). A princípio, para ele, as ideias poderiam ser classificadas como simples ou complexas, de modo que as complexas seriam resultado da junção sucessiva de ideias simples e estas, por conseguinte, seriam imagens das sensações

¹⁸ Ceticismo suavizado ou moderado. Hume rejeita todo o ceticismo radical, seja o cartesiano - visto que duvidar totalmente das nossas faculdades impossibilita o recurso a qualquer forma de evidência - seja o pirrônico. Essa forma de ceticismo não estabelece a impossibilidade definitiva de chegar ao conhecimento, mas sim a impossibilidade de um saber absoluto (verdadeiro).

vividas. A associação de ideias seria responsável pela conexão realizada no entendimento humano e esses processos obedeceriam três princípios básicos, são eles:

a) *Princípio de semelhança;*

Quando defrontado com uma pintura, o sujeito é levado a pensar sobre o que aquela imagem representa, ou seja, a ideia original está associada à ideia expressa pela imagem.

b) *Princípio de contiguidade ou proximidade;*

Quando há certa unidade entre diferentes ideias em virtude de compartilharem características espaciais e temporais. Por exemplo, a percepção de coisas que ficam próximas a casa da infância desperta ideias e lembranças dessa casa e desse período.

c) *Princípio de causalidade.*

Quando se pensa em determinados acontecimentos, logo decorrem ideias relacionadas às causas ou efeitos relacionados. Ao refletir sobre a ideia de ferimento (causa) logo se associa a ideia da dor (efeito) relacionada a esse.

Para Hume, estes princípios de conexão de ideias seriam os únicos responsáveis pelas operações do entendimento de associação entre pensamentos.

Outra distinção observada na filosofia de Hume é que os objetos da razão seriam divididos naturalmente em dois gêneros: as relações de ideias e as questões de fato (ou questões físicas).

À primeira categoria pertencem as coisas que podem ser descobertas pelo simples trabalho da razão humana e independem da experiência. Compõem esta categoria: a geometria, a álgebra, a aritmética e todo conhecimento descoberto pela simples operação do pensamento, que englobam afirmações intuitiva ou demonstrativamente certas (HUME, 1999, p. 47).

Tais ideias que podem ser utilizadas para estruturar características do mundo real ou para moldar a forma como percebemos os objetos (as formas da geometria, por exemplo, podem ser observadas em objetos reais), não fazem referência, assim como não apresentam, necessariamente, relação com o mundo físico, tendo origem exclusivamente no entendimento (relações de ideias).

A matemática constituiria então uma linguagem que permearia o raciocínio humano. Neste sentido, ao olhar para a natureza, seria possível observar coisas próximas a

essa linguagem ou que se adéquam a ela. Mas, ainda assim, em essência, não carecem de uma conexão com o mundo físico, sendo produto da razão humana.

De acordo com o próprio Hume:

Que o quadrado da hipotenusa é igual à soma dos quadrados dos lados, é uma proposição que expressa uma relação entre essas figuras. Que três vezes cinco é igual à metade de trinta expressa uma relação entre esses números. As proposições deste gênero podem ser descobertas pela simples operação do pensamento [...] (HUME, 1999, p. 47).

Diferentemente, as questões físicas (ou questões de fato) não seriam compostas de objetos dotados de tão incontestável certeza. Ao contrário das relações de ideias, os objetos do entendimento relacionados às questões físicas necessariamente implicam na possibilidade de raciocínios contrários; sempre uma afirmação oposta à questão é possível, e sua falsidade não pode ser demonstrada por argumentos puramente demonstrativos, afinal o conhecimento dessas questões necessita da experiência.

Assim, tendo em vista que estes objetos sejam intimamente ligados ao mundo físico, de forma alguma é possível obtê-los por meio de raciocínios “a priori”, não sendo, portanto, criações do entendimento humano, o que, por fim, torna evidente a sua origem: a experiência. Os objetos do entendimento humano enquadrados nessa categoria estão exclusivamente ligados àquilo que é vivido (experienciado) pelo sujeito.

Outro fato característico também, é que os raciocínios dessa natureza são compostos por objetos e fenômenos que, embora isolados temporal e espacialmente, aparentam estar relacionados de forma próxima ou distante, de maneira direta ou colateral.

Tomando um exemplo corriqueiro, é comum serem relacionados os fenômenos fogo, luz e desprendimento de calor. Tem-se o entendimento de que exista sempre uma conexão entre “o fato presente e aquele que é inferido dele” (princípio da causalidade) (HUME, 1999, p. 49). De forma aparentemente intuitiva, sabe-se que quando há o fenômeno fogo, conseqüentemente há luz e desprendimento de calor. Quando se raciocina sobre essas questões físicas o sujeito é levado estabelecer essas relações e emitir um juízo: “Sempre que houver fogo, haverá luz e desprendimento de calor”.

De forma geral, para Hume, todos os outros raciocínios a respeito das questões físicas apoiam-se na experiência e as relações de causalidade são derivadas inteiramente das conexões que realizamos por força das sensações.

A questão aqui é compreender o que leva o entendimento a estabelecer essas conexões ou relações de implicação entre os fenômenos. Seria a razão? A resposta para Hume é: Não!

O conhecimento dessa relação de causalidade não é obtido por raciocínios “a priori”. É a experiência que revela as conexões entre as questões do mundo físico. Pelo simples uso da racionalidade não se pode encontrar um efeito resultante de uma determinada causa em questão; afinal todo efeito é um evento distinto de sua causa, e a relação entre eles não pode ser obtida de forma arbitrária. Mesmo que se assuma uma explicação que aparentemente seja mais concebível que as demais, tal preferência não poderia ser fundamentada por nenhum outro raciocínio “a priori”. Enfim, sem a experiência não se estabelecem relações de causa e efeito que possibilitem o conhecimento.

Tal evidência é enriquecida com exemplos de descobertas que aparentemente teriam pouca analogia com o “curso corrente da natureza”, como a descoberta da pólvora ou do magnetismo. A explosão súbita de elementos químicos misturados aleatoriamente e a capacidade que pequenas pedrinhas tinham de atrair objetos de ferro e outras pedras semelhantes, evidentemente, não seriam inferidos por meras operações do entendimento, e sim pela percepção desses fenômenos por meio dos sentidos. Assim, segundo Hume, não é difícil creditar à experiência o conhecimento proveniente de mecanismos ainda desconhecidos como os citados acima.

Essa verdade não seria tão evidente em fatos aparentemente simples, corriqueiros, como o movimento de corpos em queda ou de colisões de bolas de bilhar que teriam, para o analista desatento, efeitos aparentemente inferidos racionalmente.

Mas para superar a teimosia destes, Hume propõe uma reflexão: Suponha que uma pessoa dotada de racionalidade e de habilidade ímpares fosse súbita e sobrenaturalmente trazida a esse mundo sem qualquer vivência, ou seja, sem nenhuma experiência deste mundo. Suponha ainda que esse personagem (sujeito) fosse confrontado com um objeto qualquer e lhe fosse dada a incumbência de descrever racionalmente os efeitos provenientes de tal objeto. Eis a pergunta: Qual seria o resultado deste experimento?

De acordo com Hume, o sujeito não poderia inferir com certeza nada a respeito daquilo que nunca antes havia sido confrontado. Quiçá poderia este inventar ou imaginar

algum evento que considerasse ser razoável e relacionado ao objeto em questão, de forma completamente arbitrária.

O que se pretende evidenciar com esse exemplo é que, independente das capacidades intelectuais do indivíduo, de nada valeria sua racionalidade para estabelecer relações de causa e efeito, ao ser confrontado com algo totalmente fora das experiências vividas.

A experiência é então a grande autoridade e o grande guia no trato das questões físicas, sendo assim responsável por todo o conhecimento científico a respeito do mundo em que vivemos.

A desatenção citada anteriormente em relação a uma interpretação rasa de situações corriqueiras, tratando as inferências feitas nesses casos como raciocínios intuitivos, pode ser explicada pela influência da constante confrontação com tais fenômenos. De acordo com Hume, tal influência, apesar de geralmente levar a conclusões equivocadas quanto à origem dos objetos do entendimento relacionados às questões físicas, ocupa papel importante no estabelecimento das relações entre os fenômenos.

A questão para compreender a filosofia de Hume é então investigar em suas obras de onde provém tão forte autoridade da experiência de tal forma que leva o intelecto humano a usufruir das possíveis conexões entre os fenômenos na natureza.

Lembrando que é por meio da experiência que se percebe os objetos e fenômenos encontrados na natureza e deles são extraídos suas qualidades. Em virtude dessa influência, quando novamente o sujeito é confrontado com evento semelhante, ele espera observar e extrair efeito análogo ao que foi antes percebido. Assim, as conclusões experimentais decorrem da pressuposição de que as coisas acontecerão no futuro da mesma forma que ocorreram no passado.

Quanto maior a quantidade de experiências vividas, tem-se a concepção que seriam mais evidentes as conexões entre as situações analisadas, mesmo quando as conclusões não pertençam ao que é recebido pelos sentidos. Assim, depois da realização de uma série de experimentos existe aparente segurança para inferir conexões entre as qualidades sensíveis de um determinado fenômeno e os poderes ocultos por trás do mecanismo. Essa inferência é tida de maior confiança, quanto mais experiências são incorporadas ao pensamento como

algo natural, entretanto, ela deveria ser fundada em algum processo de argumentação ainda não descoberto.

Mas, ainda, a ideia que “de tanto encontrar em casos anteriores tais percepções ligadas a tais mecanismos, em casos futuros esse comportamento irá se repetir”, parece simplista. Para Hume, afirmações do tipo: “tenho verificado que tal objeto é sempre acompanhado de tal efeito e prevejo que outros objetos, que em aparência são semelhantes, serão acompanhados de efeitos semelhantes”, não tem origem intuitiva, ou seja, a conclusão da frase não pode ser alcançada por meio da razão.

Afirmar que a conclusão deriva da experiência seria uma retórica falaciosa, pois segundo dito anteriormente, a experiência tem como princípio regulador a crença de que as coisas no futuro se comportarão como o passado. Sendo assim, a questão é então estabelecer que processo de raciocínio faz com que a mente humana se acheque a tal conclusão.

A solução apresentada por Hume é que, essa passagem teria origem na capacidade que o entendimento apresenta de se habituar facilmente se apoiando na regularidade apresentada, influenciando nas mais variadas áreas (nas relações humanas, nos fenômenos da natureza, etc.)

Segundo ele, é o Hábito que impele de forma até instintiva o ser humano a levar em conta as coisas do passado para os raciocínios futuros. Todas as inferências provenientes da experiência seriam fruto do costume e não da razão.

O costume é, pois, o grande guia da vida Humana. É o único princípio que torna útil nossa experiência e nos faz esperar no futuro uma série de eventos semelhantes àqueles que apareceram no passado. Sem a influência do costume, ignoraríamos completamente toda questão de fato que está fora do alcance dos dados imediatos da memória e dos sentidos (HUME, 1999, p. 63).

Eis a forma como o Habito opera: partindo de objetos do mundo físico presentes à memória, caso tais experiências não estivessem incorporadas a ela, os raciocínios seriam exclusivamente hipotéticos e, perdendo-a, não haveria condições de experimentar as coisas hoje porque as experiências passadas não existiriam mais.

A crença em relação ao conhecimento das questões físicas provém, portanto, somente dos objetos presentes à memória e aos sentidos e das conexões habituais entre os objetos e os fenômenos. Assim, o hábito ou o costume é o fator responsável pela

preferência em antever que o futuro será semelhante ao passado, e pela conclusão a respeito dos efeitos ausentes inferidos de causas presentes.

Mas, destaca-se: as ideias introduzidas pelo costume são inferências incentivadas por esse sentimento em relação à natureza, e não meras indicações ou palpites.

A experiência que temos da “conjugação constante” entre, por exemplo, a chama e calor, ou neve e frio, determina-nos, quando revemos a chama ou a neve, pelo “costume a esperar calor ou frio, e a acreditar que esta realidade existe realmente e que se manifestaria se estivesse mais próxima de nós”. Revela-se assim, como o costume envolve a crença (HUME, 1999, p. 64).

De forma geral, as conclusões obtidas por meio da experiência resultam do Hábito e do costume. São as experiências acumuladas que tornam o ser humano hábil a alcançar novos conhecimentos. Portanto, a conexão observada entre os objetos ou fenômenos é devido à costumeira percepção de regularidade e não a um processo racional.

Assim, pode-se dizer que é o hábito que estrutura a experiência fomentando a crença nessa regularidade percebida, e não qualquer outro processo do entendimento humano. Sem perder de vista também que o hábito é também estruturado pela própria experiência.

A lógica de Hume enfatiza, portanto, que as conexões entre as ideias não são derivadas de uma racionalidade, mas sim conduzidas pelo hábito por meio da experiência. Assim, a associação de ideias seria um mecanismo natural que teria sua utilidade ao ser humano, todavia não gozaria de qualquer base racional.

Em sua filosofia, como visto anteriormente, o conhecimento das questões relacionadas ao mundo físico baseia-se nos princípios de conexões entre as ideias, especialmente nas relações de causa e efeito (relações estas que só podem ser obtidas por meio da experiência); e todas as conclusões ditas experimentais surgem da crença de que as coisas futuras estarão em equivalência com as coisas que ocorreram no passado e da expectativa de manutenção de uma regularidade constatada anteriormente. Mas tal passagem entre ideias não decorre por força da razão, independentemente da quantidade de experiências que se tenha (embora a repetição exerça papel fundamental).

Hume conclui que apesar de não haver forma lógica de como justificar o que hoje se entende por indução, o homem, devido a uma condição psicológica natural, não teria alternativa senão raciocinar dessa forma. Assim os procedimentos indutivos seriam válidos

e habitualmente adotados em virtude de sua utilidade aparente e não por sua coerência lógico-racional.

Portanto, para Hume, o conhecimento do mundo físico é obtido pela e na experiência.

3.2. O papel da experiência na Filosofia de Karl Popper

Karl Raimund Popper, filósofo, nascido em Viena, Áustria, no dia 28 de Julho de 1902. Como consequência de sua crítica ao indutivismo, uma de suas principais ambições foi estabelecer critérios para distinguir a ciência da chamada pseudociência.

As ideias de Popper começaram a aflorar em uma época em que seu país vivia um período de ideias revolucionárias. Teorias novas começavam a circular, dentre elas algumas das quais lhe atraíam maior atenção: a teoria da relatividade de Einstein, a teoria da história de Marx, a psicanálise de Freud e a psicologia individual de Alfred Adler (POPPER, 1982). Para ele, a primeira dessas era, sem dúvida, a de maior importância; as demais, entretanto, a cada dia deixavam-lhe mais insatisfeito. Essa insatisfação com tais teorias o levou inclusive a duvidar de seu caráter científico. Algo o levava a crer que elas tinham maior proximidade com mitos antigos do que com a ciência.

Sua principal suspeita residia no fato de que qualquer situação apresentada poderia ser examinada à luz dessas teorias sem, no entanto, existir a possibilidade de contestação. Tal suspeita, entretanto, não existia em relação à Teoria de Einstein. Se as previsões da teoria proposta pelo físico alemão não fossem confirmadas pela observação e pela experiência, a teoria seria simplesmente refutada.

Popper concluiria que o status científico de uma teoria deveria ser atribuído com base em critérios lógicos e objetivos e, para ele, tais critérios ainda não haviam sido convencionalizados satisfatoriamente pela comunidade científica.

Em sua tentativa de compreender os “métodos das ciências empíricas”, ele destaca que a concepção hegemônica de que as ciências empíricas se baseiam em “métodos indutivos” é logicamente insustentável. Antes dele, portanto, a posição mais comumente defendida era a que propunha que a distinção entre ciência e não-ciência seria estabelecida pelo uso do método empírico (ou método indutivo), assim como descrito na Filosofia de David Hume.

Lembrando que, para a maioria dos adeptos dessa filosofia seria legítimo generalizar enunciados universais (hipóteses, teorias etc.) a partir das conclusões obtidas por meio de uma série finita de enunciados singulares e/ou particulares (dados obtidos por meio de observação ou experimentos).¹⁹

Para muitos, o conhecimento obtido por meio dos enunciados universais tinha o status de verdadeiro em virtude de serem “conhecidos pela experiência”. Em outras palavras o conhecimento obtido por meio dos métodos indutivos seria superior aos demais devido ao caráter experimental de suas teorias obtidas com auxílio da observação e arranjos experimentais. Mas aí começa o problema: as experiências (observação, experimentação, etc.) para Popper, só podem resultar em enunciados singulares; assim, torna-se evidente o equívoco lógico na passagem sobrenatural do singular para o universal, popularmente defendida pelos empiristas.

E mesmo sendo aceito por grande parte da comunidade científica, o princípio da Lógica Indutiva não satisfazia Karl Popper. Assim, a obra de Hume e a dos demais expoentes da doutrina empirista traziam dificuldades que seriam difíceis de serem transpostas, a exemplo:

Que incoerências podem surgir facilmente, com respeito ao princípio da indução, é algo que a obra de Hume deveria ter deixado claro. E também que as incoerências só serão evitadas, se puderem sê-lo, com dificuldade. Pois o princípio da indução tem de ser, por sua vez, um enunciado universal. Assim, se tentarmos considerar sua verdade como decorrente da experiência, surgirão de novo os mesmos problemas que levaram à sua formulação. Para justificá-lo, teremos de recorrer a inferências indutivas e, para justificar estas, teremos de admitir um princípio indutivo de ordem mais elevada, e assim por diante. Dessa forma, a tentativa de alicerçar o princípio de indução na experiência malogra, pois conduz a uma regressão infinita (POPPER, 1972, p. 29).

Popper critica também aqueles que tentam argumentar que embora as inferências indutivas não sejam absolutamente válidas logicamente, elas poderiam fornecer aos cientistas certo grau de confiabilidade ou probabilidade. Mas, para ele, mesmo assim, as dificuldades da lógica indutiva não seriam superadas e a adoção desses princípios poderia conduzir a uma “regressão infinita ou à doutrina do apriorismo” (POPPER, 1972, p. 30).

Para Popper a crença na lógica indutiva, especialmente defendida na obra de Hume, surgiria da confusão entre problemas “psicológicos” e “epistemológicos”.

¹⁹ Apesar da crítica de Popper direcionada a Hume se referir principalmente à questão dos enunciados universais, essa concepção não é observada na obra de Hume. O ceticismo de Hume não assume que enunciados universais emergem de enunciados singulares; admite apenas a possibilidade da organização de enunciados gerais a partir de experiências habituais.

Como primeiro problema, a psicologia de Hume para ele estaria errada em pelo menos três pontos:

- a) “O resultado típico da repetição”: segundo Popper, o resultado natural daquilo que se torna habitual, não é uma conclusão consciente, e sim um automatismo. Ex: Andar de bicicleta – ao dar as primeiras pedaladas, o aprendiz pode ter consciência dos atos que o auxiliem a evitar as quedas como manutenção da rota, desvios de obstáculos, entretanto, depois de haver adquirido certa prática, é possível “esquecer a regra” pois ela se tornou algo totalmente automático. Assim, as expectativas inconscientes criadas pela repetição só se tornariam conscientes a partir do momento em que alguma coisa sairia do padrão previamente esperado.
- b) “A gênese dos hábitos”: Para Popper, “hábitos e costumes não se originam na repetição”. Qualquer hábito, por mais simples que seja, começa antes de a repetição ter papel relevante. Ex: Aprendemos a comer em horas determinadas e começamos a desenvolver esse “hábito”, mas como se pode perceber, tal atitude não começa com inúmeras repetições.
- c) “O caráter daquelas experiências e tipos de comportamento que podem ser descritos como ‘acreditar numa lei’, ou ‘esperar uma sucessão ordenada de eventos’”: não há correspondência precisa entre “a crença em uma lei” e o “comportamento que revela a expectativa de uma sucessão de eventos aparentemente baseados numa lei”. Como Hume havia assumido, uma única experiência pode criar uma expectativa quanto à sucessão de eventos (bebês e filhotes de cachorro não precisam de uma frequente exposição ao cheiro da fumaça de cigarro para na próxima vez que virem algo parecido fugirem daquilo que causou o cheiro estranho). Mas a resposta de Hume, ao exemplo acima, não seria adequada em virtude de esses sequer terem sido expostos a inúmeras sequências de experiências (POPPER, 1982, p. 12).

Assim, para Popper, a teoria psicológica de Hume levaria sempre a uma regressão infinita e teria por base um elemento psicológico determinante na generalização construída, o que não poderia constituir o alicerce para o estabelecimento do conhecimento científico.

Em relação aos problemas epistemológicos ou problemas lógicos do método indutivo, a incoerência residiria na ausência da capacidade de se obter a comprovação

absoluta de uma hipótese por meio da indução (JAPIASSÚ e MARCONDES, 2006). Tais problemas poderiam ser observados na seguinte questão: “Somos justificados em raciocinar partindo de exemplos (repetidos), dos quais temos experiência, para outros exemplos (conclusões), dos quais não temos experiência?” (POPPER, 1975, p. 15).

Para David Hume, a resposta a essa questão é negativa, por maior que seja a quantidades de repetições. Para ele também, não há argumentos lógicos válidos que permitam afirmar que aquilo que o homem não tem experiência alguma se assemelha àquilo que já foi experimentado anteriormente. Assim, mesmo após a observação de uma associação constante de objetos, não há motivo para inferir algo que não se refira a um objeto já experimentado.

Já para os empiristas modernos como Bertrand Russell, ignorar tal princípio seria perigoso:

Hume demonstrou que o empirismo puro não é base suficiente para a ciência. Contudo, se este único princípio (da indução) é admitido, tudo o mais pode caminhar em consonância com a teoria de que todo nosso conhecimento se assenta na experiência. Deve-se admitir que aí está um afastamento importante em relação ao empirismo puro e que os pensadores que não abraçam o empirismo estão no direito de indagar por que outros afastamentos não são permitidos, se este o é. Estas questões, porém, não surgem em conexão direta com os argumentos de Hume. O que os argumentos humeanos demonstram – e eu não penso que a demonstração seja controvertida – é que a indução se converte em princípio lógico independente, incapaz de ser inferido da experiência ou de outros princípios lógicos, e que a ciência se torna impossível sem ele. (RUSSELL, 1945, apud MAGEE, 1973, p.23).

Desse modo, a ciência seria construída sobre bases que não poderiam ser logicamente demonstradas. Muitos cientistas, apesar de reconhecerem que as leis científicas não poderiam ser demonstradas por meio da indução, persistiriam nessa crença em virtude do alto grau de confiabilidade adquirido pela ciência e das incontáveis evidências confirmadoras de tais leis. Assim, ao invés de se buscar uma solução para o problema lógico da indução, busca-se dar andamento a atividade científica à procura de maiores resultados e evidências (MAGEE, 1973, p. 24).

Ao assumir que: “[...] está longe de ser óbvio, de um ponto de vista lógico, haver justificativa no inferir enunciados universais de enunciados singulares, independente de quão numerosos sejam estes; com efeito, qualquer conclusão colhida desse modo sempre pode revelar-se falsa”, Popper (1972, p. 27) conclui que: uma única observação contrária à teoria seria suficiente para classificá-la como falsa. Assim, inicia-se sua jornada na busca de uma resposta plausível para o problema da indução.

Para ele, como dito anteriormente, uma descrição de uma observação ou de um experimento só pode constituir um enunciado singular e não um enunciado universal. Assim, em sua filosofia denominada “teoria do método indutivo de prova” ele propõe que o cientista, ao invés de esperar que as repetições observadas o levem a concluir sobre as regularidades do mundo, ele deve ativamente “impor regularidades ao mundo” em termos das próprias teorias.

Basicamente, a ciência seria composta por enunciados, ou conjecturas criadas racionalmente. O cientista é responsável então pela formulação de hipóteses que posteriormente serão submetidas a testes de coerência lógico-experimental.

Tentamos identificar similaridades e interpretá-las em termos de leis que inventamos. Sem nos determos em premissas, damos um salto para chegar a conclusões - que podemos precisar pôr de lado, caso as observações não as corroborem (POPPER, 1982, p. 14).

A teoria popperiana envolve, portanto, sucessivos processos de tentativas por meio da proposição de conjecturas que devem ser submetidas a teste para possível refutação. Tal característica, é que concederia o status científico de uma teoria: a possibilidade de esta ser submetida à contestação e à possível confirmação de sua falsidade. As teorias científicas devem ser abertas a essas tentativas de refutação. A própria ciência deve ser aberta à contestação, caso o contrário, em nada diferiria dos saberes metafísicos.

Essa característica evidencia que não é possível de forma absoluta comprovar o caráter verdadeiro de uma teoria; mas com apenas uma evidência, pode-se comprovar a falsidade de um enunciado proposto. As generalizações empíricas, embora não verificáveis, são refutáveis (falseáveis), ou seja, são suscetíveis a testes (lógicos ou experimentais).

Em contraponto ao “verificacionismo” indutivista, no qual se esperava que as repetições resultassem em generalizações universais, a ciência para Popper caminha de modo inverso, de forma dedutiva; por meio das tentativas de falseamento das teorias propostas.

Em síntese, o método popperiano seguiria os passos descritos a seguir por ZANETIC (2004):

1. existência de um problema a ser resolvido;
2. procura de soluções para o problema através da elaboração de várias hipóteses tentativas e a escolha de uma delas segundo o critério de aceitar aquela que apresenta maior grau de possibilidades de refutação;

3. dedução de consequências dessa hipótese;
4. critério de refutabilidade em ação: a hipótese é testada, isto é, procura-se refutá-la buscando contra-exemplos significativos;
5. passando por esse teste, isto é, na ausência de refutação, a hipótese se transforma na nova teoria;
6. em caso de uma descoberta refutadora ou de uma dedução não confirmada, voltamos ao estágio inicial (ZANETIC, 2004, p. 31).

Para submeter as hipóteses a teste, algumas diretrizes podem ser seguidas:

- a) Em princípio, pode-se pôr à prova a coerência interna da teoria, com a comparação lógica de suas respectivas proposições.
- b) Há também, o critério de investigação da forma lógica da teoria; nesse caso, o objetivo é determinar se esta apresenta um caráter científico, ou se é, por exemplo, tautológica²⁰.
- c) Tem-se ainda, a possibilidade da comparação com outras teorias, com o intuito de estabelecer se a conjectura seria de fato um avanço científico.
- d) O último critério apresentado é a confirmação da teoria por meio de testes e aplicações práticas das conclusões deduzidas a partir dela. Este último tipo de prova visa verificar até que ponto as consequências advindas da teoria satisfazem os anseios da comunidade científica por respostas a questões lógico-experimentais e pelo desenvolvimento de novas tecnologias.

É a falseabilidade, portanto, o grande critério de demarcação entre o saber científico do não-científico. Nas palavras do próprio Popper: “[...] a verdade é que as teorias nunca são inferidas diretamente da evidência empírica. Não há nem uma indução psicológica nem uma indução lógica. Só a falsidade de uma teoria pode ser inferida da evidência empírica, inferência que é puramente dedutiva” (POPPER, 1982, p. 23).

É possível, contudo, refutar um sistema científico por meio da experiência. Nota-se que a experiência não seria mais a detentora da origem do conhecimento, e sim um dos meios pelo qual as proposições científicas poderiam ter sua validade contestada. A experiência é, portanto, uma das partes do método, utilizada para questionar se a teoria faz sentido ou não, se é razoável ou não, se pode ser colocada em cheque e ainda assim resistir, sendo por fim fortificada.

Assim, as teorias científicas não são compostas por um aglomerado de observações e experimentos, mas são basicamente conjecturas humanas falseáveis. E a falseabilidade

²⁰ Em lógica, chama-se tautologia a função sentencial que é admitida sempre como verdadeira, independentemente dos valores atribuídos às suas variáveis. (JAPIASSÚ e MARCONDES, 2006)

dessas conjecturas pode ser obtida por meio da falseabilidade de seus enunciados particulares, ou, nas palavras de Popper, de seus enunciados básicos²¹.

Enfim, as teorias científicas não são um aglomerado de observações, mas sim invenções; não são resultado somente da junção de observações singulares, mas antes construções da racionalidade por meio de hipóteses e organização de ideias.

Por fim, destaca-se entre as ideias de Karl Popper que o objetivo maior da ciência seria a busca da verdade a respeito da natureza, ainda que tal verdade, segundo ele, fosse inatingível. Assim, só restaria ao cientista buscar cada vez maior proximidade com a verdade, por meio do estabelecimento de novas conjecturas e refutações.

A formulação de uma teoria, assim como sua avaliação, deveria ser, portanto, norteada apenas por critérios racionais (lógicos e experimentais) e o critério máximo para a justificação do conhecimento elaborado seria o critério da refutabilidade.

Sendo assim, essa busca pela melhor descrição da verdade deveria ser isenta de aspectos subjetivos, como a cosmovisão do cientista, suas predileções estéticas, seus anseios particulares. Tais fatores não ocupariam papel significativo na epistemologia de Karl Popper, pois, como dito anteriormente, para ele, a ciência deveria ter critérios puramente objetivos e neutros.

O critério de refutabilidade aplicado tanto em nível experimental quanto teórico é o grande responsável por essa neutralidade científica. É principalmente isso que torna esse empreendimento humano algo estritamente objetivo, racional e que possibilita discernir o que é e o que não é verdadeiro até então.

Portanto, para Popper a experiência é um critério de falseamento da teoria, mas em função daqueles elementos estruturados nas conjecturas elaboradas (abertas às refutações).

3.3. O papel da experiência na Filosofia de Thomas Kuhn

Thomas Samuel Kuhn, nascido em 18 de Julho de 1922 na cidade americana de Cincinnati, estado de Ohio, formado em Física pela Universidade de Harvard (1943) e doutor em Física pela mesma instituição, apesar da trajetória como pesquisador da

²¹ Os enunciados básicos desempenham importante papel na Epistemologia de Popper. São necessários para que se decida se uma teoria é falseável, ou não; se é empírica ou não. São necessários inclusive para o próprio falseamento da teoria.

chamada “área dura” da ciência, ganhou notoriedade com a publicação de seus trabalhos relacionados à História e à Filosofia da Ciência.

Destaca-se entre estes o livro “*A estrutura das revoluções científicas*” (KUHN, 1998), uma das obras mais importantes do século XX na Filosofia da Ciência. Publicada no início da década de 60, essa obra causou grande revolução no modo de entender a ciência, pois era um dos primeiros a incorporar teses sociológicas de validação do conhecimento dito científico.

Outras obras de Thomas Kuhn merecem destaque. Sua primeira publicação acontece em 1957, “*Revolução Copernicana*” (KUHN, 1957); em 1962 é publicada a primeira edição da obra “*A estrutura das revoluções científicas*”; em 1977 é publicado o livro “*Tensão Essencial*” (KUHN, 1977) composto por uma coletânea de artigos publicados desde 1950; em 1987 publica “*Teoria do corpo negro*” (KUHN, 1987) trazendo uma leitura do desenvolvimento da Mecânica Quântica a partir da perspectiva da Estrutura; por fim, no ano 2000 é publicado (após a sua morte em 1996) o livro “*O caminho desde a estrutura: Ensaios Filosóficos de 1970-1993*” (KUHN, 2000).

O título da sua principal obra diz muito a respeito das suas ideias, mas ambos os termos não são invenções suas. Primeiramente, algumas leituras dos textos de Thomas Kuhn sugerem que o termo “Estrutura” é carregado de significados epistemológicos e filosóficos. Kuhn se apossa desse conceito do movimento filosófico Francês denominado Estruturalismo²² para destacar que, ao contrário do que pregava o empirismo, a ciência não era simplesmente composta de fatos isolados, mas era parte de uma estrutura mais complexa que, em diferentes épocas, apresentava características semelhantes (REIS, 2010).

A ideia de “Revolução Científica” é intrinsecamente ligada à questão historiográfica. De acordo com Kuhn, a história da ciência era vista comumente de maneira continuísta, como o resultado da acumulação gradativa de conhecimentos que eram sintetizados nos manuais científicos. Dessa forma, o cientista seria o responsável por acrescentar novos elementos à estrutura científica sempre progressista (crescente) e um exame histórico da ciência deveria ser capaz de evidenciar tais evoluções graduais assim como as dificuldades encontradas nesse percurso.

²² Doutrina filosófica que considera fundamental o conceito de estrutura para uma construção teórica e metodológica. “Por estrutura entende-se um sistema abstrato em que seus elementos são interdependentes e que permite, observando-se os fatos e relacionando diferenças, descrevê-los em sua ordenação e dinamismo” (JAPIASSÚ e MARCONDES, 2006).

De fato, segundo Kuhn, muitos esforços foram (e ainda são) direcionados na busca de evidências de tal regularidade. No entanto, essa visão é criticada por ele:

[...] nos últimos anos, alguns historiadores estão encontrando mais e mais dificuldades para preencher as funções que lhes são prescritas pelo conceito de desenvolvimento-por-acumulação. Como cronistas de um processo de aumento, descobrem que a pesquisa adicional torna mais difícil (e não mais fácil) responder a perguntas como: quando foi descoberto o oxigênio? Quem foi o primeiro a conceber a conservação da energia? Cada vez mais, alguns deles suspeitam de que esses simplesmente não são os tipos de questões a serem levantadas. Talvez a ciência não se desenvolva pela acumulação de descobertas e invenções individuais. Simultaneamente, esses mesmos historiadores confrontam-se com dificuldades crescentes para distinguir o componente "científico" das observações e crenças passadas daquilo que seus predecessores rotularam prontamente de "erro" e "superstição" (KUHN, 1998, p. 21).

Sendo assim, os livros e manuais científicos, criados com o intuito de reger os métodos do trabalho científico têm negligenciado aspectos cruciais no que diz respeito ao desenvolvimento da ciência. Como exemplo, Kuhn argumenta que esses textos costumam apontar para o escopo do conhecimento científico como algo puramente “[...] exemplificado de maneira ímpar pelas observações, leis e teorias descritas em suas páginas [...]” (KUHN, 1998, p. 20).

Tal fato torna evidente para Kuhn a “insuficiência das diretrizes metodológicas” no que se refere ao estabelecimento de procedimentos padrões para as várias questões do universo científico. Para ele, inúmeros outros fatores como a formação individual do cientista, suas crenças e experiências, exerceriam grande influência nos resultados particulares obtidos pelos cientistas.

Em muitos casos, antes mesmo da investigação ocorrer, já se tem ideia em que direção os dados devem apontar. Assim, a imagem do cientista como um profissional neutro, sempre em busca da verdade revela-se uma utopia; e aspectos como preconceitos e resistência a novas concepções estariam mais arraigados à prática científica do que geralmente se acreditava. Essas e outras características da comunidade científica são evidenciadas inclusive pelo modo como são treinados os cientistas para exercerem seu papel.

A ciência, portanto, não deveria ser vista como uma atividade puramente voltada à busca da verdade. Observa-se assim, na fala de Kuhn, um descolamento de uma concepção de ciência extremamente positivista, a qual expressa que o conhecimento incorporado hoje é composto da superação do erro e das superstições do passado.

Para ele, o conhecimento a respeito da natureza vigente em outros períodos históricos (chamados comumente de “crenças obsoletas”) não constituiria um saber menos científico e, inclusive, teria características subjetivas muito semelhantes aos saberes hegemônicos de hoje: “Se essas crenças obsoletas devem ser chamadas de mitos, então os mitos podem ser produzidos pelos mesmos tipos de métodos e mantidos pelas mesmas razões que hoje conduzem ao conhecimento científico” (KUHN, 1998, p. 21). Assim, tais saberes deveriam ser valorizados e observados por meio do prisma de seu próprio tempo.

Dessa forma, tem-se uma valorização de muitos aspectos antes ignorados no discurso científico, tornando a análise histórica da construção da ciência muito mais rica, especialmente do ponto de vista sociológico.

Assim, em oposição à perspectiva de mudanças graduais, cumulativas, e também em contraponto aos argumentos de Karl Popper (de que o trabalho do cientista deve ser o de submeter as teorias a teste e de refutá-las ao estarem em desacordo com as evidências lógico-experimentais), Kuhn propõe que uma análise histórica da ciência evidencia períodos característicos e atividades científicas distintas, porém integradas, são elas: a Ciência Normal e as Revoluções Científicas.

A Ciência Normal é definida por Kuhn como:

[...] a pesquisa firmemente baseada em uma ou mais realizações científicas passadas. Essas realizações são reconhecidas durante algum tempo por alguma comunidade científica específica como proporcionando os fundamentos para sua prática posterior (KUHN, 1998, p. 29).

Boa parte (quase tudo) que é produzido pela comunidade científica normal em um determinado período histórico é empregada na defesa e enrijecimento das tradições sobre as quais estão alicerçadas.

Tais tradições da comunidade científica é que determinam as regras para a resolução dos problemas encontrados na natureza. Essas tradições são estabelecidas a partir de concepções cujas realizações são fortes o suficiente para atrair a atenção e a adesão de parte significativa da comunidade científica; e, conseqüentemente, sobrepujar concepções conflitantes. Realizações que partilham dessas características são denominadas por ele de “paradigmas”.

Uma ciência amadurecida, para Kuhn, obedece a um padrão de transições sucessivas entre paradigmas. É a adesão dos cientistas ao paradigma que o qualifica a participar da comunidade científica.

O conceito de paradigma ocupa lugar de destaque na Epistemologia Kuhniana. De forma mais ampla, um paradigma pode ser compreendido como uma coleção de regras, metodologias, crenças, compromissos e valores adotados pela comunidade científica em determinado período, conferindo assim características unitárias básicas à atividade da ciência da época.

O período de “ciência normal” é, portanto, caracterizado pela organização de todo o trabalho científico em prol do desenvolvimento e fortalecimento do paradigma. Para Kuhn, há ciência quando um determinado campo do saber assume tal estrutura. A astronomia, por exemplo, é citada por ele como uma das primeiras áreas do conhecimento a se institucionalizar como ciência, status este adquirido graças ao estabelecimento de estruturas ordenadas regidas por um paradigma.

Característica comum dos paradigmas era a de que suas teorias e realizações deveriam ser minimamente abertas para uma série de problemas que pudessem ser deixados para serem resolvidos pela comunidade científica.

Assim sendo, um cientista normal deve concentrar esforços nas questões contempladas pelas regras do paradigma vigente. Thomas Kuhn argumenta: “Considero ‘paradigmas’ as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência” (KUHN, 1998, p. 13).

Essas realizações são reconhecidas durante algum tempo por alguma comunidade científica específica como fornecedoras dos fundamentos para sua prática posterior. São compostas por realizações científicas (teóricas e experimentais) que foram, suficientemente, convincentes para seduzir adeptos às suas concepções, apartando estes de concepções opostas de atividade científica.

Para Kuhn, a própria noção de verdade e de falsidade de teorias científicas fariam sentido e poderiam ser aplicadas apenas nos períodos de ciência normal, pois tal noção é condicionada ao que é assumido pela comunidade científica.

Kuhn destaca também, em sua epistemologia, que a ciência normal não se preocupa em procurar por novidades experimentais ou teóricas. E mais, para ele, quando o cientista normal é bem sucedido, não as encontra. Dessa forma, a atividade científica normal é comparada à simples resolução de quebra-cabeças (problemas da ciência normal) com base nessas regras estabelecidas pelo paradigma adotado pela comunidade (KUHN, 1979).

Quanto aos cientistas que não aderem ao paradigma, seus trabalhos são simplesmente deixados de lado, e tratados como “não-científicos”, bem como seus nomes riscados da lista restrita da comunidade.

Em relação à definição de paradigma, Kuhn recebe muitas críticas. Masterman (1979), por exemplo, afirma que no livro “A estrutura das Revoluções Científicas”, o conceito de paradigma é empregado em pelo menos vinte e um sentidos diferentes. Como resposta a essa e outras críticas, Kuhn, no posfácio de 1969 de sua principal obra, esclarece dois possíveis entendimentos para o conceito de paradigma.

Em um sentido mais global, o termo paradigma adquire o significado de “matriz disciplinar”. “Disciplinar”, pois se refere a uma disciplina em particular e “matriz”, por caracterizar à sua estrutura ordenada em diversos aspectos. Os elementos dessa matriz disciplinar (generalizações simbólicas, modelos particulares, valores compartilhados etc) nos remetem a um conjunto de compromissos de determinado grupo de cientistas (KUHN, 1998).

Já em um sentido mais restrito, o termo paradigma remete ao significado de “exemplos compartilhados”; constituindo um conjunto de soluções de problemas encontrados nos laboratórios, fazendo com que o estudante tenha fé no modelo estudado. Assim, mantendo-se viva a ideia de que o paradigma resolve todos os problemas, os estudantes são educados a aceitá-lo de forma dogmática (KUHN, 1998).

O atestado do caráter dogmático da ciência expresso por Kuhn em sua obra é, com certeza, um dos argumentos que mais incomodam seus opositores que veem na ciência o mais superior empreendimento humano, responsável por suas maiores descobertas.

Sobre esse aspecto, Kuhn argumenta:

A educação científica "semeia" o que a comunidade científica, com dificuldade, alcançou até aí – uma adesão profunda a uma maneira particular de ver o mundo e praticar a ciência. Tal adesão pode ser, e é, de tempos em tempos, substituída por outra, mas nunca pode ser facilmente abandonada. E, enquanto característica da comunidade dos praticantes profissionais, tal adesão mostra-se fundamental,

em dois aspectos, para a investigação produtiva. Definindo para cada cientista individual os problemas suscetíveis a serem analisados e ao mesmo tempo a natureza das soluções aceitáveis para eles, a adesão é de fato um elemento necessário à investigação. Normalmente o cientista é um solucionador de quebra-cabeças como um jogador de xadrez, e a adesão induzida pela educação é o que lhe dá as regras do jogo que se pratica no seu tempo. Na ausência delas, ele não seria um físico, um químico ou o que quer que fosse aquilo para que fosse preparado (KUHN, 1979, p. 25).

A educação científica decorrente desse dogmatismo tende a manter a estrutura metodológica de obtenção de resultados, bem como a rigidez conceitual de um corpo de teorias, dados e procedimentos já consagrado. Essa educação, encontrada nos livros, manuais e revistas técnicas, é responsável por manter e propagar a autoridade dessa estrutura paradigmática.

Dessa forma, a pesquisa experimental (que Kuhn define como “a investigação científica dos fatos”), um dos quebras cabeças mais valorizados pela comunidade científica, constitui o exercício mais básico do dogmatismo da ciência ao qual Kuhn se refere.

Por conseguinte, observa-se portanto, que a prática experimental é responsável pela maior adequação do paradigma à realidade. Assim, o paradigma torna-se mais valorizado, quanto mais “preciso experimentalmente”.

Sobre esse aspecto Kuhn argumenta:

Na condição tanto de ex-físico quanto de historiador da ciência física, estou inteiramente seguro de que, ao menos por um século e meio, os métodos quantitativos tem sido centrais no desenvolvimento dos campo que estudo. Por outro lado, estou igualmente convencido de que as noções mais difundidas hoje sobre a função da medição e a fonte de sua eficácia especial são amplamente derivadas de mitos (KUHN, 1977, p. 196).

Para Thomas Kuhn, o trabalho experimental nesses manuais geralmente apresentam três focos principais:

O primeiro foco é o de tentar ampliar a especificidade e capacidade explicativa do paradigma a respeito dos fatos que já demonstraram seu caráter desvelador da natureza das coisas. Por exemplo, “[...] na Física - as gravidades e as compressibilidades específicas dos materiais, comprimentos de onda e intensidades espectrais, condutividades elétricas e potenciais de contato [...]” (KUHN, 1998, p. 46).

Sobre esse aspecto Kuhn argumenta que em diversos casos, são concebidos novos aparatos experimentais com o intuito específico de esmiuçar questões já contempladas pelo paradigma.

Uma segunda, e mais restrita, classe observada no campo das “investigações científicas dos fatos” se refere aos esforços empregados na busca de novos pontos de convergência da teoria com a natureza com vistas a manter um acordo cada vez mais próximo entre elas. Como exemplo, ele cita a construção da máquina de Atwood, tida como a “primeira demonstração inequívoca da segunda Lei de Newton” sendo concebida quase um século depois da Publicação dos Princípios²³ de Newton (KUHN, 1998, p. 47).

Para Kuhn, essa categoria apresenta uma dependência muito mais explícita do paradigma do que a primeira, pois envolve a concepção e construção de aparelhos especiais que exigem que o cientista tenha o conhecimento do que se está a produzir e quais os resultados visa obter com esses novos dispositivos, afinal de contas, o apoio e financiamento desses empreendimentos dependem do sucesso de seus resultados.

A esses resultados também estão condicionados o futuro respaldo e a reputação do cientista frente à comunidade. No entanto tal status não é alcançado por meio da novidade de suas descobertas e sim pelos métodos que foram desenvolvidos e pela precisão com que refinaram os aspectos ligados ao paradigma.

Por fim, as “investigações científicas dos fatos” obedecem a uma terceira (e mais importante) classe observada por Kuhn, o trabalho empírico utilizado na articulação da teoria do paradigma, tendo em vista a solução de problemas e inconsistências remanescentes. Para Kuhn esta classe é composta de três subdivisões:

1^a) Parte dos esforços investigativos costuma ser empregada na busca por valores cada vez mais precisos dos valores das constantes físicas (Constante Gravitacional, Carga do elétron, etc.). Tais esforços não seriam concebidos sem uma teoria paradigmática que definisse e estruturasse o problema e as soluções esperadas.

2^a) Outra parte da atenção da comunidade costuma ser direcionada na busca de leis quantitativas (Lei de Boyle, Lei de Coulomb, etc). Ouve-se dizer que tais leis são obtidas por meio de aferições desinteressadas (coleta de dados sem compromisso teórico específico), no entanto, a própria concepção da aparelhagem empregada nessas

²³ *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (“Princípios Matemáticos da Filosofia Natural”). Obra em três volumes escrita por Isaac Newton, publicada em 1687.

investigações dependia do reconhecimento prévio de aspectos específicos do paradigma. Assim, as Leis quantitativas surgiram por meio da articulação do paradigma.

3ª) Finalmente, algumas experiências são empreendidas também para eleger modos alternativos de aplicação do paradigma à uma nova área de interesse. Por ter sido estabelecido para explicar um determinado número de fenômenos, um paradigma pode demonstrar-se ambíguo ao ser aplicado a outro conjunto de problemas. Dessa forma, experiências são necessárias para a escolha entre as possibilidades dessa nova área.

A visão do desenvolvimento científico a partir da obra de Thomas Kuhn permite, portanto, observar que “a ciência é uma troca irreduzível entre experimento e teoria e assim a separação total entre experimento e teoria não é desejável nem possível” (MILLAR, 1987 apud ARRUDA E LABURU, 1998, p. 21).

Dessa forma, o papel da experiência a partir da ótica de Thomas Kuhn é manter e propagar o que é aceito pela comunidade científica, ou seja, promover a articulação do paradigma e fazer com que ele esteja mais em conformidade com o que é observado, afinal, a experiência é toda definida a partir do paradigma e para a promoção do mesmo.

4. A experimentação nos cadernos de Física do Currículo oficial da Secretaria da Educação do estado de São Paulo

A Secretaria de Educação do Estado de São Paulo, no ano de 2007, estabelece uma série de compromissos ligados à melhoria da educação pública no estado a serem desenvolvidos no período de 2007 a 2010. Essa agenda de educação do governo estadual tinha como prioridade a promoção de atitudes que proporcionassem a melhoria da qualidade da aprendizagem dos alunos de seu sistema de ensino, bem como a melhoria das condições de trabalho dos professores. Dentre as metas estabelecidas nesse plano estão a alfabetização de todas as crianças com 8 anos de idade e a diminuição em 50% das taxas de repetência. Para que fossem atingidas essas metas uma série de ações foi programada, entre essas, a elaboração e divulgação de propostas curriculares para a educação básica de São Paulo com vistas à unificação do ensino no estado (SÃO PAULO, 2007).

Em cumprimento a essas ações, no ano de 2008 é lançada a Proposta Curricular do Estado de São Paulo na qual a Secretaria da Educação estabelecia os currículos do ensino fundamental e médio a serem desenvolvidos em todas as escolas da rede pública do estado. O início da implantação da nova proposta curricular ocorreu com a distribuição dos materiais publicados pela Secretaria da Educação, em especial, do “Jornal do Aluno”, da “Revista do Professor” e demais materiais de apoio. A orientação da Secretaria era para que o Jornal do Aluno fosse utilizado em um período de 42 dias letivos no início do referido ano como forma de “recuperar” os alunos, priorizando as competências de leitura, produção de texto e matemática, a serem verificadas em uma avaliação institucional ao final desse período (SÃO PAULO, 2008).

Ainda em 2008, após o período de recuperação, é distribuído para todo o corpo docente da rede pública de ensino o “Caderno do Professor”, com sequências didáticas e sugestões de trabalho nas quais o professor podia se basear para desenvolver o conteúdo previsto na proposta curricular.

Finalmente, em 2009, é distribuído aos estudantes de todas as séries o material denominado “Caderno do Aluno”, no qual o estudante podia registrar suas anotações, desenvolver as atividades propostas e resolver os exercícios com a devida mediação do professor. Por fim, com a implantação dessa última etapa, em 2010, a Proposta Curricular é consolidada como Currículo Oficial da rede pública estadual.

Em sua estrutura atual (atualizada em 2011) o currículo estabelece que os cadernos utilizados nas escolas paulistas contêm as orientações básicas para o trabalho docente em sala de aula, com vistas à difusão do conhecimento das disciplinas e a promoção de competências e habilidades desejáveis à formação de estudantes capazes de enfrentar os desafios sociais, culturais e profissionais do mundo hodierno.

De acordo com o próprio currículo:

Esses conteúdos, habilidades e competências são organizados por série/ano e acompanhados de orientações para a gestão da aprendizagem em sala de aula e para a avaliação e a recuperação. Oferecem também sugestões de métodos e estratégias de trabalho para as aulas, experimentações, projetos coletivos, atividades extraclasse e estudos interdisciplinares (SÃO PAULO, 2011, p. 8).

A necessidade de promover um ensino que relacione as dimensões teórica e prática em cada disciplina do currículo também são destacadas:

A relação entre teoria e prática não envolve necessariamente algo observável ou manipulável, como um experimento de laboratório ou a construção de um objeto. Tal relação pode acontecer ao se compreender como a teoria se aplica em contextos reais ou simulados. Uma possibilidade de transposição didática é reproduzir a indagação de origem, a questão ou necessidade que levou à construção de um conhecimento – que já está dado e precisa ser apropriado e aplicado, não obrigatoriamente ser “descoberto” de novo. [...] A lei determina corretamente que a relação entre teoria e prática se dê em cada disciplina do currículo, uma vez que boa parte dos problemas de qualidade do ensino decorre da dificuldade em destacar a dimensão prática do conhecimento, tornando-o verbalista e abstrato (SÃO PAULO, 2011, p. 21).

A disciplina de Física, junto com as demais disciplinas científicas, forma a grande área denominada “Ciências da Natureza e suas tecnologias”. No ensino fundamental as diferentes ciências são agrupadas e, embora possuam métodos e características próprias, nessa fase busca-se privilegiar aspectos qualitativos comuns dessas disciplinas, bem como conceitos, procedimentos, critérios de experimentação e de análise. No ensino médio, objetivando um maior aprofundamento conceitual e metodológico dessas disciplinas, o currículo da Física recebe uma sistematização curricular mais detalhada.

Com relação às competências e habilidades a serem desenvolvidas no ensino da Física descritas no currículo, destaca-se a busca pela formação de alunos que incorporem o caráter “questionador, inventivo e prático das ciências [...]”, o que corresponderia a fazer uso dos conhecimentos adquiridos em sala de aula para atuar em situações cotidianas, bem como habilidades relacionadas à prática científica em geral, tais como: “formular questões; realizar observações; selecionar variáveis; estabelecer relações; interpretar, propor e fazer

experimentos; formular e verificar hipóteses; diagnosticar e enfrentar problemas, individualmente ou em equipe” (SÃO PAULO, 2011, p. 29).

Nota-se, portanto, uma preocupação evidente com a incorporação de atividades experimentais, tendo em vista o combate à tradicional abordagem enciclopédica da escola, com vasta gama de informação, porém limitando o estudante ao papel de observador e receptor passivo. Para isso, os autores avaliam que sejam privilegiadas atividades que não se limitem a observações ou experiências demonstrativas ou laboratoriais, “mas que envolvam percepções do mundo real, em que a participação e o registro feito pelos alunos sejam relevantes” (SÃO PAULO, 2011, p. 30).

Em relação às propostas de experimentação para o ensino médio, os autores argumentam:

Com relação a atividades experimentais, essa etapa já é apropriada para observações e registros mais criteriosos, precedidos por orientações voltadas aos procedimentos relacionados à tomada de dados quantitativos e qualitativos, assim como para a condução de projetos de investigação com relativa autonomia dos estudantes (SÃO PAULO, 2011, p. 30).

Destaca-se ainda no currículo a valorização da experimentação como uma das dimensões mais importantes a serem trabalhadas no ensino da Física por estar, segundo os autores, intimamente ligada ao próprio nascimento da ciência moderna. Sobre esse aspecto, os autores argumentam:

A experimentação, por sua vez, tem sido identificada apenas com as práticas laboratoriais e tem servido de pano de fundo para o exercício do suposto “método científico”. Não se deve descuidar da introdução do domínio empírico nas aulas de Física, mas isso pode ser feito de diversas maneiras, recorrendo a objetos e equipamentos de uso cotidiano, como cata-ventos, seringas de injeção, molas, alto-falantes e controles remotos, que podem servir para demonstrar fenômenos a serem discutidos. O uso de filmes comerciais e didáticos, envolvendo fenômenos naturais, tecnologias e montagens experimentais, também permite introduzir na sala de aula a dimensão empírica. A própria vivência dos estudantes, como participantes de um mundo rico em fenômenos percebidos e objetos manipuláveis, pode servir de conteúdo empírico a ser tratado no ensino e na aprendizagem da Física. Entende-se, dessa maneira, que a experimentação engloba muito mais do que a prática laboratorial, sendo esta última apenas uma entre várias práticas internas do fazer do físico. (SÃO PAULO, 2011, p. 101)

Na nova edição dos materiais do professor e do aluno para o quadriênio 2014-2017, os Cadernos foram reestruturados (de acordo com os autores, para atender às sugestões e demandas dos professores) e passam a ser compostos por dois volumes semestrais, por disciplina, para cada série do Ensino Médio. A justificativa para essa alteração era

proporcionar maior autonomia ao professor no planejamento do trabalho com os conteúdos e habilidades estabelecidos no currículo oficial do estado (SÃO PAULO, 2014).

Os cadernos são fragmentados por “blocos temáticos”, distribuídos nos três anos do Ensino Médio conforme o quadro de Conteúdos exposto na tabela:

	1ª série	2ª série	3ª série
VOLUME 1	<p>MOVIMENTOS: GRANDEZAS, VARIAÇÕES E CONSERVAÇÕES</p> <ul style="list-style-type: none"> – Grandezas do movimento: identificação, caracterização e estimativa – Quantidade de movimento linear, variação e conservação – Leis de Newton – Trabalho e energia mecânica – Equilíbrio estático e dinâmico 	<p>CALOR, AMBIENTE E USOS DE ENERGIA</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fenomenologia: calor, temperatura e fontes – Trocas de calor e propriedades térmicas da matéria – Aquecimento e clima – Calor como energia – Máquinas térmicas – Entropia e degradação de energia 	<p>EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> – Circuitos elétricos – Campos e forças eletromagnéticas – Motores e geradores – Produção e consumo de energia elétrica
VOLUME 2	<p>UNIVERSO, TERRA E VIDA</p> <ul style="list-style-type: none"> – Universo: elementos que o compõem – Interação gravitacional – Sistema Solar – Origem do universo e compreensão humana 	<p>SOM, IMAGEM E COMUNICAÇÃO</p> <ul style="list-style-type: none"> – Som: fonte, características físicas e usos – Luz: fontes e características físicas – Luz e cor – Ondas eletromagnéticas e transmissões eletromagnéticas 	<p>MATÉRIA E RADIAÇÃO</p> <ul style="list-style-type: none"> – Matéria, suas propriedades e organização – Átomo: emissão e absorção da radiação – Fenômenos nucleares – Partículas elementares – Microeletrônica e informática

Tabela 1 – Quadro de conteúdos do ensino médio (SÃO PAULO, 2014, p. 126).

Para o desenvolvimento de cada um dos temas são apresentadas “*Situações de Aprendizagem*”, propostas aos estudantes a partir de questões cotidianas relacionadas às teorias da Física. Sobre essas atividades os autores argumentam:

Este Caderno propõe Situações de Aprendizagem que foram elaboradas com o propósito de auxiliar o professor no desenvolvimento de aulas de Física cada vez

mais instigantes aos seus alunos e, ao mesmo tempo, contribuir para a formação de indivíduos capazes de participar do processo de transformação da sociedade de forma mais consciente em relação às questões sociais, ambientais e tecnológicas (SÃO PAULO, 2014, p. 6).

Tais situações de aprendizagem são compostas por questões introdutórias, atividades em grupo e, dentre outras propostas, os roteiros de experimentação.



Figura 1 – Reprodução: Caderno do Aluno (SÃO PAULO, 2014).

O Volume 1 do primeiro ano é dividido em cinco temas: o primeiro deles, “*Grandezas do movimento: identificação, caracterização e estimativa de valores*”, é composto por três situações de aprendizagem, nas quais não constam roteiros de experimentação; no segundo tema, “*Quantidade de movimento linear: variação e conservação*”, composto por cinco situações de aprendizagem, encontra-se o roteiro de experimentação “*Compensando os movimentos na ação de forças internas*”; no terceiro tema, “*Leis de Newton*”, composto por duas situações de aprendizagem, também não há roteiros de experimentação; no quarto tema, “*Trabalho e Energia Mecânica*”, desenvolvido em três situações de aprendizagem, encontra-se o roteiro de experimentação “*Lata ioiô*”; por fim, o quinto tema, “*Equilíbrio Estático e dinâmico*”, composto por cinco situações de aprendizagem, apresenta os roteiros de experimentação “*Dinamômetro*”, “*Balança de braços*” e “*Por que as maçanetas das portas sempre estão distantes das dobradiças?*”.

O Volume dois do primeiro ano é dividido em quatro temas: o primeiro tema, “*Universo: elementos que o compõem*”, é composto por cinco situações de aprendizagem, nas quais constam os roteiros de experimentação “*O formato da Terra*”, “*A Terra e a Lua*”, “*Os planetas*” e “*Montando uma constelação*”; o segundo tema, “*Interação gravitacional*”, é formado por uma situação de aprendizagem que não apresenta roteiro de experimentação; o tema três, “*Universo, Terra e vida: Sistema Solar*”, traz três situações de aprendizagem e o roteiro de experimentação “*Órbita de uma sonda espacial*”; finalmente, o quarto tema, “*Universo, Terra e vida: origem do Universo e compreensão humana*”, apresenta duas situações de aprendizagem e nenhum roteiro de experimentação.

No total, para os cadernos de Física da primeira série do Ensino médio do Currículo do Estado de São Paulo constam dez atividades denominadas “*Roteiro de Experimentação*”, distribuídas entre as 28 situações de aprendizagem a serem desenvolvidas em sala de aula.

Para os Alunos do segundo ano do ensino médio, o material, também dividido em dois volumes semestrais, tem a seguinte composição temática em seu primeiro caderno: o primeiro dos seis temas deste volume, “*Fenomenologia: calor, temperatura e fontes*”, é composto por quatro situações de aprendizagem, e conta com um roteiro de experimentação denominado “*Construindo um termômetro*”; o segundo tema, “*Trocas de calor e propriedades térmicas da matéria*”, apresenta quatro situações de aprendizagem e os roteiros de experimentação “*Conduzindo, ‘convectando’, irradiando: é o calor em trânsito!*”, “*Quem libera mais calor?*” e “*O mais energético*”; o terceiro tema, “*Aquecimento e clima*”, é formado por três situações de aprendizagem e apresenta os roteiros de experimentação “*As brisas*” e “*Temperaturas muito, muito baixas*”; o tema de número quatro, “*Calor como energia*”, é composto de duas situações de aprendizagem e conta com dois roteiros de experimentação: “*O equivalente mecânico do calor*” e “*Eolípila*”; o quinto tema, “*Máquinas térmicas*”, apresenta quatro situações de aprendizagem e nenhum roteiro de experimentação; o sexto e último tema deste primeiro volume, “*Entropia e degradação da energia*”, é formado por duas situações de aprendizagem e nenhum roteiro de experimentação.

O Volume dois do segundo ano tem a seguinte divisão temática: o primeiro tema, “*Som: fontes, características físicas e usos*”, é formado por cinco situações de aprendizagem e traz o roteiro de experimentação “*Fazendo um som*”; o segundo tema, “*Luz: fontes e características físicas*”, é composto por quatro situações de aprendizagem e conta com os roteiros de experimentação: “*A câmara escura*”, “*Refletindo: Espelhos Planos/Espelhos Cilíndricos*” e “*Refratando*”; o terceiro tema, “*Luz e cor*”, apresenta quatro situações de aprendizagem e os roteiros de experimentação: “*A caixa de cores*”, “*Decompondo a luz branca*”, “*Misturando as cores ... de luzes*”, “*Misturando as cores ... de tintas*” e “*Sombras coloridas*”; finalmente, o quarto e último tema deste volume, “*Ondas eletromagnéticas e transmissões eletromagnéticas*”, é composto por três situações de aprendizagem e conta com os roteiros de experimentação: “*Fazendo onda*” e “*Bloqueando onda*”.

Totalizando, nos cadernos de Física da segunda série do ensino médio constam 20 roteiros de Experimentação, distribuídos entre as 35 situações de aprendizagem propostas no material.

O terceiro ano do ensino médio apresenta a seguinte divisão de temas em seu primeiro volume: o primeiro tema “Circuitos elétricos” é desenvolvido em seis situações de aprendizagem e apresenta o roteiro de experimentação “Montando um circuito elétrico”; o tema dois, “Campos e forças eletromagnéticas”, é composto por cinco situações de aprendizagem e apresenta os roteiros de experimentação “*Conhecendo as linhas de campo de um ímã*”, “*Construa a própria bússola*”, “*Campo magnético de uma corrente elétrica*” e “*Gerando energia elétrica com um ímã*”; o terceiro tema, “*Motores e geradores: produção de movimento*”, é formado por duas situações de aprendizagem e conta com os roteiros de experimentação “*Construindo um motor elétrico*” e “*Entendendo os geradores de eletricidade*”; por fim, o quarto tema, “*Produção e consumo de energia elétrica*” é composto por três situações de aprendizagem e não apresenta nenhum roteiro de experimentação.

O Volume dois do terceiro ano do ensino médio é dividido em quatro temas: o primeiro tema, “*Matéria, suas propriedades e organização. Átomo: emissão e absorção da radiação*”, é composto por sete situações de aprendizagem e apresenta os roteiros de experimentação “*Observando algo invisível!*”, “*Dados quânticos*”, “*Montando um espectroscópio*”, “*Viajando até as estrelas*” e “*O poderoso laser*”; o segundo tema deste volume, “*Fenômenos nucleares*” é formado por três situações de aprendizagem e conta com os roteiros de experimentação “*Construindo um núcleo*”, “*Um quebra-cabeça radioativo*” e “*O que há por dentro do corpo humano?*”; o terceiro tema, “*Partículas Elementares*”, é composto por seis situações de aprendizagem e apresenta o roteiro de experimentação “*Diferentes reações em câmaras de bolhas*”; finalmente, o quarto tema deste último caderno do ensino médio, “*Microeletrônica E Informática*”, apresenta três situações de aprendizagem e o roteiro de experimentação “*Conversando em sala de aula*”.

Os dois volumes direcionados à terceira série do Ensino médio são compostos, portanto, por 32 situações e aprendizagem, nas quais são distribuídos 17 roteiros de experimentação.

A seguir, a análise dos roteiros selecionados.

5. Análise dos roteiros de experimentação selecionados

Para esta análise, em virtude do grande número de atividades propostas nos cadernos, foi selecionado um roteiro de experimentação de cada série do ensino médio. O critério utilizado para seleção foi o de afinidade com os temas da Física trabalhados nas atividades experimentais. As situações de aprendizagem nas quais encontram-se os roteiros escolhidos são reproduzidas no ANEXO - B do trabalho, tanto o Caderno do Aluno quanto o do Professor.

Por meio das concepções expostas no capítulo 3 (A experiência e a epistemologia), buscou-se observar em que contexto e sobre quais concepções epistemológicas estão calcadas as propostas de experimentação. Para isso essas atividades foram analisadas à luz de algumas categorias. De acordo com essas categorias, o experimento seria utilizado para:

1. Comprovação das teorias científicas (Modelo Empirista)

As propostas de experimentação são apresentadas como se o conhecimento dependesse exclusivamente da experiência e pudesse ser estabelecido simplesmente por meio da análise daquilo que se percebe pelos sentidos.

2. Submeter as teorias científicas a testes (Modelo Popperiano)

Tendo em vista que não se pode chegar ao conhecimento verdadeiro, pode-se, entretanto, aumentar a confiabilidade do conhecimento por meio de testes experimentais (tentativas de falseamento). Nesse caso entende-se que a experiência permite o debate aberto entre conjecturas.

3. Articulação e fortalecimento das teorias científicas (Modelo Kuhniano)

Toda prática científica tem por objetivo promover o paradigma dominante; a experiência é sempre proposta e estabelecida pelo paradigma e para a sua articulação. A experiência é que possibilita a adequação do paradigma à realidade.

Algumas características dessas concepções são sintetizadas na tabela 2:

	Empirista	Popperiano	Kuhniano
A experiência segundo o Modelo ...	<ul style="list-style-type: none"> – a partir da experiência é possível construir generalizações; – por meio da repetição tem-se segurança para inferir conexões entre as qualidades sensíveis do fenômeno (aquilo que é percebido pelos sentidos) às qualidades ocultas por trás do mecanismo em questão; – o hábito (ou costume) impele o ser humano de forma instintiva a esperar que os eventos futuros sejam como os eventos presentes na memória; – o conhecimento do mundo físico é obtido pela e na experiência. 	<ul style="list-style-type: none"> – a ciência é composta por enunciados (conjecturas criadas racionalmente); – a experiência não pode comprovar a veracidade de uma teoria; – a ciência caminha por meio das tentativas de falseamento das teorias. – a experiência é uma das formas de se submeter uma teoria (conjectura) a teste. – a experiência é um dos critérios de falseamento das teorias; – as teorias científicas devem ser abertas às tentativas de falseamento; 	<ul style="list-style-type: none"> – toda a prática da ciência normal é regida por um paradigma; – a experiência é toda construída para promover, articular e consolidar o paradigma; – a prática experimental é dogmática; – a prática científica é uma “troca irreductível” entre a teoria e o experimento (não é possível separá-las); – não há verdade final a ser alcançada.

Tabela 2: O papel da experiência segundo os modelos apresentados no capítulo 3.

5.1. Análise – Roteiro de Experimentação – 1ª série do Ensino Médio

Dos cadernos da primeira série do ensino médio, foi selecionado o roteiro de experimentação “*Compensando os movimentos na ação de forças internas*”²⁴.



ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

Compensando os movimentos na ação de forças internas

Com seus colegas, faça um experimento: providenciem um carrinho movido a corda ou fricção, alguns lápis roliços e uma cartolina ou um pedaço de isopor, como está indicado na figura.

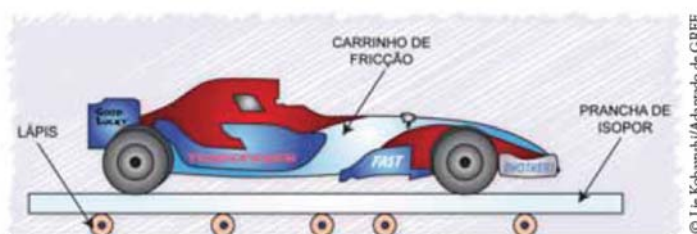


Figura 2 - Roteiro de experimentação
Reprodução – Caderno do Aluno (SÃO PAULO, 2014).

²⁴ Cadernos do aluno e do professor – 1ª série – Volume 1 – Tema 2, “*Quantidade de movimento linear: variação e conservação*” – Situação de Aprendizagem 6 (Reproduzida no ANEXO B).

As questões apresentadas para o desenvolvimento dessa atividade experimental são:

1. A seguir, responda: será que o “chão” vai se mover para compensar o movimento do carrinho? Descreva o que ocorre.
2. Repita a atividade acrescentando mais placas de isopor sobre os lápis ou mais pedaços de cartolina, uns em cima dos outros, para aumentar a massa do “chão” por onde o carrinho anda. O que acontece?
3. Repita a atividade sem usar os lápis. Coloque apenas o isopor sobre o chão. O que acontece?
4. Por que, enquanto o carrinho permanece na sua mão com as rodas no ar, mesmo que a roda dele esteja girando, ele não faz força para frente? Por que o carrinho vai para frente e o “chão” se move para trás quando você solta o carrinho no chão ou no isopor?
5. Discuta com seus colegas a importância do atrito para vocês conseguirem ficar em pé parados, para começarem a andar e para modificarem o movimento durante uma caminhada. Anote as conclusões.
6. Registre as principais conclusões a que vocês chegaram durante a realização deste Roteiro de experimentação (SÃO PAULO, 2014, p. 31-33).

De acordo com o caderno do professor, essa atividade é apresentada aos alunos após serem trabalhados em sala de aula alguns conceitos importantes, como o de quantidade de movimento, o princípio da conservação da quantidade de movimento (Situação de Aprendizagem 4) e a relação destes com o conceito de força (Situação de Aprendizagem 5). Assim, nessa situação de aprendizagem, é proposto que “a discussão da produção do movimento seja realizada por meio das variações das quantidades de movimento nas partes do sistema e de sua conservação no sistema todo” (SÃO PAULO, 2014, p. 37).

As questões propostas pedem para que os alunos, após uma série de repetições, registrem conclusões conceituais do que foi observado por meio da realização do experimento. Observa-se previamente na argumentação utilizada nas questões, a imagem de que com a realização do experimento os alunos são levados a uma construção conceitual do tema abordado. Tais elementos, de certa forma, concordam com características experimentais descritas no primeiro modelo (Comprovação da Teoria), tais como, construir generalizações a partir do que é observado e ter segurança para inferir propriedades a partir do que é percebido pelos sentidos, após uma série de repetições.

Utilizando-se de variações das condições da experiência, percebe-se que essa construção conceitual teria maior riqueza de informação. A realização de generalizações com base em dados coletados da experiência é também característica marcante do modelo empirista. Entende-se, portanto, que muitos elementos dessa proposta indicam que a experiência é utilizada para que se possa perceber as qualidades dos fenômenos estudados e, conseqüentemente, a teoria é decorrente dessa percepção.

Indícios a respeito dessa concepção de experiência podem ser encontrados a partir do que se pretende desenvolver com o tema. Para tanto, alguns elementos concordantes com a concepção exposta anteriormente como “identificar movimentos [...]”, “reconhecer causas da variação de movimento [...]”, “reconhecer a conservação da quantidade de movimento, a partir da observação, análise e experimentação de situações concretas [...]” podem ser observados no registro de competências e habilidades²⁵ (SÃO PAULO, 2011, p. 103-104).

É claro que a concepção de trabalho experimental desenvolvida em sala de aula depende muito mais da abordagem do docente do que propriamente das minúcias selecionadas na escrita do material. Por exemplo, trechos como o que segue:

As questões introduzidas antes do Roteiro de experimentação fazem emergir elementos do senso comum que reforçam a concepção de que o movimento é gerado isoladamente, sem necessidade de compensação, visão que se contrapõe as teorias científicas (SÃO PAULO, 2014, p. 39).

Tendo em vista que se deve enfrentar elementos de senso comum que se opõem a teorias científicas, entende-se que o experimento é utilizado também para doutrinar os estudantes a partir de uma estrutura conceitual já estabelecida, característica, portanto, do terceiro modelo (Articulação e fortalecimento das teorias científicas). Outros trechos podem ser interpretados a partir dessa concepção; exemplo disso é a seleção de material especificamente adequado para a atividade: “Na questão 1, você deve escolher adequadamente o tamanho da cartolina ou do isopor, selecionando o tamanho das placas em função do carrinho que for usado no experimento” (SÃO PAULO, 2014, p. 39).

Essa concepção de trabalho experimental pode ser observada ainda em:

[...] utilizar modelo explicativo de movimento para compreender a variação e a compensação dos movimentos de translação; utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas; analisar e prever fenômenos ou resultados de experimentos científicos organizando e sistematizando informações dadas (SÃO PAULO, 2014, p. 37).

Pode-se extrair de trechos como o anterior, que o experimento seria utilizado apenas para reforçar nos manuais a estrutura conceitual já estabelecida por uma comunidade científica, fomentando assim, a formação de novos adeptos.

Por fim, há uma breve menção no registro de competências e habilidades, que recomenda que a atividade serviria para também “comparar modelos explicativos das

²⁵ Reproduzido no ANEXO – A.

variações no movimento pelas leis de Newton” (SÃO PAULO, 2011, p. 104). Tal afirmação, pode sugerir o embate entre conjecturas obtidas racionalmente, concordando em parte com o segundo modelo (Submeter as teorias a testes). A questão de número 1, “A seguir, responda: será que o “chão” vai se mover para compensar o movimento do carrinho? Descreva o que ocorre” (SÃO PAULO, 2014, p. 31), pode também remeter a ideia de se submeter uma conjectura ao teste experimental. Mas, outros elementos que poderiam sugerir uma concepção próxima ao modelo popperiano não foram encontrados neste roteiro.

A análise do roteiro da 1ª série do ensino médio pode evidenciar ainda uma tendência mais genérica. A partir de uma leitura mais ampla do material (não restrita a observação de tendências nos textos analisados) observa-se que, apesar de boa parte das justificativas quanto ao papel da experiência encontradas nas atividades apontarem para uma concepção próxima do modelo empirista, a estrutura proposta para o trabalho em sala de aula se aproxima mais do modelo kuhniano de experiência, com atividades pensadas para o desenvolvimento de conhecimentos já estabelecidos, e com a incorporação de atividades e conceitos já consagrados na literatura científica.

5.2. Análise – Roteiro de Experimentação – 2ª série do Ensino Médio

O roteiro de experimentação selecionado dos cadernos da segunda série do ensino médio foi “*Conduzindo, ‘convectando’, irradiando: é o calor em trânsito!*”²⁶.



ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

Nesta atividade, você compreenderá alguns processos de troca térmica que ocorrem cotidianamente. Serão três experimentos muito fáceis de serem realizados e que possibilitarão entender inúmeros eventos que ocorrem no dia a dia.

Figura 3a - Roteiro de experimentação – parte 1
Reprodução – Caderno do Aluno (SÃO PAULO, 2014, p. 26).

²⁶ Cadernos do aluno e do professor – 2ª série – Volume 1 – Tema 2, “*Trocas de calor e propriedades térmicas da matéria*” – Situação de Aprendizagem 6 (Reproduzida no ANEXO B).




Calor em trânsito		Materiais
Conduzindo	<ul style="list-style-type: none"> • velas; • pedaço de arame com aproximadamente 30 cm; • alicate. 	
“Convectando”	<ul style="list-style-type: none"> • vela; • linha; • folha de papel; • tesoura. 	
Irradiando	<ul style="list-style-type: none"> • vela. 	

Figura 3b - Roteiro de experimentação – parte 2
Reprodução – Caderno do Aluno (SÃO PAULO, 2014, p. 26).

Para o desenvolvimento do tema dois (“*Trocas de calor e propriedades térmicas da matéria*”) são apresentados primeiramente conceitos como temperatura, calor e noções do modelo cinético molecular.

Na situação de aprendizagem selecionada, passa-se a conceituar os processos de transferência de calor por meio do roteiro de experimentação. Há, no caderno do professor, a recomendação de que essa atividade pode ser realizada pelo docente como uma demonstração dos processos de transferência de calor. Sobre essa atividade, o material do professor destaca ainda que: “A Situação de Aprendizagem 6 traz alguns experimentos simples, clássicos no ensino de Física, mas que permitem discutir os processos de condução, convecção e irradiação” (SÃO PAULO, 2014, p. 29).

Dessa atividade experimental é possível extrair afirmações concordantes com o primeiro modelo (Comprovação da Teoria) em trechos que sugerem que com a realização do experimento os alunos compreenderiam os conceitos da Física, como o da introdução do roteiro:

Nesta atividade, você compreenderá alguns processos de troca térmica que ocorrem cotidianamente. Serão três experimentos muito fáceis de serem realizados e que possibilitarão entender inúmeros eventos que ocorrem no dia a dia (SÃO PAULO, 2014, p. 26).

Tal concepção pode ser observada também nas questões seguintes, nas quais o roteiro recomenda que os alunos relatem suas percepções após a realização do experimento. Algumas dessas questões, entretanto, envolvem apenas a observação do que acontece:

Como você explica o que aconteceu? Relate acontecimentos ou fenômenos que você observa em seu dia a dia que parecem estar relacionados com essa experiência. [...]

Relate o que ocorreu com o móbil. Explique o ocorrido. [...]

Relate acontecimentos ou fenômenos que você observa em seu dia a dia que parecem estar relacionados com essa experiência. [...]

Procure relatar o que ocorreu descrevendo como o calor foi transferido para suas mãos. [...]

Relate acontecimentos ou fenômenos que você observa em seu dia a dia que parecem estar relacionados com essa experiência. [...] (SÃO PAULO, 2014, p. 27-28).

Na sessão “Leitura e análise de texto” encontram-se afirmações que podem também remeter à concepção de que o conhecimento a respeito dos processos de transferência de calor é obtido por meio dos experimentos:

No primeiro experimento realizado, a haste metálica esquenta como um todo, ainda que somente sua ponta tenha contato direto com a chama. Isso mostra que o calor se propagou pelo material que a constitui. Mas como será que isso acontece? Você pode responder a essa pergunta por meio do que aprendeu até agora sobre calor, temperatura e modelo microscópico da matéria.

[...] O processo de condução, evidenciado nesse experimento, revela como o calor se propaga nos corpos sólidos.

[...] Assim, por estarem mais “livres”, a propagação do calor nos líquidos e nos gases quase não ocorre por condução. O funcionamento do “móbil” é então explicado pelo processo de convecção. As camadas de ar situadas próximas à chama da vela aquecem mais rapidamente do que as camadas superiores (SÃO PAULO, 2014, p. 29).

No caderno do professor encontra-se argumentação semelhante em trechos que sugerem que os experimentos “evidenciam” os conceitos trabalhados e outros que afirmam ser possível “identificar” características por meio da atividade:

Nesta Situação de Aprendizagem propomos experimentos que evidenciam os processos de condução, convecção e irradiação, possibilitando aprofundar as formas de troca de calor [...]

Competências e habilidades: identificar fenômenos, fontes e sistemas que envolvem calor para a escolha de materiais apropriados a diferentes situações ou para explicar a participação do calor nos processos naturais e tecnológicos; identificar os diferentes processos de trocas de calor (condução, convecção e irradiação) e diferenciar seus respectivos modelos explicativos (calor como processo e calor como radiação térmica).

Sugestão de estratégias: variadas atividades experimentais para conduzir as discussões acerca dos diferentes processos de transferência de calor (SÃO PAULO, 2014, p. 35).

Após o desenvolvimento do experimento, pede-se que o professor sistematize os modelos científicos dos processos de transferência de calor:

Durante o experimento sobre a condução, saliente que a haste metálica esquenta, ainda que somente sua ponta tenha contato direto com a chama, indicando que o calor se propagou através do material que a constitui. Explique que as moléculas da parte que está em contato com a chama ganham energia cinética extra. Ao vibrarem mais, a energia potencial de interação com as moléculas vizinhas é

alterada, e essas interações se propagam por toda a haste, aumentando a temperatura das partes que não estavam em contato direto com a fonte de calor. [...] A convecção explica o funcionamento de um “móvil”. Mostre aos alunos como no aquecimento da água em uma panela ocorre o mesmo processo (além da condução e irradiação). Eles devem compreender que as camadas de água situadas no fundo da panela aquecem mais rapidamente do que as camadas superiores, em razão da proximidade com a chama do fogão. Assim, as camadas mais quentes se dilatam, tornando-se menos densas que as outras, o que gera uma corrente de convecção, de forma que as camadas mais densas (mais frias) descem e as menos densas (mais quentes) sobem (SÃO PAULO, 2014, p. 38).

De trechos como o anterior, observa-se que o experimento é utilizado também para reforçar e doutrinar os estudantes de acordo com uma estrutura conceitual já estabelecida pela uma comunidade científica, característica do modelo kuhniano.

Destaca-se nesse roteiro a ausência de elementos que pudessem ser relacionados a uma visão do experimento como responsável pelo teste das teorias científicas elaboradas racionalmente.

A análise do roteiro da 2ª série do ensino médio também evidencia que a partir de uma leitura mais ampla do material a estrutura proposta para o trabalho em sala de aula é mais próxima do modelo kuhniano de experiência (atividades pensadas para o doutrinação dos estudantes, articuladas com conhecimentos já estabelecidos), mesmo que boa parte das justificativas utilizadas no texto apontem para uma concepção empirista.

5.3. Análise – Roteiro de Experimentação – 3ª série do Ensino Médio

Dos cadernos da terceira série do ensino médio foi selecionado o roteiro de experimentação “*Percepção dos campos e sua natureza*”²⁷.



ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

Percepção dos campos e sua natureza^a

Antes de iniciar a atividade, “brinque” com os seguintes objetos: um ímã, um canudo de refresco e três pêndulos construídos com esferas de isopor (em um pêndulo, a esfera de isopor não será alterada; em outro, a esfera vai esconder um pedaço de clipe; e, no terceiro, a esfera esconderá um ímã).

Importante: antes de começar a atividade, embaralhe os pêndulos para que você não saiba qual é a composição de cada um e os numere de 1 a 3.

Figura 4a - Roteiro de experimentação – parte 1
Reprodução – Caderno do Aluno (SÃO PAULO, 2014, p. 36).

²⁷ Cadernos do aluno e do professor – 3ª série – Volume 1 – Tema 2, “*Campos e forças eletromagnéticas*” – Situação de Aprendizagem 7 (Reproduzida no ANEXO B).

Aproxime o canudo de refresco dos três pêndulos e observe o que acontece. Em seguida, atrite o canudo de refresco uma única vez, mas de forma vigorosa, com um pedaço de papel higiênico; aproxime-o dos pêndulos e observe o que acontece. Aproxime também o ímã dos três pêndulos e observe.

Veja que em algumas situações os objetos vão se atrair – chamaremos isso de atração. Em outras situações, os objetos vão se repelir – a isso chamaremos de repulsão.

Complete a tabela a seguir anotando suas observações. Veja se ocorre atração, repulsão, ou se nada acontece ao aproximar de cada uma das esferas dos pêndulos os seguintes corpos: um canudinho, um canudinho eletrizado (eletriza-se um canudinho atritando-o com uma toalha de papel) e um ímã.

Corpos	Pêndulo 1	Pêndulo 2	Pêndulo 3
Canudinho			
Canudinho eletrizado			
Ímã			

Figura 4b - Roteiro de experimentação – parte 2
Reprodução – Caderno do Aluno (SÃO PAULO, 2014, p. 36).

O experimento é proposto na primeira situação de aprendizagem do tema “*Campos e forças eletromagnéticas*”, dando sequência, segundo o material, ao estudo dos fenômenos elétricos e magnéticos, já iniciado no primeiro tema “*Circuitos elétricos*”.

De acordo com o caderno do professor:

O estudo dos campos elétricos e magnéticos é iniciado com a identificação deles, posteriormente, propondo um aprofundamento na relação entre eles. Esse estudo é realizado experimentalmente, com a utilização de materiais simples, procurando desenvolver competências no domínio da observação crítica, da tomada de dados, da interpretação conceitual, da percepção de aspectos presentes nos modelos científicos e da linguagem matemática e científica (SÃO PAULO, 2014, p. 7).

Trata-se de um experimento a ser desenvolvido utilizando materiais de baixo custo como canudos de refresco, cliques, esferas de isopor, ímãs, etc.

Segundo o caderno do aluno, a atividade experimental proposta ajudaria os estudantes a responderem perguntas do tipo: “[...] por que os pelos do braço são atraídos por um tubo de televisão recém-desligado? Como o ímã sabe que há um corpo que ele pode atrair? Por que o ímã atrai certos objetos como um prego e não outros como uma borracha?” (SÃO PAULO, 2014, p. 36), tendo como objetivo o reconhecimento das propriedades elétricas e magnéticas da matéria, assim como ajudar o aluno a compreender as interações associadas a essas propriedades.

De imediato, observa-se que o título do roteiro sugere que o foco da atividade será trabalhar com as “percepções” dos estudantes sobre os fenômenos campo elétrico e campo magnético. Logo no início da atividade, inclusive, pede-se que os alunos completem uma

tabela anotando suas “observações” e, logo a seguir, respondam as seguintes perguntas com base nessas observações:

1. Em qual pêndulo o pedaço de clipe está escondido? Explique.
2. Em qual pêndulo o ímã está escondido? Explique.
3. Qual pêndulo é inteiramente de isopor? Explique.
4. Haveria diferença se fosse utilizado um ímã “mais forte”? Como chega a informação sobre a intensidade do ímã ao pêndulo?
5. Como o pêndulo “percebe” a aproximação e a orientação dos corpos?
6. Como o pêndulo identifica quando é aproximado um ímã ou um canudinho eletrizado, ou seja, o que detecta a aproximação do ímã e do canudinho eletrizado? (SÃO PAULO, 2014, p. 37-38)

O termo “percepção”, encontrado no título do roteiro e em outros trechos da atividade, é definido por Japiassú e Marcondes (2006, p. 149) como o “ato de perceber, ação de formar mentalmente representações sobre objetos externos a partir dos dados sensoriais. A sensação seria assim a matéria da percepção”.

De acordo com o modelo empirista, a percepção, ou aquilo que é recebido pela experiência, é a fonte de todo o conhecimento. Observa-se esse entendimento inclusive nas respostas esperadas para essas questões (encontradas no caderno do professor); as quais trazem termos como “observem”, “percebam”, “espera-se”, etc.:

Nas questões 1, 2 e 3, espera-se que os alunos observem as reações de atração e repulsão entre os corpos, atribuindo os movimentos às características dos corpos. [...] Ao utilizar um ímã “mais forte”, espera-se que ele exerça uma força maior sobre os pêndulos com o clipe ou com o ímã escondidos. Os resultados visíveis seriam: no caso do pêndulo com clipe, ele estaria sujeito a uma maior aceleração com a aproximação do ímã e se moveria mais rapidamente do que com o ímã “mais fraco”; no caso do pêndulo com ímã, ele poderia ser repelido com maior intensidade, ficando mais distante do “ímã forte”, ou seria atraído com maior força, movendo-se mais rapidamente. É importante que os alunos notem que não é necessário que haja contato entre os corpos para que eles sofram a ação de forças.

[...] Como na questão anterior, é importante que os alunos percebam que não é necessário que haja contato entre os corpos para que eles sofram a ação de forças. Uma vez notado isso, a questão pode ser recolocada: Algo emana dos corpos? O que é transmitido e como é transmitido de um corpo para o outro? Verifique se nas respostas dos alunos há elementos para que essa problematização possa ser feita (SÃO PAULO, 2014, p. 44).

O modelo empirista é caracterizado pela construção de generalizações a partir do que é percebido pelo indivíduo. As repetições conferem segurança na inferência de conexões existentes entre o que é percebido pelos sentidos e o conhecimento do fenômeno em questão. Em especial, no trecho “Ao utilizar um ímã ‘mais forte’, espera-se que ele exerça uma força maior sobre os pêndulos [...]”, destaca-se uma indicação da ação do hábito no entendimento (impelindo o ser humano de forma instintiva a esperar que os eventos futuros sejam como os eventos presentes na memória). Assim, por esses trechos

selecionados, tem-se a impressão de que o conhecimento a respeito dos fenômenos de campo é obtido pela e na experiência.

Destaca-se nesse roteiro, assim como se notou na atividade da segunda série, a ausência de elementos que pudessem ser relacionados a uma visão do experimento segundo o modelo popperiano (submeter as teorias científicas a testes). Nesse caso, o desenvolvimento conceitual é articulado de maneira discreta durante a realização da atividade e, depois disso, há uma sistematização dos temas da Física envolvidos na realização do experimento.

Um pequeno excerto do caderno do professor permite relacionar a intensão da atividade à uma perspectiva kuhniana da atividade experimental:

Uma questão que pode auxiliar nessa tarefa é perguntar aos alunos: O que aconteceria ao pêndulo com clipe se o ímã desaparecesse? Os alunos provavelmente responderão que o pêndulo deixaria de ser atraído. Repita a pergunta, mas diga agora que o ímã foi levado para mais longe. Repita mais algumas vezes a pergunta alterando a localização do ímã, que ficará cada vez mais longe, por exemplo, na órbita da Lua, depois na posição do Sol e, finalmente, no infinito. A ideia é levar os alunos a perceberem que, na perspectiva moderna, a interação elétrica e magnética se encontra entre fonte (ímã) e alvo (pêndulo). Chamamos isso de **campo** (SÃO PAULO, 2014, p. 45).

A ideia de doutrinar os estudantes segundo a “perspectiva moderna” remete à concepção de que toda a prática da ciência normal é regida por um paradigma; assim, a experiência é toda elaborada para promover, articular e consolidar as teorias científicas.

Assim como na análise dos roteiros anteriores, uma leitura mais ampla do roteiro da 3ª série do ensino médio também evidencia que a estrutura do material se aproxima mais de uma concepção kuhniana de experiência, ainda que boa parte das justificativas utilizadas apontem para uma concepção mais próxima ao modelo empirista.

6. Considerações Finais

As reflexões sobre o ensino de Física na escola Brasileira têm se desenvolvido. Apesar das dificuldades apresentadas na sua história, muitas iniciativas tiveram importante papel no estabelecimento de novos parâmetros curriculares e metodologias, bem como na busca por ofertar capacitação aos profissionais responsáveis por esse desenvolvimento.

O movimento incentivado pelas propostas ligadas à UNESCO e outras fundações deixa um legado marcante no ensino de ciências, especialmente em relação à valorização dos experimentos didáticos. Barra e Lorentz (1986) argumentam que a falta de recursos adequados nas escolas e o despreparo dos professores sempre ofereceram dificuldades à utilização em grande escala dos materiais elaborados; entretanto, conforme o desenvolvimento dos materiais e metodologias foi sendo incorporado pelos grupos de pesquisa em ensino de Ciências brasileiros, eram produzidos materiais mais adequados à realidade do ensino no país.

Nesse contexto está inserido o Currículo da Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, desenvolvido a partir do ano de 2008, vinculado aos compromissos assumidos pelo do governo do Estado para o período de 2007-2010.

De certa forma, o advento do Currículo constitui um avanço no que diz respeito a uma reformulação do ensino público estadual, tendo em vista uma maior uniformidade do processo educativo desenvolvido nas escolas de seu sistema de ensino, espalhadas pelos 645 municípios do estado. Tal padronização tinha em vista fazer com que as “escolas funcionem de fato como uma rede” (SÃO PAULO, 2011, p. 7), o que poderia proporcionar que lugares carentes de materiais e de melhor capacitação da equipe pedagógica fossem melhor atendidos.

Elaborados em parceria com importantes grupos de pesquisa em ensino, os novos materiais proporcionariam também uma renovação da prática pedagógica diária em contraponto com a tradicional escolarização extremamente literária, muito voltada para o desenvolvimento das sequências estabelecidas nos livros didáticos. A variedade de propostas metodológicas também constituía um avanço em comparação com o ensino predominantemente baseado em aulas expositivas.

É evidente que o novo Currículo também apresentava limitações e recebe, desde sua implantação, inúmeras críticas por parte dos professores. Uma das principais dificuldades apontadas por eles é a pouca articulação das situações de aprendizagem com uma sistematização conceitual inerente às disciplinas científicas. Segundo os docentes, os cadernos do Currículo carecem de mais informação conceitual para evitar a acumulação de material a ser utilizado (caderno de aula, livro didático, listas de exercício, etc.).²⁸

Além disso, outro problema evidenciado na fala dos professores é o tempo exíguo para a realização das atividades propostas e da articulação conceitual necessária para o desenvolvimento das disciplinas. Por vezes, o docente acaba optando por abandonar as situações de aprendizagem do material, evitando assim, perder o tempo que já é escasso para o desenvolvimento teórico das ciências a partir de sua própria metodologia. Por outro lado, há aqueles que se resumem a trabalhar - nas poucas aulas que têm - as atividades dos cadernos sem o enriquecimento conceitual e sistemático que o próprio caderno do professor recomenda.

Outra dificuldade quanto ao uso dos materiais está relacionada com o exame do “SARESP”²⁹, um dos eixos de referência para o cálculo do Índice de Desenvolvimento da Educação do Estado de São Paulo (IDESP)³⁰ utilizado para avaliar a qualidade das escolas públicas do Estado. De acordo com a evolução das escolas nessa classificação são atribuídas bonificações financeiras aos servidores. Mas como a avaliação institucional é toda pautada nos cadernos do currículo oficial, muitos professores se veem obrigados a seguir fielmente o que é estabelecido pela Secretaria da Educação para evitar serem responsabilizados pelo baixo desempenho dos estudantes no SARESP. Essa postura acaba limitando a autonomia do docente no tocante às suas decisões em relação às sequências didáticas e metodologias que ele julga serem mais adequadas ao contexto dos seus alunos.

²⁸ Informações obtidas pela experiência do autor a partir de diálogos com outros docentes em cursos de formação e reuniões de grupos pesquisa e extensão.

²⁹ Sistema de Avaliação de Rendimento Escolar do Estado de São Paulo (SARESP). É aplicado pela Secretaria da Educação do Estado de São Paulo com a finalidade de produzir um diagnóstico da situação da escolaridade básica paulista, visando orientar os gestores do ensino no monitoramento das políticas voltadas para a melhoria da qualidade educacional. No SARESP, os alunos do 2º, 3º, 5º, 7º e 9º anos do Ensino Fundamental e da 3ª série do Ensino Médio têm seus conhecimentos avaliados por meio de provas com questões de Língua Portuguesa, Matemática, Ciências Humanas, Ciências da Natureza e redação (SEE/SP, 2014)

³⁰ Outros dados utilizados para o cálculo do IDESP são os índices de evasão escolar e de reprovações. O fato de esses dados serem considerados como critérios de classificação das escolas acaba criando uma cultura escolar definida popularmente como “promoção automática”, na qual os alunos são conduzidos às séries seguintes independente de seu desempenho nas atividades diárias. O discurso oficial dos responsáveis pela educação no Estado de São Paulo é que no estado se pratica o critério da “progressão continuada” que em tese, ao contrário da “promoção automática”, constitui apenas um alargamento do conceito de período escolar, pois prevê a divisão deste em ciclos, em vez de anos. Mas, na prática, observa-se que o modelo adotado é mesmo o da promoção automática.

Em relação aos roteiros de experimentação, o Currículo de Física dispõe de uma quantidade significativa de atividades. Para os três anos do ensino médio são propostos 47 roteiros de experimentação para o estudo dos 28 temas da Física estabelecidos no Currículo.

Grande parte das propostas envolvem o trabalho com materiais acessíveis e de baixo custo, o que facilita ainda mais com que todas as escolas da rede estadual tenham acesso a um ensino de Física com mais atividades experimentais. Os roteiros são geralmente desenvolvidos a partir de questionamentos a respeito do que os alunos observam no experimento. Em geral, as atividades são pensadas tendo em vista uma maior integração dos estudantes para que sejam desenvolvidas habilidades como cooperação, além de exercitar o domínio da escrita por meio dos registros e relatos de experiência.

Apesar dessas atividades representarem um importante avanço no estabelecimento de um ensino de Física mais dinâmico e cativante, as justificativas e a apresentação dos roteiros analisados nesta pesquisa podem apontar para o que Arruda e Laburu (1996) chamam de “concepção de ciência ultrapassada”.

Nesta pesquisa, os esforços foram direcionados para a análise de três propostas de experimentação, uma de cada série do ensino médio. Após a escolha dos roteiros passou-se a selecionar trechos (dos cadernos do aluno e do professor) que indicassem a concepção de experiência/experimento por trás da argumentação utilizada nas propostas de experimentação.

O passo seguinte foi o de comparar os trechos selecionados com as concepções a respeito do papel da experiência descritas no referencial teórico. Os modelos epistemológicos utilizados nessa análise permitiram observar no material se a experiência é proposta como necessária para a comprovação das teorias científicas (modelo empirista), para submeter as teorias científicas a testes (modelo popperiano) ou para articulação e fortalecimento das teorias científicas (modelo kuhniano).

As justificativas e argumentos apresentados para o desenvolvimento das atividades indicam uma prevalência da concepção de experiência/experimento mais próxima do modelo empirista como foi exposto no capítulo 5. Evidentemente, isso não indica uma intensão clara e objetiva dos autores em promover um ensino baseado em uma concepção empirista do trabalho científico, mas pode evidenciar a persistência de concepções ditas

“ultrapassadas” na argumentação científica diária, inclusive nos materiais que se dispõem a inovar o ensino das Ciências.

Nesse ínterim, destaca-se que a análise se limitou a extrair possíveis tendências relacionadas às concepções de experiência/experimento apresentadas nos referenciais teóricos, nas argumentações e justificativas encontradas nos materiais, sendo essas justificativas extraídas do próprio escopo da atividade (Caderno do Aluno) ou nos materiais de apoio aos docentes (Caderno do Professor).

Embora em alguns trechos tenha sido possível observar elementos que possam remeter a uma concepção de experimento relacionada a visão kuhniana de experiência (experiência como articuladora e fortificadora do paradigma), não é possível afirmar que o material tenha sido pensado a partir dessa perspectiva.

Entretanto, numa análise mais ampla dos materiais (não limitada a trechos extraídos dos cadernos), é possível, sim, observar essa perspectiva de confirmação da teoria e doutrinação dos estudantes.³¹ Materiais pensados a partir de estruturas científicas estabelecidas, nos quais são apresentados e desenvolvidos conceitos dessa estrutura e nos quais as atividades são todas voltadas para a manutenção dessa ordem, podem ser evidência dessa estrutura calcada em paradigmas científicos.

A questão observada na análise dos materiais pode, portanto, evidenciar uma contradição. Embora uma leitura panorâmica evidencie uma concepção kuhniana de confirmação e fortificação da teoria, a análise das justificativas utilizadas em relação ao papel das atividades experimentais evidencia uma perspectiva empirista. O que, de certa forma, demonstra o caráter limitado da análise de excertos dos materiais em questão.

A ausência de elementos que remetessem a uma concepção popperiana sobre o experimento pode demonstrar a dificuldade em trabalhar os enunciados científicos como conjecturas racionais, abertas a crítica e refutação. Talvez a perspectiva de Popper do trabalho científico seja considerada mais complexa e difícil para estudantes que ainda não problematizam, pois sequer entenderam as questões científicas.

³¹ A exemplo disso destaca-se o que consta no segundo parágrafo da página 54: “[...] essa atividade é apresentada aos alunos após serem trabalhados em sala de aula alguns conceitos importantes [...]”. Se o experimento é realizado posteriormente a uma preparação conceitual relacionada a um paradigma, tem-se a utilização da atividade como forma de articular e fortificar a estrutura conceitual já estabelecida; no entanto, essa perspectiva não fica evidenciada em grande parte das justificativas apresentadas nos materiais para a utilização de experimentos.

Na verdade, fica evidenciado com essa pesquisa, que os cadernos do Currículo de Física, apesar de trazerem contextualizações e inserções sobre a História da Ciência e possuírem pressupostos epistemológicos, não teriam por objetivo “mexer” com as concepções de ciência dos estudantes - até por ser isso algo de difícil acesso. Embora perceba-se que o material tenha sido elaborado com o intuito de despertar a curiosidade e o interesse dos estudantes com temas atuais e com propostas de ensino aparentemente pouco ortodoxas, no entanto, não há muita inovação com relação a questões ligadas à Filosofia das Ciências.

Essa dificuldade pode ser resultado da própria ausência de informação aos alunos quanto ao papel epistemológico ocupado pela experiência na construção do conhecimento, ou mesmo sobre as dificuldades de aprendizagem dos conceitos das ciências. Dessa forma, é provável que tal empreendimento pode fortificar ainda mais uma concepção empirista de ciência popularmente aceita, mantendo-se viva a ideia de que é apenas pela experiência que se chega ao conhecimento do mundo físico, e que a ciência é toda construída por meio da interpretação dos dados obtidos pelos sentidos e da elaboração de experimentos que resultam em respostas para todas as questões da comunidade científica.

Sobre isso, Borges alerta:

As críticas que se colocam ao modo como as atividades práticas são tradicionalmente utilizadas nas escolas apontam que, além de sua completa inadequação pedagógica, sua fundamentação epistemológica é equivocada (Hodson, 1988; Millar, 1987). Esse quadro não é exclusivo do laboratório, haja visto (sic) que vários dos livros-textos de Física e de ciências mais populares no país sofrem da mesma deficiência (Moreira e Ostermann; 1993). Essa concepção empirista-indutivista da ciência, a qual Chalmers (1993) denomina de indutivismo ingênuo, assume que o conhecimento científico é a verdade provada ou descoberta que tem origem no acúmulo de observações cuidadosas de algum fenômeno por uma mente livre de pré-concepções e sentimentos que aplica o método científico para chegar a generalizações cientificamente válidas. Essa concepção de ciência acaba por conferir um peso excessivo à observação, em detrimento das ideias prévias e imaginação dos estudantes. Além disso, representa o método científico como um algoritmo infalível, capaz de produzir conhecimento cientificamente provado, começando com observações objetivas e neutras, formulação de hipóteses, comprovação experimental e generalização das conclusões.

Para Borges, essa visão do trabalho didático experimental apresenta dois problemas sérios. O primeiro problema seria o de sugerir que as atividades realizadas em sala de aula e nos laboratórios didáticos teriam a mesma natureza e finalidade do trabalho realizado pelos cientistas nos centros de pesquisa. Na verdade, segundo Borges, as atividades

experimentais didáticas e os experimentos científicos teriam finalidades muito diferentes. A atividade do cientista teria inúmeras etapas geralmente ignoradas nas experiências realizadas nas aulas de Ciência, além de outras que seriam impraticáveis sem o devido aparato experimental.

Além disso, Borges argumenta que essa imagem de ciência já teria sido superada nos meios acadêmicos há décadas, “[...] tendo sido criticada por vários filósofos, como por exemplo Popper, Russel-Hanson, Feyerabend, Kuhn e Toulmin [...]” (2002, p. 297).

Nesse aspecto, é possível discordar de Borges, pois se essa imagem tivesse sido efetivamente superada nos meios acadêmicos, os materiais e pesquisas produzidas refletiriam tal mudança - o que, de fato, não acontece!

Entretanto, o reconhecimento dessas críticas não deve ser visto como uma campanha contra o uso das atividades experimentais nos materiais didáticos, mas sim como um alerta quanto à necessidade de uma reflexão mais profunda no tocante à forma como são apresentados e desenvolvidos os experimentos na escola básica.

Tal reflexão deve abranger também o papel ocupado pelo professor no estabelecimento de um ensino experimental que não perpetue essas concepções ultrapassadas de ciência.

Ampliando a discussão portanto, entende-se que, no tocante ao desenvolvimento dos roteiros, o papel atribuído à experiência/experimentação na construção do conhecimento depende e muito da prática do professor, da forma como ele se expressa e de como desenvolve as situações de aprendizagem em sala de aula.

Sobre esse aspecto, Axt (1991, p. 87) destaca:

Propostas para Introduzir ou intensificar o uso da experimentação nas aulas de Ciências, quer seja pela confecção de material didático para ser colocado à disposição dos professores, quer seja pelo incentivo a estes, para que eles próprios desenvolvam parcialmente o material, ou participem da sua elaboração, devem levar em consideração o domínio de conceitos que os professores possuem. O aperfeiçoamento dos professores pode ser previsto no próprio material didático que a proposta venha a elaborar ou, o que parece recomendável para a nossa realidade em material de apoio específico para que os professores aprofundem seus conhecimentos sobre os conteúdos envolvidos.

Dessa reflexão pode-se extrair inclusive que, embora os materiais sejam pensados a partir de perspectivas epistemológicas atuais, em que se busque o desenvolvimento dos conceitos científicos de forma articulada com a História e Filosofia das Ciências, é

imprescindível, para esse processo, a figura de um professor que estimule os estudantes a romper com as concepções de senso comum criticadas anteriormente.

Para isso, precisa-se de professores conscientes do seu papel nesse processo, que se esmeram no estudo das disciplinas que ministram e que buscam estar sempre aprimorando sua metodologia, adquirindo conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem das ciências (CARVALHO e GIL-PÉREZ, 2006).

Em relação à prática diária portanto, a preocupação passa a ser também quanto a formação dos professores. Estão os professores da rede Estadual capacitados para proporcionar aos alunos um envolvimento mais aprofundado com essas questões científicas e epistemológicas, ou eles são apenas propagadores de conceitos e definições?

Pesquisas apontam que a formação dos professores não tem levado em consideração questões desse tipo e que os próprios alunos de licenciatura ainda mantêm em sua argumentação concepções empiristas do trabalho científico (FARIA, 2009)³².

Destaca-se ainda que as ementas dos cursos de licenciatura não apresentam uma articulação entre as disciplinas de formação específica (conteúdos da área disciplinar, aulas de laboratório, etc.) e a formação pedagógica (conteúdos da docência) (GATTI, 2010), o que, de certa forma, explica o fato de que o papel que o laboratório e as atividades experimentais devem ter no ensino de ciências acaba não ficando claro para os professores recém-formados (BORGES, 2002).

Dessa forma conclui-se que embora no ensino de ciências haja um legado empirista e de concepções ultrapassadas a respeito do trabalho científico, presente nos materiais didáticos, nas propostas de experimentação, etc., espera-se que o responsável pela condução das situações de aprendizagem, o professor, esteja ciente de seu papel de promover um ensino contextualizado, crítico e coerente.

³² Pesquisa realizada pelo autor no ano de 2009, na qual foram entrevistados os alunos do curso de Lic. em Física da FCT/UNESP – Campus de Presidente Prudente – SP. Na referida pesquisa, entre outras coisas, constatou-se que grande parte dos futuros professores de Física defendiam a concepção de que a confiabilidade atribuída às ciências é consequência do desenvolvimento experimental e que o conhecimento científico é tido por superior às demais áreas do conhecimento graças a esse desenvolvimento.

Referências

ALMEIDA JÚNIOR, J. D. A. A evolução do Ensino de Física no Brasil. Revista de Ensino de Física, v. 1, n. 2, p. 47, outubro 1979.

ALMEIDA JÚNIOR, J. D. A. A evolução do Ensino de Física no Brasil - 2ª Parte. Revista de Ensino de Física, v. 2, n. 1, p. 45-58, Fevereiro 1980.

ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A. Curso de Física; São Paulo; Harbra, v.1, 1979.

ARAPIRACA, J. O. A USAID e a Educação Brasileira; um estudo a partir de uma abordagem crítica do capital humano. Rio de Janeiro: Instituto de Estudos Avançados em Educação - Fundação Getúlio Vargas, 1979. 273 p. Dissertação (Mestrado em Educação).

ARAÚJO, M. S. T. D.; ABIB, M. L. V. D. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 25, no. 2, Junho, 2003, v. 25, n. 2, p. 176-194, Junho 2003.

ARRUDA, S. M.; LABURÚ, C. E. Considerações sobre a função do experimento no ensino de ciências. Ciência e Educação (UNESP), Bauru, v. 2, p. 14-24, 1996.

AXT, R. o Papel da Experimentação no Ensino de Ciências. In: MOREIRA, M. A. E. A. R. Tópicos em Ensino de Ciências. Porto Alegre: Ed. Sagra, p. 79-91, 1991.

AZEVEDO, F. (Org.). As Ciências no Brasil – Volume I e II, São Paulo: Editora Melhoramentos, 1955.

BARRA, V. M.; LORENZ, K. M. Produção de materiais didáticos de ciências no Brasil, período: 1950 a 1980. Ciência e Cultura, São Paulo, v. 38, n. 12, p. 1970 - 1983, dezembro 1986.

BORGES, T. Novos rumos para o Laboratório escolar de Ciências. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313, dezembro 2002.

BRASIL. Decreto nº 63.914, de 26 de Dezembro de 1968. Câmara dos Deputados, 1968. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1960-1969/decreto-63914-26-dezembro-1968-405261-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em: outubro 2014.

BRASIL. Decreto nº 70.067 de 26 de Janeiro de 1972. Câmara dos Deputados, 1972. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-70067-26-janeiro-1972-418584-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em: Outubro 2014.

BRASIL. Parecer CNE/CES 1.304/2001. Ministério da Educação - Conselho Nacional De Educação, 2001. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1304.pdf>>. Acesso em: outubro 2014.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2011. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/pisa-programa-internacional-de-avaliacao-de-alunos>>.

CAMPOS, E. D. S. História da Universidade de São Paulo. São Paulo: EdUSP, 1954.

CARVALHO, A. M. P. D.; GIL-PÉREZ, D. Formação de Professores de Ciências: tendências e inovações. 8ª. ed. São Paulo: Cortez Editora, 2006.

CHALMERS, A. F. O que é ciência afinal? Tradução de Raul Filker. Editora Brasiliense, 1993.

FARIA, F. P. Análise epistemológica das concepções de ciência de futuros professores de Física. Trabalho de conclusão de curso. Faculdade de Ciências e Tecnologia – UNESP, Presidente Prudente, 2009.

FERRI, M. G.; MOTOYAMA, S. História das ciências no Brasil. São Paulo: EPU, EDUSP, 1980.

GATTI, B. A. Formação de professores no Brasil: características e problemas. Educ. Soc., Campinas, v. 31, n. 113, p. 1355-1379, out-dez 2010.

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. Enseñanza de las Ciencias, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

HUME, D. Investigação acerca do entendimento humano. Tradução de Anoar Aiex. 3ª. ed. São Paulo: Nova Cultural (Os Pensadores), 1999.

JAPIASSÚ, H.; MARCONDES, D. Dicionário básico de Filosofia. 4ª. ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2006.

KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. São Paulo em Perspectiva, São Paulo, v. 14, n. 1, 2000.

KUHN, T. S. The copernican revolution: planetary astronomy in the development of western thought. Cambridge: Harvard University Press, 1957.

KUHN, T. S. The Essential Tension: Selected studies in scientific tradition and change. Chicago and London: The University of Chicago Press, 1977.

KUHN, T. S. A função do dogma na investigação científica. In: _____ História e Prática das ciências. Lisboa: Biblioteca de Filosofia, 1979.

KUHN, T. S. Black-Body Theory and the Quantum Discontinuity, 1894-1912. Chicago and London: The University of Chicago Press, 1987.

KUHN, T. S. A estrutura das Revoluções Científicas. Tradução de Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. 5ª. ed. São Paulo: Perspectiva, 1998.

KUHN, T. S. The Road since Structure: Philosophical Essays, 1970-1993. Chicago: The University of Chicago Press, 2000.

LABURÚ, C. E. Fundamentos para um experimento cativante. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 23, n. 3, p. 382-404, dezembro 2006.

MAGEE, B. As ideias de Popper. Tradução de Leonidas Hegenberg e Octanny Silveira da Mota. 2ª. ed. São Paulo: Cultrix, 1973.

MASTERMAN, M. A natureza do paradigma. In: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. A crítica e o desenvolvimento do conhecimento. São Paulo: Cultrix: Ed. Universidade de São Paulo, 1979. p. 72-108.

MILLAR, R. Towards a role for experiment in the science teaching laboratory. Studies in Science Education, v.14, p.109-118, 1987.

MOREIRA, M. A. Resumos de trabalhos do Grupo de Ensino do Instituto de Física da UFRGS (1967-1977). Compilado por M.A. Moreira. Publicação interna. Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1977, 63p.

MOREIRA, M. A. & OSTERMANN, F. Sobre o ensino do método científico. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.10, n.2, p.108-117, agosto 1993.

NAGLE, J. Educação e sociedade na primeira República. São Paulo: EPU, 1974.

NARDI, R. Memórias da Educação em ciências no Brasil: A pesquisa em ensino de Física. Investigações em Ensino de Ciências, v. 10, n. 1, p. 63-101, 2005.

NUSSENZVEIG, H. M. Curso de Física Básica: I Mecânica. 2.ed. Edgard Blucher, 1981.

POPPER, K. Conjecturas e Refutações. Brasília: UNB, 1982.

POPPER, K. R. A lógica da pesquisa científica. Tradução de Leonidas Hegenberg e Octanny Silveira da Mota. São Paulo: Cultrix, 1972.

POPPER, K. R. Conhecimento Objetivo. São Paulo: EDUSP, 1975.

PRAIA, J.; CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D. A hipótese e a experiência científica em educação em ciência: contributos para uma reorientação epistemológica. Ciência & Educação, BAURU - SP, v. 8, n. 2, p. 253-262, 2002.

REIS, J. C. A “história das ciências” é história: por que é preciso explicar esta tautologia? In: SILVA, F. A. D.; ÁVILA, G. D. C.; (ORGS.), P. P. S. Anais do I Encontro Nacional de Pesquisadores em História das Ciências / ENAPEHC. Belo Horizonte: Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas da UFMG, 2010.

RESENDE, L. A. V. D.; GONÇALVES NETO, W. Os colégios polivalentes em Minas Gerais: a experiência da escola estadual Guiomar de Freitas Costa (Uberlândia, 1971-1980). Revista de Educação Pública, Cuiabá, v. 22, n. 48, p. 127-145, jan./abr 2013.

RODRIGUES, I. G.; HAMBURGER, E. W. O “Grupo de Ensino” do IFUSP: histórico e atividades. São Paulo: Instituto de Física - Universidade de São Paulo. (Publicações), 1993.

RUSSELL, B. History of Western Philosophy. 1. ed. [S.l.]: SIMON & SCHUSTER, 1945.

SÃO PAULO. Lei nº 1.750, de 8 de dezembro de 1920. Assembleia legislativa do estado de São Paulo, 1920. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1920/lei-1750-08.12.1920.html>>.

Acesso em: Outubro 2014.

SÃO PAULO. Decreto nº 3.356, de 31 de maio de 1921. Assembleia legislativa do estado de São Paulo, 1921. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1921/decreto-3356-31.05.1921.html>>.

Acesso em: outubro 2014.

SÃO PAULO. SP lança agenda para Educação Pública. Portal do Governo do Estado de São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/lenoticia.php?id=87034>>.

Acesso em: Outubro 2014.

SÃO PAULO. Encontro de dirigentes regionais, supervisores de ensino e diretores de escola - Planejamento 2008 - Apresentação dos principais projetos e ações. Rede do Saber, 2008. Disponível em:

<http://www.rededosaber.sp.gov.br/portais/Portals/18/arquivos/Apres_PropCurricular_Sup_Diretores_230108_COGSPCEI_Completa2.pdf>.

Acesso em: Outubro 2014.

SÃO PAULO. Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas tecnologias. São Paulo: Secretaria da Educação, 2011.

SÃO PAULO. Material de Apoio ao Currículo do Estado de São Paulo - Caderno do Aluno - Física (1ª, 2ª e 3ª série – Volume 1 e 2). Nova Edição (2014-2017): Secretaria da Educação, 2014.

SÃO PAULO. Material de Apoio ao Currículo do Estado de São Paulo - Caderno do Professor – Física (1ª, 2ª e 3ª série – Volume 1 e 2). Nova Edição (2014-2017): Secretaria da Educação, 2014.

SEE/SP. Secretaria da Educação do Estado de São Paulo. Saesp, 2014. Disponível em: <<http://www.educacao.sp.gov.br/saes>>.

Acesso em: Janeiro 2015.

TEIXEIRA, W. D. S. A instrução pública em São Paulo: do Império à República. Revista Alpha, v. 13, p. 97-103, 2012.

WEREBE, M. J. G. Grandezas e Misérias do Ensino Brasileiro. [S.l.]: [s.n.], 1966.

ZANETIC, J. Textos de evolução/Notas de Aula. São Paulo: [s.n.], 2004.

APÊNDICE - A

Resumo - Biografias dos autores do Currículo oficial de Física do Estado de São Paulo.¹

Luís Carlos de Menezes

Bacharel em Física (Universidade de São Paulo -1967), Mestre em Física (Carnegie Mellon University -1971), Doutor em Física (Universitat Regensburg -1974). Membro do Conselho Estadual de Educação de São Paulo (2014). Coordenador da Elaboração de Componentes Curriculares de Ciências Aplicadas, UNESCO- CEDAC. Professor Sênior do Instituto de Física da Universidade de São Paulo e orientador do programa de Pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo, membro do Conselho Técnico Científico da CAPES/MEC para Educação Básica e consultor da UNESCO. Trabalha com foco em Educação, currículo da educação básica, formação de professores e ensino de ciências.

Estevam Rouxinol

Graduado em Física pela Universidade Federal de Juiz de Fora (2000), Mestre em Ensino de Ciências (Modalidades Física, Química e Biologia) pela Universidade de São Paulo (2007). Atualmente é doutorando no Programa de Pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências da USP trabalhando junto ao Núcleo de Pesquisas em Inovação Curricular no Laboratório de Pesquisas em Ensino de Física na FEUSP. Tem atuado como pesquisador, professor, autor de materiais didáticos e instrucionais e tutor em cursos de formação continuada de professores junto a Fundação de Apoio à Faculdade de Educação da USP. Tem experiência na área de ensino de Ciências, com ênfase em Ensino de Física, atuando principalmente nos seguintes temas: Física moderna e contemporânea, Formação de professores, Inovações curriculares e novas tecnologias no ensino de física.

¹ Textos informados pelos autores na plataforma Lattes ou gerados automaticamente pela aplicação CVLattes.

José Guilherme de Oliveira Brockington

Graduado em Física pela Universidade Federal de Juiz de Fora (2000), Mestre em Ensino de Ciências (Modalidade Física e Química) pela Universidade de São Paulo (2005) e Doutor em Educação pela Universidade de São Paulo (2011). Professor Adjunto na UNIFESP-DIADEMA, no curso de Graduação em Ciências - Licenciatura em Física, Química, Biologia e Matemática. Tem vasta atuação em pesquisas com inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. Lecionou em inúmeros cursos de formação continuada para professores da rede pública e é autor de diversos materiais didáticos. Foi um dos autores da nova proposta curricular do Estado de São Paulo bem como escreveu material para professores e alunos referentes aos conteúdos de Física do 2º ano do Ensino Médio. Tem experiência na área de Educação e Ensino de Ciências, com ênfase em Ensino de Física, atuando principalmente nos seguintes temas: Física Moderna e Contemporânea, ensino de Física Quântica e Teoria da Relatividade, Filosofia da Ciência, Realismo, Educação, Transposição Didática, recursos instrucionais para o Ensino de Física, simulações e modelagem. Atualmente tem se dedicado à compreensão dos mecanismos subjacentes aos processos emocionais envolvidos na aprendizagem. Sua pesquisa busca estabelecer links entre Neurociências e Educação. Durante quase dois anos ficou sob orientação do neurocientista Antonio Damasio, no Brain and Creativity Institute, durante o doutoramento. Agora utiliza o arcabouço teórico e metodológico das Neurociências para investigar o papel da emoção na construção de conhecimentos científicos e a influência de elementos afetivos nas tomadas de decisão.

Iva Gurgel

Professor no Instituto de Física da USP, possui graduação em Licenciatura em Física (2004), mestrado em Ciências (Modalidade Ensino de Física, 2006) e doutorado em Educação (Modalidade Ensino de Ciências e Matemática, 2010) pela Universidade de São Paulo. Tem experiência na área de Educação, Filosofia e História da Ciência, atuando principalmente nos seguintes temas: História da Física nos Séculos XIX e XX, Ensino de Física Moderna e Contemporânea, Ciência e Cultura e Teorias Críticas de Currículo.

Luís Paulo de Carvalho Piassi

Professor Associado da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da USP. Bacharel e Licenciado em Física pela USP (1990), Mestre em Ensino de Ciências pela USP (1995), Doutor em Educação pela Faculdade de Educação da USP, Livre-Docente em Artes, Cultura e Lazer pela Escola de Artes, Ciências e Humanidades da USP (2012). Orientador do programa de pós-graduação em Educação da Faculdade de Educação USP e do programa Estudos Culturais da EACH/USP. Realiza pesquisa sobre relações entre estudos da mídia e educação em ciências, com destaque para culturas juvenis e infantis, cultura pop, ficção científica e fantasia e direitos humanos. Atua com educação não-formal em ambientes escolares, formação continuada de professores, comunicação científica e educação científica por investigação.

Marcelo de Carvalho Bonetti

Possui graduação com Licenciatura em Física pela Universidade de São Paulo (1998), mestrado em Ensino de Ciências modalidade Física pela Universidade de São Paulo (2008) e Doutorado em Ensino de Ciências modalidade Física pela Universidade de São Paulo (2013). Atualmente é professor do quadro permanente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. Tem experiência na área de Educação, com ênfase em Formação de Professores, atuando principalmente nos seguintes temas: física, audiovisuais, educação, formação inicial, formação continuada e ensino de ciências. Coordenador de área do PIBID-IFSP (2009-2011), Coordenador de área de gestão de processos educacionais do PIBID-IFSP (2011-atual).

Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira

Maurício Pietrocola é licenciado em Física pela Universidade de São Paulo (1984) e mestre em Ensino de Ciências pela Universidade de São Paulo (1988). Realizou seu doutoramento em Epistemologia e História da ciência na Universidade de Paris VII (1992). Iniciou a carreira docente como professor de Física em Escolas de nível médio (1984-1988). Fez Livre-docência na Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo intitulada: Reflexões Histórico-Epistemológicas e o Ensino das Ciências (2004). Foi professor do Departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina (1993-2002). Foi secretário de Educação na Sociedade Brasileira de Física por duas

gestões (1999-2001 e 2001-2003). Foi membro do International Commission on Physics Education (2002- 2005). Na gestão seguinte tornou-se vice-presidência (2005-2008). O pesquisador tem participado da organização de diversos eventos, nacionais e internacionais, de pesquisa em ensino de ciências. É membro correspondente internacional da equipe RESHEIS (Recherches Epistémologiques et Historiques sur les Sciences Exactes et Institutions scientifiques). Realizou estágio de pesquisa no exterior e mantém colaborações com diversas instituições de pesquisa no exterior. Foi Distinguished Visiting Fellow no programa Advanced Research Collaborative e no Urban Education Program da City University of New York em 2013-2014. É Atualmente professor titular da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, onde desenvolve pesquisa sobre Desenvolvimento de estratégias inovadoras no Ensino de Ciências e Formação de professores.

Maxwell Roger da Purificação Siqueira

Graduado em Física pela UFJF, mestrado em ensino de Ciências, com ênfase em ensino de Física pela USP e doutorado em Educação (ensino de Física e Matemática) pela FEUSP. Atualmente é professor Adjunto da Universidade Estadual de Santa Cruz, atuando em disciplinas da licenciatura em Física. Desenvolve trabalhos de extensão voltado para a divulgação científica com projeto itinerante. Realiza investigações na temática de formação de professores com inovações curriculares e desenvolvimento de sequências de ensino aprendizagem com tópicos de Física Moderna e Contemporânea para a educação básica e em divulgação científica com museus de ciências e projetos itinerantes.

Sonia Salem

Possui Bacharelado e Licenciatura em Física pelo Instituto de Física da USP (1978) e título de Mestre em Ensino de Ciências - Modalidade Física - pelo Instituto de Física e Faculdade de Educação da USP (1986). Atualmente é técnica (Nível Superior - Educador) do Instituto de Física USP e doutora em Ensino de Ciências (área de Concentração: Física) pelo Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da USP (2012).

Yassuko Hosoume

Possui graduação em Licenciatura em Física pela Universidade de São Paulo (1968), graduação em Bacharelado Em Física pela Universidade de São Paulo (1971), mestrado em Ensino de Ciências (Modalidades Física, Química e Biologia) pela Universidade de São Paulo (1978) e doutorado em Educação pela Universidade de São Paulo (1986). Atualmente é aposentado da Universidade de São Paulo e do Instituto Federal de São Paulo. Tem experiência na área de Educação.

Quadro de conteúdos e habilidades em Física

1ª série do Ensino Médio

Conteúdos

Movimentos – Grandezas, variações e conservações

Identificação, caracterização e estimativa de grandezas do movimento

- Observação de movimentos do cotidiano – distância percorrida, tempo, velocidade, massa etc.
- Sistematização dos movimentos segundo trajetórias, variações de velocidade etc.
- Estimativas e procedimentos de medida de tempo, percurso, velocidade média etc.

Quantidade de movimento linear, variação e conservação

- Modificação nos movimentos decorrentes de interações ao se dar partida a um veículo
- Variação de movimentos relacionada à força aplicada e ao tempo de aplicação, a exemplo de freios e dispositivos de segurança
- Conservação da quantidade de movimento em situações cotidianas

Leis de Newton

- As leis de Newton na análise do movimento de partes de um sistema mecânico
- Relação entre as leis de Newton e as leis de conservação

Habilidades

- Identificar movimentos que se realizam no dia a dia e as grandezas relevantes que os caracterizam
- Reconhecer características comuns aos movimentos e sistematizá-las segundo trajetórias, variações de velocidade e outras variáveis
- Fazer estimativas, realizar ou interpretar medidas e escolher procedimentos para caracterizar deslocamentos, tempos de percurso e variações de velocidade em situações reais
- Identificar diferentes formas de representar movimentos, como trajetórias, gráficos, funções etc.

1º bimestre

1º bimestre

- Reconhecer causas da variação de movimentos associadas a forças e ao tempo de duração das interações
- Identificar as interações nas formas de controle das alterações do movimento
- Reconhecer a conservação da quantidade de movimento, a partir da observação, análise e experimentação de situações concretas, como quedas, colisões, jogos ou movimentos de automóveis
- Comparar modelos explicativos das variações no movimento pelas leis de Newton
- Reconhecer que tanto as leis de conservação das quantidades de movimento como as leis de Newton determinam valores e características dos movimentos em sistemas físicos

2ª série do Ensino Médio**Conteúdos****Calor, ambiente e usos de energia**

Calor, temperatura e fontes

- Fenômenos e sistemas cotidianos que envolvem trocas de calor
- Controle de temperatura em sistemas e processos práticos
- Procedimentos e equipamentos para medidas térmicas
- Procedimentos para medidas de trocas de energia envolvendo calor e trabalho

Propriedades térmicas

- Dilatação, condução e capacidade térmica; calor específico de materiais de uso prático
- Quantificação de trocas térmicas em processos reais
- Modelos explicativos de trocas térmicas na condução, convecção ou irradiação

Clima e aquecimento

- Ciclos atmosféricos e efeitos correlatos, como o efeito estufa
- Avaliação de hipóteses sobre causas e consequências do aquecimento global

1º bimestre

Habilidades

- Identificar fenômenos, fontes e sistemas que envolvem calor para a escolha de materiais apropriados a diferentes usos e situações
- Identificar e caracterizar a participação do calor nos processos naturais ou tecnológicos
- Reconhecer as propriedades térmicas dos materiais e sua influência nos processos de troca de calor
- Reconhecer o calor como energia em trânsito
- Estimar a ordem de grandeza de temperatura de elementos do cotidiano
- Propor procedimentos em que sejam realizadas medidas de temperatura
- Identificar e caracterizar o funcionamento dos diferentes termômetros

1º bimestre

- Compreender e aplicar a situações reais o conceito de equilíbrio térmico
- Explicar as propriedades térmicas das substâncias, associando-as ao conceito de temperatura e à sua escala absoluta, utilizando o modelo cinético das moléculas
- Identificar as propriedades térmicas dos materiais nas diferentes formas de controle da temperatura
- Relacionar mudanças de estado da matéria em fenômenos naturais e em processos tecnológicos com as variações de energia térmica e de temperatura
- Explicar fenômenos térmicos cotidianos, com base nos conceitos de calor específico e capacidade térmica
- Identificar a ocorrência da condução, convecção e irradiação em sistemas naturais e tecnológicos
- Explicar as propriedades térmicas das substâncias e as diferentes formas de transmissão de calor, com base no modelo cinético das moléculas
- Comparar a energia liberada na combustão de diferentes substâncias
- Analisar a relação entre energia liberada e fonte nutricional dos alimentos
- Identificar os processos de troca de calor e as propriedades térmicas das substâncias, explicando fenômenos atmosféricos ou climáticos
- Identificar e caracterizar os processos de formação de fenômenos climáticos como chuva, orvalho, geada e neve
- Identificar e caracterizar as transformações de estado no ciclo da água
- Identificar e caracterizar as diferentes fontes de energia e os processos de transformação para produção social de energia
- Analisar o uso de diferentes combustíveis, considerando seu impacto no meio ambiente
- Caracterizar efeito estufa e camada de ozônio, sabendo diferenciá-los
- Debater e argumentar sobre avaliações e hipóteses acerca do aquecimento global e suas consequências ambientais e sociais

3ª série do Ensino Médio**Conteúdos****Equipamentos elétricos**

Campos e forças eletromagnéticas

- Interação elétrica e magnética, o conceito de campo e as leis de Oersted e da indução de Faraday
- A evolução das leis do eletromagnetismo como unificação de fenômenos antes separados

Motores e geradores

- Constituição de motores e de geradores, a relação entre seus componentes e as transformações de energia

Produção e consumo elétricos

- Produção de energia elétrica em grande escala em usinas hidrelétricas, termelétricas e eólicas; estimativa de seu balanço custo–benefício e de seus impactos ambientais
- Transmissão de eletricidade em grandes distâncias
- Evolução da produção e do uso da energia elétrica e sua relação com o desenvolvimento econômico e social

2º bimestre**Habilidades**

- A partir de observações ou de representações, formular hipóteses sobre a direção do campo magnético em um ponto ou região do espaço, utilizando informações de outros pontos ou regiões
- Identificar as linhas do campo magnético e reconhecer os polos magnéticos de um ímã, por meio de figuras desenhadas, malhas de ferro ou outras representações
- Representar o campo magnético de um ímã utilizando linguagem icônica de pontos, traços ou linhas
- Identificar a relação entre a corrente elétrica e o campo magnético correspondente em termos de intensidade, direção e sentido
- Relacionar a variação do fluxo do campo magnético com a geração de corrente elétrica
- Reconhecer a relação entre fenômenos elétricos e magnéticos a partir de resultados de observações ou textos históricos

2º bimestre

- Interpretar textos históricos relativos ao desenvolvimento do eletromagnetismo, contextualizando as informações e comparando-as com as informações científicas atuais
- Explicar o funcionamento de motores e geradores elétricos e seus componentes e os correspondentes fenômenos e interações eletromagnéticas
- Reconhecer as transformações de energia envolvidas em motores e geradores elétricos
- Identificar critérios que orientam a utilização de aparelhos elétricos, como as especificações do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro), riscos, eficiência energética e direitos do consumidor
- Identificar semelhanças e diferenças entre os processos físicos em sistemas que geram energia elétrica, como pilhas, baterias, dínamos, geradores ou usinas
- Identificar fases e/ou características da transformação de energia em usinas geradoras de eletricidade
- Identificar e caracterizar os diversos processos de produção de energia elétrica
- Representar por meio de esquemas a transmissão de eletricidade das usinas até os pontos de consumo
- Relacionar a produção de energia com os impactos ambientais e sociais desses processos
- Estimar perdas de energia ao longo do sistema de transmissão de energia elétrica, reconhecendo a necessidade de transmissão em alta-tensão
- Identificar quantitativamente as diferentes fontes de energia elétrica no Brasil
- Relacionar a evolução da produção de energia com o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida

ANEXO - B

Reprodução das Situações de Aprendizagem

Física – 1ª série – Volume 1



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 6

COMPENSANDO OS MOVIMENTOS NA AÇÃO DE FORÇAS INTERNAS

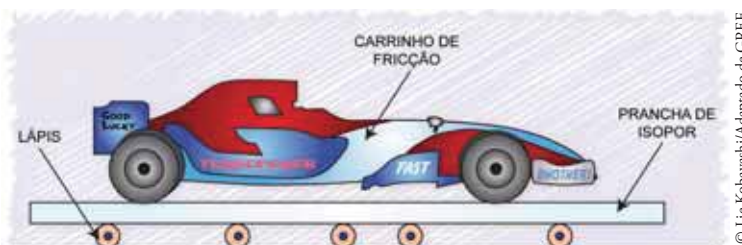
Discuta com seu grupo as seguintes questões: quando vocês jogam sua mochila para frente, vocês vão para trás? Quando vocês andam para frente (a pé ou de patins), provocam o movimento de algum elemento para trás? Podemos produzir ou alterar nosso movimento quando jogamos algo para longe?



ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

Compensando os movimentos na ação de forças internas

Com seus colegas, faça um experimento: providenciem um carrinho movido a corda ou fricção, alguns lápis roliços e uma cartolina ou um pedaço de isopor, como está indicado na figura.



1. A seguir, responda: será que o “chão” vai se mover para compensar o movimento do carrinho? Descreva o que ocorre.

2. Repita a atividade acrescentando mais placas de isopor sobre os lápis ou mais pedaços de cartolina, uns em cima dos outros, para aumentar a massa do “chão” por onde o carrinho anda. O que acontece?

3. Repita a atividade sem usar os lápis. Coloque apenas o isopor sobre o chão. O que acontece?

4. Por que, enquanto o carrinho permanece na sua mão com as rodas no ar, mesmo que a roda dele esteja girando, ele não faz força para frente? Por que o carrinho vai para frente e o “chão” se move para trás quando você solta o carrinho no chão ou no isopor?

5. Discuta com seus colegas a importância do atrito para vocês conseguirem ficar em pé parados, para começarem a andar e para modificarem o movimento durante uma caminhada. Anote as conclusões.

O que você faz para que sua bicicleta consiga realizar uma curva? Como os aviões realizam acrobacias no ar? De que modo um nadador consegue mudar a direção de seu nado?

Para fazer curvas, mesmo mantendo o valor da velocidade constante, também é fundamental aplicar uma força no meio em que se desloca, só que em uma direção diferente do movimento. Se um motorista que está indo para frente decide virar à esquerda, ao virar o volante, as rodas forçam o terreno do solo para a direita, e a direção do movimento do veículo é modificada para a esquerda.

Em um avião, por exemplo, é preciso saber como o vento, em razão do deslocamento da aeronave, faz força em cada elemento mecânico que controla seu voo, de modo a produzir a manobra desejada.

Analisar os movimentos por meio das forças nos permite olhar para um único elemento do sistema, e não necessariamente para todos eles, como no estudo da conservação dos movimentos.

Elaborado por Marcelo de Carvalho Bonetti especialmente para o São Paulo faz escola.

1. Explique qual é a interação necessária para que o carrinho de brinquedo consiga ir rapidamente para frente quando é colocado diretamente no chão.

2. Explique por que, após ser colocado sobre um isopor, o carrinho se desloca bem devagar em relação ao chão enquanto o isopor se desloca para trás.

3. Explique o que aconteceria com o isopor se colocássemos sobre ele um carrinho que andasse em círculos.

4. Explique como é possível estudar o movimento de apenas um corpo, como o carrinho em movimento ou o isopor, separadamente.

Assista com seus colegas às cenas iniciais do filme *2001: uma odisseia no espaço*, lançado em 1968 pelo cineasta Stanley Kubrick, cujas personagens retratadas vivem em estações orbitais e viajam em espaçonaves. Discuta se essas ficções criadas há 40 anos pelo cineasta são semelhantes ao que fazemos hoje e se elas podem ser explicadas pelos conhecimentos que foram apresentados neste Caderno.



Desafio!

Descubra como os astronautas fazem para “andar” no espaço, quando estão dentro da espaçonave e quando estão fora dela. Pesquise o que foi criado para possibilitar tais movimentos.



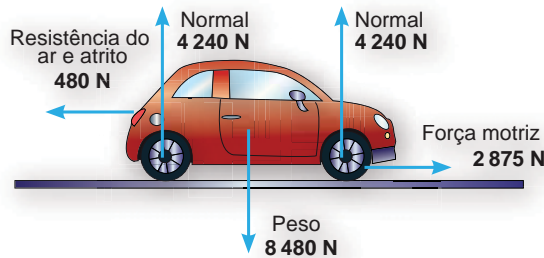
LIÇÃO DE CASA



Em novembro de 2008 uma astronauta, ao realizar uma manutenção na parte externa da Estação Espacial Internacional, deixou por acidente que uma bolsa com ferramentas se soltasse de seu corpo. A bolsa, avaliada em cerca de 100 mil dólares, perdeu-se no espaço e não pôde ser recuperada.

Procure essa notícia na internet e, utilizando seus conhecimentos em Física, descreva o movimento do corpo da astronauta no momento da perda.

1. A figura mostra um automóvel se movendo em uma pista horizontal sob a ação de diversas forças. Sobre essa situação:



© Lie Kobayashi/A adaptado de GREFF

Figura 6.

- a) obtenha a força resultante no carro.

- b) determine o valor da aceleração dividindo essa força resultante pela massa do carro (848 kg).

Resposta dos itens a) e b): Para determinar a força resultante, vamos primeiro considerar as forças na direção vertical: temos para “baixo” a força gravitacional (peso), 8 480 N, que é equilibrada pela força para “cima” que o chão faz nos pneus (em cada um dos dois eixos, 4 240 N; total 8 480 N). Veja que a soma das normais traseira e dianteira é igual ao peso. Como essas forças estão em sentidos opostos, elas se anulam. Na horizontal, há a força motriz de 2 875 N para frente, mas também há um total de 480 N para trás, somando atrito e resistência. A resultante é de apenas 2 395 N para acelerar o carro para frente. Determinação da aceleração:

$$a = \frac{2\,395\text{ N}}{848\text{ kg}} = 2,82\text{ m/s}^2.$$

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 6 COMPENSANDO OS MOVIMENTOS NA AÇÃO DE FORÇAS INTERNAS

Nesta Situação de Aprendizagem, propomos que a discussão da produção do movimento seja realizada por meio das variações das quantidades de movimento nas partes do sistema e de sua conservação no sistema todo. Observando casos em que o sistema todo é considerado, há atuação apenas de forças in-

ternas, portanto, sua somatória é nula. Assim, uma alteração no movimento é compreendida pela alteração do movimento de outra parte do sistema. Se o sistema é observado apenas em suas partes, identificamos a variação do movimento e a força de interação, mas o resultado final de todas as interações tem resultante nula.

Conteúdos e temas: modificações nos movimentos como consequência de interações; variação da quantidade de movimento por compensação.

Competências e habilidades: utilizar modelo explicativo de movimento para compreender a variação e a compensação dos movimentos de translação; utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas; analisar e prever fenômenos ou resultados de experimentos científicos organizando e sistematizando informações dadas.

Sugestão de estratégias: atividade de organização de conhecimentos prévios a partir de discussão em pequenos grupos, com proposta de atividades experimentais; levantamento de suposições sobre causas e efeitos da variação da quantidade de movimento; realização de generalizações sobre a variação da quantidade de movimento por compensação.

Sugestão de recursos: roteiro 6 de atividade em grupo visando identificar as interações na alteração dos movimentos; lápis roliços, prancha de isopor ou pedaço de cartolina, carrinho movido a corda ou fricção.

Sugestão de avaliação: avaliar o entendimento dos alunos sobre a produção e a alteração dos movimentos, além da necessidade de ocorrer a interação; no produto final (síntese), verificar a descrição dos procedimentos apresentados, a organização dos dados e a clareza dos resultados obtidos.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Propomos iniciar essa discussão partindo da análise de como é possível começar o movimen-

to com todos os corpos parados. Depois, divida a classe em grupos e proponha o roteiro 6.

Roteiro 6 – Produzindo movimentos

Discuta com seu grupo as seguintes questões: quando vocês jogam sua mochila para frente, vocês vão para trás? Quando vocês andam para frente (a pé ou de patins), provocam o movimento de algum elemento para trás? Podemos produzir ou alterar nosso movimento quando jogamos algo para longe?

Compensando os movimentos na ação de forças internas



Com seus colegas, faça um experimento: providenciem um carrinho movido a corda ou fricção, alguns lápis roliços e uma cartolina ou um pedaço de isopor, como está indicado na figura.

© Lie Kobayashi/
Adaptado de GREF



Figura 7.

1. A seguir, responda: será que o “chão” vai se mover para compensar o movimento do carrinho? Descreva o que ocorre.

É natural e esperado que o carro saia com a menor velocidade e o “chão”, ou seja, a placa com a maior velocidade.

2. Repita a atividade acrescentando mais placas de isopor sobre os lápis ou mais pedaços de cartolina, uns em cima dos outros, para aumentar a massa do “chão” por onde o carrinho anda. O que acontece?

O “chão” sairá com velocidades cada vez menores, pois, com a massa do “chão” muito maior que a do carrinho, o deslocamento passa a ser imperceptível. Também é possível aumentar a massa do “chão” colocando objetos, como estojos, sobre a prancha de isopor ou de cartolina ao lado ou atrás do carrinho.

3. Repita a atividade sem usar os lápis. Coloque o isopor sobre o chão. O que acontece?

Sem os lápis para efetuar o rolamento, a placa de isopor fica em contato direto com o chão, logo, a placa não se desloca em relação ao chão em razão do atrito. Dessa forma, é como se o carro estivesse se deslocando diretamente sobre o piso da sala de aula. Com a massa do piso muito maior que a do carrinho, o deslocamento dela passa a ser imperceptível.

4. Por que, enquanto o carrinho permanece na sua mão com as rodas no ar, mesmo que a roda dele esteja girando, ele não faz força para frente? Por que o carrinho vai para frente e o “chão” se move

para trás quando você solta o carrinho no chão ou no isopor?

Enquanto o carrinho permanece no ar mantido pela mão, suas rodas não interagem com nada. Quando ele está em contato com o chão, o carrinho se desloca para frente e o chão para trás por causa do atrito.

5. Discuta com seus colegas a importância do atrito para vocês conseguirem ficar em pé parados, para comecem a andar e para modificarem o movimento durante uma caminhada. Anote as conclusões.

Para ficarmos em pé, em piso inclinado, o atrito com o chão é fundamental para permanecermos estáticos,

com os pés firmes; se o chão estivesse recoberto por óleo, não conseguiríamos firmar nossos pés no chão e não conseguiríamos permanecer estáticos, pois escorregaríamos.

6. Registre as principais conclusões a que vocês chegaram durante a realização deste Roteiro de experimentação.

Os alunos devem identificar os aspectos mais relevantes da atividade e os resultados obtidos (sua organização e sua apresentação devem ser registradas por escrito). Observe se o procedimento está devidamente caracterizado e se os dados são apresentados de forma organizada; para isso, uma tabela é bastante apropriada.

Encaminhando a ação

As questões introduzidas antes do Roteiro de experimentação fazem emergir elementos do senso comum que reforçam a concepção de que o movimento é gerado isoladamente, sem necessidade de compensação, visão que se contrapõe às teorias científicas. Ainda que os alunos aceitem a visão científica, eles terão muita dificuldade em entender que empurrarmos o chão para trás ao andar, ou que somos lançados para trás ao jogar a mochila para frente. Essas concepções serão reinterpretadas após o experimento, mas não se preocupe com isso neste momento. Apenas indique situações em que a compensação fique clara: recuo do canhão durante o tiro, pneu de motocicleta ou carro jogando lama ou pedrisco para trás para o veículo começar a andar. O trabalho com o texto “Efeitos da força sobre os elementos do sistema” (a seguir) pode esclarecer melhor os alunos.

As questões 1, 2 e 3 referem-se ao fato de a quantidade de movimento depender tanto da velocidade como da massa dos corpos. Na questão 1, você deve escolher adequadamente o tamanho da cartolina ou do isopor, selecionando o tamanho das placas em

função do carrinho que for usado no experimento. Assim, por exemplo, para carrinhos pequenos, placas com 20 cm × 60 cm são suficientes; para carrinhos maiores, placas com 40 cm × 100 cm etc. Faça um teste antes de realizar a atividade. No experimento da segunda questão, ressalte a conservação com base no fato de que o “chão” saiu para o outro lado e na razão entre as velocidades, argumentando que quanto menor for a massa do chão, maior a velocidade com que sai para trás, para igualar à quantidade de movimento do carrinho, que tem maior massa e menor velocidade, para frente. Não utilize essa atividade para tentar determinar o valor da quantidade de movimento, pois esse aparato não é adequado para isso.

Nas questões 4 e 5 evidencie a compensação do movimento do carrinho ou do nosso andar pelo movimento do “chão”, com o foco na importância da interação entre os objetos para a variação da quantidade de movimento.

Na questão 6, verifique se os alunos deixaram de apresentar elementos importantes, o que ocorre muitas vezes, pois é comum que eles acreditem que podem suprimir tudo o que entendam estar implícito no procedimento realizado.

Essa atitude não é correta, pois há muitas formas de realizar uma atividade. Discuta isso com eles.

Como atividade complementar, retome a classificação realizada na Situação de Aprendizagem 4, recuperando com os alunos os elementos classificados na questão 9 e que correspondem à compensação. Discuta com

eles situações como a explosão de uma grana-da (bomba) ou os fogos de artifícios, sempre focando a importância da interação para a alteração do movimento.

Você pode também selecionar problemas e exercícios sobre compensação em materiais didáticos do Ensino Médio para a discussão de choques mecânicos ou quantidade de movimento.



Efeitos da força sobre os elementos do sistema

É comum imaginar que para iniciar um movimento só é preciso que algo se movimente, mesmo que isoladamente, ou que não há necessidade de interagir com algo, como ocorre no voo do Super-Homem ou nos desenhos animados em que a personagem continua andando ou resolve parar, mesmo sem ter o chão sob seus pés para interagir.

As teorias científicas já mostraram que essa visão é ingênua e explicam que empurramos o chão para trás ao andar para frente, ou que somos lançados para trás ao jogar uma mochila para frente. Essas coisas ficam mais evidentes em situações pouco comuns, como no recuo do canhão que atira um projétil, ou quando o pneu de motocicleta ou carro joga lama ou pedrisco para trás quando o veículo começa a andar para frente.

O que você faz quando quer aumentar a velocidade de sua bicicleta? O que faz um motorista para aumentar a velocidade de seu carro? O que faz um navegador quando deseja que seu barco a motor viaje mais rapidamente? E para diminuir essas velocidades?

Em todos esses casos, para modificar o movimento é necessário que ocorram interações, com o chão, com o vento, com a água, com o ar. Para modificar a velocidade, é fundamental que esses meios de transporte exerçam certa força no meio em que se deslocam e vice-versa. O modo de efetuar isso varia de acordo com o meio de transporte e também quando você muda sua velocidade ao caminhar.

O que você faz para que sua bicicleta consiga realizar uma curva? Como os aviões realizam acrobacias no ar? De que modo um nadador consegue mudar a direção de seu nado?

Para fazer curvas, mesmo mantendo o valor da velocidade constante, também é fundamental aplicar uma força no meio em que se desloca, só que em uma direção diferente do movimento. Se um motorista que está indo para frente decide virar à esquerda, ao virar o volante, as rodas forçam o terreno do solo para a direita, e a direção do movimento do veículo é modificada para a esquerda.

Em um avião, por exemplo, é preciso saber como o vento, em razão do deslocamento da aeronave, faz força em cada elemento mecânico que controla seu voo, de modo a produzir a manobra desejada.

Analisar os movimentos por meio das forças nos permite olhar para um único elemento do sistema, e não necessariamente para todos eles, como no estudo da conservação dos movimentos.

Elaborado por Marcelo de Carvalho Bonetti especialmente para o São Paulo faz escola.

1. Explique qual é a interação necessária para que o carrinho de brinquedo consiga ir rapidamente para frente quando é colocado diretamente no chão.

A interação entre a roda e o chão é por atrito. Como o chão tem massa muito maior que o carrinho, seu movimento não é perceptível, vemos apenas o do brinquedo, que sai rapidamente.

2. Explique por que, após ser colocado sobre um isopor, o carrinho se desloca bem devagar em relação ao chão enquanto o isopor se desloca para trás.

Neste caso, a velocidade relativa entre o carrinho e o isopor é igual à velocidade entre o carrinho e o chão que vimos na questão 1. No entanto, como o chão se desloca para trás, a velocidade relativa entre o carro e o observador é menor.

3. Explique o que aconteceria com o isopor se colocássemos sobre ele um carrinho que andasse em círculos.

O isopor iria oscilar de um lado para o outro conforme o carrinho percorresse o círculo.

4. Explique como é possível estudar o movimento de apenas um corpo, como o carrinho em movimento ou o isopor, separadamente.

Identificando as variações da quantidade de movimento das partes do sistema isoladamente, sempre garantindo que todo o sistema obedeça à conservação da quantidade de movimento.

Sugira aos alunos que assistam às cenas iniciais do filme *2001: uma odisseia no espaço*, lançado em 1968 pelo cineasta Stanley Kubrick, cujas personagens retratadas vivem em estações orbitais e viajam em espaçonaves, e que discutam se essas ficções criadas há 40 anos pelo cineasta são semelhantes ao que fazemos hoje e se elas podem ser explicadas

pelos conhecimentos que foram apresentados neste Caderno. Essa reflexão pode ser ampliada com os exercícios a seguir.

Desafio!

Descubra como os astronautas fazem para “andar” no espaço, quando estão dentro da espaçonave e quando estão fora dela. Pesquise o que foi criado para possibilitar tais movimentos.

Para “andar” no espaço, o astronauta precisa interagir com a nave por meio de cabos de segurança, sapatos magnéticos; estar preso a ela por braços mecânicos; ou então, interagir com um equipamento de propulsão, que pode ser a gás ou outro fluido e que o impulsiona em uma direção e em determinado sentido, enquanto o fluido é impelido na mesma direção e no sentido contrário.



Em novembro de 2008 uma astronauta, ao realizar uma manutenção na parte externa da Estação Espacial Internacional, deixou por acidente que uma bolsa com ferramentas se soltasse de seu corpo. A bolsa, avaliada em cerca de 100 mil dólares, perdeu-se no espaço e não pôde ser recuperada.

Procure essa notícia na internet e, utilizando seus conhecimentos em Física, descreva o movimento do corpo da astronauta no momento da perda.

Espera-se que, além de tomar conhecimento desse fato e da própria existência da Estação Espacial Internacional, os alunos possam argumentar que, por causa da conservação da quantidade de movimento do sistema astronauta-bolsa de ferramentas, o corpo da astronauta terá que se deslocar na mesma direção da bolsa de ferramentas, mas em sentido contrário a ela.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 6 CONDUZINDO, “CONVECTANDO”, IRRADIANDO: É O CALOR EM TRÂNSITO!



ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

Nesta atividade, você compreenderá alguns processos de troca térmica que ocorrem cotidianamente. Serão três experimentos muito fáceis de serem realizados e que possibilitarão entender inúmeros eventos que ocorrem no dia a dia.

Calor em trânsito	Materiais	
Conduzindo	<ul style="list-style-type: none"> • velas; • pedaço de arame com aproximadamente 30 cm; • alicate. 	<p>© Lie Kobayashi</p>
“Convectando”	<ul style="list-style-type: none"> • vela; • linha; • folha de papel; • tesoura. 	<p>© Lie Kobayashi</p>
Irradiando	<ul style="list-style-type: none"> • vela. 	<p>© Lie Kobayashi</p>



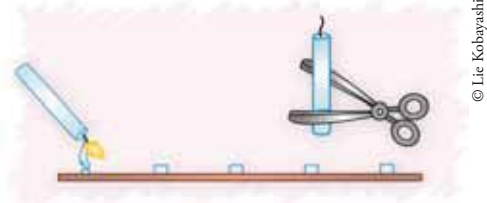
Atenção!

Tenha cuidado ao manusear o alicate, a tesoura e a vela acesa.

Mãos à obra!

Conduzindo

1. Corte uma vela em pequenos pedaços. Acenda outra e use a parafina derretida como uma “cola” para fixar os pedacinhos de vela no arame em intervalos regulares.
2. Segure uma das extremidades do arame com um alicate e coloque a chama da vela na outra extremidade. Mantenha a vela aquecendo o arame por algum tempo e observe o que acontece.



© Lie Kobayashi

Interpretação e análise dos resultados

1. Como você explica o que aconteceu? Relate acontecimentos ou fenômenos que você observa em seu dia a dia que parecem estar relacionados com essa experiência.

Mãos à obra!

“Convectando”

1. Desenhe na folha uma espiral que utilize a maior parte do papel.
3. Amarre a linha no início da espiral e pendure-a a cerca de 50 cm do chão, de forma que ela possa girar livremente.



© Lie Kobayashi



© Lie Kobayashi

2. Corte-a de modo a formar uma espécie de “cobra”.
4. Coloque a vela acesa sob seu “móvil”, mantendo uma distância segura para não queimá-lo. Observe o que acontece.



© Lie Kobayashi



© Lie Kobayashi

Interpretação e análise dos resultados

1. Relate o que ocorreu com o móbile. Explique o ocorrido.

2. Relate acontecimentos ou fenômenos que você observa em seu dia a dia que parecem estar relacionados com essa experiência.

Mãos à obra!

Irradiando

Esta experiência é bastante simples!

Acenda a vela e aproxime suas mãos, sem tocar na chama. Observe o que acontece.

Interpretação e análise dos resultados

1. Procure relatar o que ocorreu descrevendo como o calor foi transferido para suas mãos.

2. Relate acontecimentos ou fenômenos que você observa em seu dia a dia que parecem estar relacionados com essa experiência.



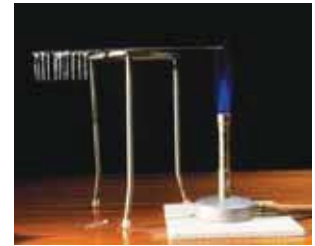
Leitura e análise de texto

Processo de troca de calor

No primeiro experimento realizado, a haste metálica esquenta como um todo, ainda que somente sua ponta tenha contato direto com a chama. Isso mostra que o calor se propagou pelo material que a constitui. Mas como será que isso acontece? Você pode responder a essa pergunta por meio do que aprendeu até agora sobre calor, temperatura e modelo microscópico da matéria.

Condução

O processo de condução, evidenciado nesse experimento, revela como o calor se propaga nos corpos sólidos. Se você fixar com parafina (vela derretida) uma série de cliques em uma haste metálica, como na imagem ao lado, as moléculas da parte da haste metálica em contato com a chama ganham calor da chama, por ela apresentar uma temperatura maior que a da haste. Esse ganho de energia faz que as moléculas passem a vibrar mais, já que o calor se transformou em energia cinética extra das moléculas.



© Andrew Lambert Photography/SPL/LatinStock

Assim, a energia de interação com as moléculas vizinhas é alterada e essas interações se propagam por toda a haste, aumentando a temperatura das partes que não estavam em contato direto com a fonte de calor. Com o passar do tempo, a parafina que fixa os cliques vai derreter, e os cliques se soltarão da direita para a esquerda.

Convecção

Os líquidos e os gases também são formados por moléculas; porém, diferentemente dos sólidos, essas moléculas não apresentam estruturas estáveis. Num líquido, as moléculas se movimentam de forma mais livre que nos sólidos, mas estão restritas a um volume definido e sua forma varia com a do recipiente que o contém. Já os gases têm suas moléculas movimentando-se ainda mais livremente que nos líquidos, ocupando todo o espaço disponível, e não possuem forma nem volume definidos.

Assim, por estarem mais “livres”, a propagação do calor nos líquidos e nos gases quase não ocorre por condução. O funcionamento do “móvil” é então explicado pelo processo de convecção. As camadas de ar situadas próximas à chama da vela aquecem mais rapidamente do que as camadas superiores.

Com isso, as camadas mais quentes de ar se dilatam, tornando-se menos densas que as outras, gerando uma corrente de ar, pois as camadas mais densas (mais frias) descem e as menos densas (mais quentes) sobem. A esse tipo de corrente chamamos de convecção.



© Martín Dolhm/SPL/LatinStock

Irradiação

Já o processo de irradiação, fenômeno que podemos perceber quando nos aproximamos de uma fonte de calor, como uma vela, uma lâmpada incandescente, um ferro de passar ou uma fogueira, só pode ser explicado por



© Al Francetich/Filip/Corbis/LatinStock

meio das ondas eletromagnéticas, em particular as das faixas de frequência do infravermelho localizadas logo abaixo do espectro de luz visível.

Esse conteúdo será aprofundado na 3ª série, de modo que, neste momento, é preciso que você compreenda que o calor é uma forma de energia que se propaga e, no caso da irradiação, não é necessária a existência de nenhum meio material. O melhor exemplo para isso é o aquecimento da Terra pelo Sol. O calor gerado pelo Sol atravessa o vácuo espacial e chega até aqui, nos aquecendo.

Elaborado por Guilherme Brockington especialmente para o São Paulo faz escola.

1. Em um churrasco, o calor é transmitido de diversas formas. Explique o processo envolvido em cada item:

a) do carvão em brasa direto para a carne: _____

b) com o ar quente próximo ao carvão, que sobe até a carne: _____

c) ao longo do espeto em contato com o ar já aquecido: _____

2. O formato da chama de uma vela está relacionado com qual processo de transmissão de calor? Explique.

3. Dentro de uma casa, qual é o melhor lugar para colocar um aquecedor elétrico? E qual é o melhor lugar para colocar o ar-condicionado? Explique.



VOCÊ APRENDEU?



Explique e dê três exemplos do dia a dia relacionados com os seguintes processos de transferência de calor:

- condução: _____

- convecção: _____

- irradiação: _____



LIÇÃO DE CASA



Pesquise na biblioteca de sua escola ou na internet e explique como os processos de transferência de calor estão relacionados com o bom funcionamento de uma geladeira e de uma garrafa térmica.

O que eu aprendi...

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 6 CONDUZINDO, “CONVECTANDO”, IRRADIANDO: É O CALOR EM TRÂNSITO!

Nesta Situação de Aprendizagem propomos experimentos que evidenciam os processos de condução, convecção e irradiação, possibilitando aprofundar as formas de troca de calor.

A irradiação permite tratar o calor como energia térmica que se propaga como radiação, antecipando o cenário para o próximo tema, que trata de aquecimento e clima.

Conteúdos e temas: calor, temperatura e fontes; processos que envolvem troca de calor; propriedades térmicas dos materiais.

Competências e habilidades: identificar fenômenos, fontes e sistemas que envolvem calor para a escolha de materiais apropriados a diferentes situações ou para explicar a participação do calor nos processos naturais e tecnológicos; identificar os diferentes processos de trocas de calor (condução, convecção e irradiação) e diferenciar seus respectivos modelos explicativos (calor como processo e calor como radiação térmica).

Sugestão de estratégias: variadas atividades experimentais para conduzir as discussões acerca dos diferentes processos de transferência de calor.

Sugestão de recursos: roteiro 6, atividade experimental utilizando materiais de baixo custo para problematizar os processos de transferência de calor.

Sugestão de avaliação: avaliar a execução das experiências propostas e respostas das questões contidas no roteiro; avaliar a variedade e a qualidade das manifestações dos alunos durante a realização das atividades, em termos de postura em relação aos colegas e ao professor; avaliar o envolvimento e a compreensão dos procedimentos e conceitos físicos envolvidos nas atividades.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Por se tratar de experimentos clássicos no ensino de Física, é bastante provável que você já tenha tido contato com eles. Talvez a maior

dificuldade esteja em organizar a sala de maneira que não tome o tempo de uma aula inteira. Caso ache prudente, realize-a você mesmo como uma atividade demonstrativa.

Roteiro 6 – Conduzindo, “convectando”, irradiando: é o calor em trânsito!



Nesta atividade, você compreenderá alguns processos de troca de calor que ocorrem cotidianamente. Serão três experimentos muito fáceis de serem realizados e que possibilitarão entender inúmeros eventos que ocorrem no dia a dia.

Calor em trânsito	Materiais	
Conduzindo	<ul style="list-style-type: none"> • velas; • pedaço de arame com aproximadamente 30 cm; • alicate. 	<p>© Lie Kobayashi Figura 11.</p>
“Convectando”	<ul style="list-style-type: none"> • vela; • linha; • folha de papel; • tesoura. 	<p>© Lie Kobayashi Figura 12.</p>
Irradiando	<ul style="list-style-type: none"> • vela. 	<p>© Lie Kobayashi Figura 13.</p>

Tabela 5.

Atenção!

Tenha cuidado ao manusear o alicate, a tesoura e a vela acesa.

Mãos à obra!

Conduzindo

1. Corte uma vela em pequenos pedaços. Acenda outra e use a parafina derretida como uma “cola” para fixar os pedacinhos de vela no arame em intervalos regulares.

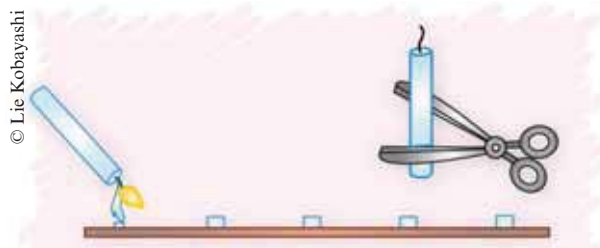


Figura 14.

2. Segure uma das extremidades do arame com um alicate e coloque a chama da vela na outra extremidade. Mantenha a vela aquecendo o arame por algum tempo e observe o que acontece.

Interpretação e análise dos resultados

1. Como você explica o que aconteceu? Relate acontecimentos ou fenômenos que você observa em seu dia a dia que parecem estar relacionados com essa experiência.

Apesar de as respostas serem pessoais, as questões servem para nortear a aula. Algumas questões, entretanto, envolvem apenas a observação do fenômeno.

Mãos à obra!

“Convectando”

1. Desenhe na folha uma espiral que utilize a maior parte do papel.
2. Corte-a, de modo a formar uma espécie de “cobra”.



Figura 15.



Figura 16.

3. Amarre a linha no início da espiral e pendure-a a cerca de 50 cm do chão, de forma que ela possa girar livremente.

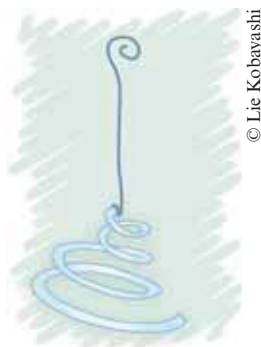


Figura 17.

4. Coloque a vela acesa sob seu “móvil”, mantendo uma distância segura para não queimá-lo. Observe o que acontece.

Interpretação e análise dos resultados

1. Relate o que ocorreu com o móvil. Explique o ocorrido.
2. Relate acontecimentos ou fenômenos que você observa em seu dia a dia que parecem estar relacionados com essa experiência.

Apesar de as respostas serem pessoais, as questões servem para nortear a aula. Algumas questões, entretanto, envolvem apenas a observação do fenômeno

Mãos à obra!

Irradiando

Esta experiência é bastante simples!

Acenda a vela e aproxime suas mãos, sem tocar na chama. Observe o que acontece.

Interpretação e análise dos resultados

1. Procure relatar o que ocorreu descrevendo como o calor foi transferido para suas mãos.
2. Relate acontecimentos ou fenômenos que você observa em seu dia a dia que parecem estar relacionados com essa experiência.

Apesar de as respostas serem pessoais, as questões servem para nortear a aula. Algumas questões, entretanto, envolvem apenas a observação do fenômeno.

Encaminhando a ação

Durante o experimento sobre a condução, saliente que a haste metálica esquenta, ainda que somente sua ponta tenha contato direto com a chama, indicando que o calor se propagou através do material que a constitui. Explique que as moléculas da parte que está em contato com a chama ganham energia cinética extra. Ao vibrarem mais, a energia potencial de interação com as moléculas vizinhas é alterada, e essas interações se propagam por toda a haste, aumentando a temperatura das partes que não estavam em contato direto com a fonte de calor. Aproveite para resgatar fatos cotidianos e procure fazer com que os alunos participem, lembrando de outras situações em que ocorre a condução. Discuta sobre algumas sensações

ilusórias que temos, como ao colocar um pé no piso de ladrilho e outro no carpete. Peça para explicarem por que o ladrilho parece mais frio que o carpete. Inúmeras situações podem ser objeto de reflexão, como o uso do isopor para armazenar bebidas, o plástico ou a madeira para os cabos das panelas etc.

A convecção explica o funcionamento de um “móvil”. Mostre aos alunos como no aquecimento da água em uma panela ocorre o mesmo processo (além da condução e irradiação). Eles devem compreender que as camadas de água situadas no fundo da panela aquecem mais rapidamente do que as camadas superiores, em razão da proximidade com a chama do fogão. Assim, as camadas mais quentes se dilatam, tornando-se menos densas que as outras, o que

gera uma corrente de convecção, de forma que as camadas mais densas (mais frias) descem e as menos densas (mais quentes) sobem. Use exemplos cotidianos para que os alunos reflitam sobre esse processo, como as correntes de ascensão utilizadas pelos pássaros em seu voo ou por que um ar-condicionado fica sempre na parte superior de uma sala.

Já a irradiação, fenômeno corriqueiro que facilmente é percebido quando nos aproximamos de uma fonte de calor, seja uma vela ou

uma lâmpada incandescente, é explicada por meio das ondas eletromagnéticas. Nesse momento do trabalho, não é possível tratar esse fenômeno de modo aprofundado; a saída é apresentar a figura de um espectro eletromagnético e adiantar um pouco o que será estudado em óptica e eletromagnetismo. Mas o objetivo principal nessa etapa é fazer que os alunos percebam que o calor é uma forma de energia que se propaga e, neste caso, não precisa de nenhum meio material; o melhor exemplo disso é o aquecimento da Terra pelo Sol.



Processo de troca de calor

No primeiro experimento realizado, a haste metálica esquenta como um todo, ainda que somente sua ponta tenha contato direto com a chama. Isso mostra que o calor se propagou pelo material que a constitui. Mas como será que isso acontece? Você pode responder a essa pergunta por meio do que aprendeu até agora sobre calor, temperatura e modelo microscópico da matéria.

Condução

O processo de condução, evidenciado nesse experimento, revela como o calor se propaga nos corpos sólidos. Se você fixar com parafina (vela derretida) uma série de cliques em uma haste metálica, como na imagem ao lado, as moléculas da parte da haste metálica em contato com a chama ganham calor da chama, por ela apresentar uma temperatura maior que a da haste. Esse ganho de energia faz que as moléculas passem a vibrar mais, já que o calor se transformou em energia cinética extra das moléculas.

Assim, a energia de interação com as moléculas vizinhas é alterada e essas interações se propagam por toda a haste, aumentando a temperatura das partes que não estavam em contato direto com a fonte de calor. Com o passar do tempo, a parafina que fixa os cliques vai derreter, e os cliques se soltarão da direita para a esquerda.

Convecção

Os líquidos e os gases também são formados por moléculas; porém, diferentemente dos sólidos, essas moléculas não apresentam estruturas estáveis. Num líquido, as moléculas se movimentam de forma mais livre



Figura 18.

© Andrew Lambert Photography/SPL/Latinstock



Figura 19.

© Martin Dohrn/SPL/Latinstock

que nos sólidos, mas estão restritas a um volume definido e sua forma varia com a do recipiente que o contém. Já os gases têm suas moléculas movimentando-se ainda mais livremente que nos líquidos, ocupando todo o espaço disponível, e não possuem forma nem volume definidos.

Assim, por estarem mais “livres”, a propagação do calor nos líquidos e nos gases quase não ocorre por condução. O funcionamento do “móvil” é então explicado pelo processo de convecção. As camadas de ar situadas próximas à chama da vela aquecem mais rapidamente do que as camadas superiores.

Com isso, as camadas mais quentes de ar se dilatam, tornando-se menos densas que as outras, gerando uma corrente de ar, pois as camadas mais densas (mais frias) descem e as menos densas (mais quentes) sobem. A esse tipo de corrente chamamos de convecção.

Irradiação

Já o processo de irradiação, fenômeno que podemos perceber quando nos aproximamos de uma fonte de calor, como uma vela, uma lâmpada incandescente, um ferro de passar ou uma fogueira, só pode ser explicado por meio das ondas eletromagnéticas, em particular as das faixas de frequência do infravermelho localizadas logo abaixo do espectro de luz visível.

Esse conteúdo será aprofundado na 3ª série, de modo que, neste momento, é preciso que você compreenda que o calor é uma forma de energia que se propaga e, no caso da irradiação, não é necessária a existência de nenhum meio material. O melhor exemplo para isso é o aquecimento da Terra pelo Sol. O calor gerado pelo Sol atravessa o vácuo espacial e chega até aqui, nos aquecendo.

Elaborado por Guilherme Brockington especialmente para o São Paulo faz escola.

© Al Francekevich/Filr/Corbis/
Latinstock



Figura 20.

1. Em um churrasco, o calor é transmitido de diversas formas. Explique o processo envolvido em cada item:

a) do carvão em brasa direto para a carne:

Espera-se que os alunos respondam que o processo foi a irradiação. O calor é transmitido por meio de ondas eletromagnéticas.

b) com o ar quente próximo ao carvão, que sobe até a carne:

Espera-se que eles reconheçam que o processo foi a convecção. A camada de ar que está próxima ao carvão esquenta, por isso tem seu volume dilatado, diminuindo assim sua densidade. Essa camada de ar quente então se desloca para cima, sendo substituída por outra camada de ar mais fria, proveniente da região superior.

c) ao longo do espeto em contato com o ar já aquecido:

Espera-se que eles reconheçam que o processo foi a condução. O calor é transmitido de molécula para molécula.

2. O formato da chama de uma vela está relacionado com qual processo de transmissão de calor? Explique.

Essa questão é complexa. Portanto, leve os alunos a entender que o formato da chama de uma vela está relacionado com a convecção. Por causa da combustão do oxigênio, há aumento na temperatura da camada de ar junto ao pavio, onde ocorre a combustão. Esse processo produz gases com temperatura maior que a do ar ambiente e que, portanto, são menos densos. Da mesma forma, a camada de ar próxima também se aquece por radiação, tornando-se também menos densa. Formam-se, assim, correntes de convecção que dão origem ao formato da chama da vela.

3. Dentro de uma casa, qual é o melhor lugar para colocar um aquecedor elétrico? E qual é o melhor lugar para colocar o ar-condicionado? Explique.

Nessa questão, espera-se que os alunos entendam que o aquecedor deve ficar embaixo, próximo ao chão, para que o ar quente suba e se espalhe pela casa. Já com o ar-condicionado deve-se fazer o contrário, colocando-o na parte de cima, para que o ar frio desça e se espalhe pela casa. Em ambos os casos, o processo de convecção é determinante.



Explique e dê três exemplos do dia a dia relacionados com os seguintes processos de transferência de calor:

- ▶ **condução:** o calor é transmitido pelo contato. É o que ocorre com o calor que passa da panela para o alimento, da carne para o espeto, da panela para seu cabo.
- ▶ **convecção:** o calor é transmitido pelas partículas em movimento. São exemplos de convecção: brisa marítima, ar-condicionado posicionado na parte de cima

do ambiente, aquecedor na parte inferior, ar quente que sobe ao ser aquecido pela chama do fogão.

- ▶ **irradiação:** o calor é transmitido a distância. Podem ser citadas situações de irradiação como: do Sol para a Terra, da brasa para a carne, da resistência elétrica de uma torradeira para o pão.



Pesquise na biblioteca de sua escola ou na internet e explique como os processos de transferência de calor estão relacionados com o bom funcionamento de uma geladeira e de uma garrafa térmica.

Essa pesquisa tem o objetivo de levar os alunos a compreender que o ar frio é lançado da parte mais alta da geladeira, e as prateleiras, na maior parte das geladeiras, são vazadas para permitir a convecção. As portas são vedadas, o que não permite a troca de calor com o meio externo através de contato. Da mesma forma, a garrafa térmica, mantendo sua temperatura homogênea, não possibilita redes de convecção. Ela é vedada e isolada termicamente com vácuo, portanto não há troca de calor por condução. Suas paredes internas são espoladas, não permitindo troca de calor por irradiação.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 7 QUEM LIBERA MAIS CALOR?

Esta Situação de Aprendizagem visa começar o estudo das propriedades térmicas dos materiais, tratando do calor específico. Essa propriedade permite classificar os diferentes materiais de acordo com a quantidade de calor necessária para variar em 1 °C a temperatura de 1 grama de massa.

Sua interpretação, de acordo com o modelo cinético-molecular apresentado no tema anterior, implica a compreensão de que materiais diferentes são constituídos de moléculas diferentes, possibilitando assim trabalhar outras propriedades térmicas dos materiais, por exemplo, a condutibilidade.

Conteúdos e temas: calor, temperatura e fontes; processos que envolvem troca de calor; propriedades térmicas dos materiais; calor específico e capacidade térmica.

Competências e habilidades: ler, interpretar e executar corretamente um roteiro de atividade experimental; elaborar hipóteses e interpretar resultados de situação experimental que envolve trocas de calor e propriedades térmicas dos materiais; elaborar comunicação escrita e relatar oralmente resultados de experimentos sobre condução de calor, calor específico e capacidade térmica; identificar no cotidiano as situações que envolvem conhecimentos físicos estudados na atividade realizada.

Sugestão de estratégias: atividade experimental para conduzir as discussões sobre o conceito de calor específico.

TEMA 2:

CAMPOS E FORÇAS ELETROMAGNÉTICAS

As interações elétricas e magnéticas muitas vezes passam despercebidas por nós. Contudo, elas são necessárias para se entender muitos dos fenômenos presentes no nosso cotidiano.

Como seria o nosso mundo se não houvesse a interação elétrica? Como os átomos de carbono poderiam formar moléculas orgânicas e estas poderiam se unir para formar substâncias do nosso corpo humano se não houvesse a interação elétrica? Por que uma bússola aponta sempre para o norte? Por que é necessário utilizar para-raios nas edificações? Como uma usina hidrelétrica produz energia a partir do movimento de queda-d'água? Como informações poderiam ser gravadas nos tocadores de MP3 sem a interação magnética? Essas são apenas algumas questões ligadas à natureza das interações eletromagnéticas que serão discutidas neste tema.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 7 PERCEPÇÃO DOS CAMPOS E SUA NATUREZA

As propriedades elétricas e magnéticas da matéria foram objeto importante no desenvolvimento da Física. Foi com o estudo da eletricidade e do magnetismo manifestados por vários materiais, como os âmbares, as pedras “amantes” (os ímãs naturais), que a Física avançou a pesquisa do mundo microscópico.

O cotidiano está repleto de situações que, apesar de não percebidas diretamente, envolvem essas propriedades. Você deve ter presenciado alguns desses fenômenos, mas já os questionou? Por exemplo, por que os pelos do braço são atraídos por um tubo de televisão recém-desligado? Como o ímã sabe que há um corpo que ele pode atrair? Por que o ímã atrai certos objetos como um prego e não outros como uma borracha? A atividade proposta a seguir tem como objetivo ajudá-lo a responder a essas questões com base no reconhecimento das propriedades elétricas e magnéticas da matéria, bem como a forma de interação associada a elas.



ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

Percepção dos campos e sua natureza^a

Antes de iniciar a atividade, “brinque” com os seguintes objetos: um ímã, um canudo de refresco e três pêndulos construídos com esferas de isopor (em um pêndulo, a esfera de isopor não será alterada; em outro, a esfera vai esconder um pedaço de clipe; e, no terceiro, a esfera esconderá um ímã).

Importante: antes de começar a atividade, embaralhe os pêndulos para que você não saiba qual é a composição de cada um e os numere de 1 a 3.

^a Adaptado de BROCKINGTON et al. Curso de dualidade onda-partícula. Nupic-FEUSP. Disponível em: <<http://www.nupic.fe.usp.br/Projetos%20e%20Materiais/material-curso-de-linhas-espectrais>>. Acesso em: 3 set. 2013.

Aproxime o canudo de refresco dos três pêndulos e observe o que acontece. Em seguida, atrite o canudo de refresco uma única vez, mas de forma vigorosa, com um pedaço de papel higiênico; aproxime-o dos pêndulos e observe o que acontece. Aproxime também o ímã dos três pêndulos e observe.

Veja que em algumas situações os objetos vão se atrair – chamaremos isso de atração. Em outras situações, os objetos vão se repelir – a isso chamaremos de repulsão.

Complete a tabela a seguir anotando suas observações. Veja se ocorre atração, repulsão, ou se nada acontece ao aproximar de cada uma das esferas dos pêndulos os seguintes corpos: um canudinho, um canudinho eletrizado (eletriza-se um canudinho atritando-o com uma toalha de papel) e um ímã.

Corpos	Pêndulo 1	Pêndulo 2	Pêndulo 3
Canudinho			
Canudinho eletrizado			
Ímã			

Com base nas suas observações, responda:

1. Em qual pêndulo o pedaço de clipe está escondido? Explique.

2. Em qual pêndulo o ímã está escondido? Explique.

3. Qual pêndulo é inteiramente de isopor? Explique.

4. Haveria diferença se fosse utilizado um ímã “mais forte”? Como chega a informação sobre a intensidade do ímã ao pêndulo?

5. Como o pêndulo “percebe” a aproximação e a orientação dos corpos?

6. Como o pêndulo identifica quando é aproximado um ímã ou um canudinho eletrizado, ou seja, o que detecta a aproximação do ímã e do canudinho eletrizado?



VOCÊ APRENDEU?



1. A partir do que foi estudado, destaque as diferenças entre eletrização por atrito, contato e indução.

2. Quando podemos dizer que há repulsão entre dois corpos eletrizados? E entre ímãs?

3. Enuncie a Lei de Coulomb e escreva a sua expressão matemática.

4. Pode-se dizer que um corpo neutro não tem campo elétrico? Por quê?



LIÇÃO DE CASA



1. Pegue um papel e picote em pequenos pedaços. Em seguida, esfregue uma caneta ou um pente de plástico no cabelo e depois aproxime dos pedacinhos de papel. Eles serão atraídos pela caneta ou pelo pente de plástico. Por que isso acontece? Faça um esboço dos objetos e a distribuição de suas cargas elétricas.

2. Pode-se dizer que o ato de esfregar a caneta ou o pente “gerou” um campo elétrico?

3. Quando podemos dizer que um corpo está carregado positivamente? E negativamente?



Blindagem eletrostática

Será que podemos blindar a ação do campo elétrico sobre os corpos? A resposta para essa questão foi elaborada por Michael Faraday ao construir uma gaiola metálica que recebeu seu nome: gaiola de Faraday. Com ela, foi possível demonstrar que condutores só possuem carga em excesso em sua superfície externa, tendo o campo elétrico nulo em seu interior. Atualmente, a ideia de Faraday é utilizada para proteger equipamentos eletrônicos que são sensíveis a interferências elétricas externas ou a aparelhos que promoveriam interferências, como liquidificadores, por exemplo. O princípio dessa ideia ficou conhecido como blindagem eletrostática e explica por que as pessoas ficam protegidas dentro de um veículo quando este é atingido por uma descarga elétrica. Nesse caso, as cargas elétricas escoam sobre a superfície externa do veículo até a terra.



PARA SABER MAIS

Sites

- Cargas e campos (*Charges and fields*). Disponível em: <<http://www.colorado.edu/physics/2000/applets/nforcefield.html>>. Acesso em: 28 maio 2013. Nesse *site*, você pode mover as cargas e perceber o que acontece com o campo elétrico resultante sobre as cargas de prova.

Dica! Dando dois cliques sobre as cargas você pode alterar seu sinal.

- Apresentando... Seu campo elétrico (*Presenting... Your electric Field*). Disponível em: <http://vnatsci.ltu.edu/s_schneider/physlets/main/efield.shtml>. Acesso em: 28 maio 2013. Nesse *site*, você pode visualizar o campo elétrico de uma carga e também o vetor da força elétrica sobre uma carga de prova.

O que eu aprendi...

.....

.....

.....

.....

.....



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 7

PERCEPÇÃO DOS CAMPOS E SUA NATUREZA

Nesta Situação de Aprendizagem, os alunos reconhecerão as propriedades elétricas e magnéticas da matéria, bem como seus campos de interação. A ideia é pedir aos alunos que investiguem os pêndulos feitos de materiais de baixo custo.

Cada esfera do pêndulo conterá um material diferente – metal e ímã – de modo que os alunos possam observar diferentes reações dos pêndulos na presença de materiais distintos, como um canudinho eletrizado, um ímã e um objeto neutro.

Conteúdos e temas: carga elétrica; polos magnéticos; eletrização; campo elétrico; campo magnético e força elétrica.

Competências e habilidades: identificar as propriedades elétricas e magnéticas, compreendendo a interação através de campos; reconhecer os processos de eletrização; diferenciar um condutor de um isolante elétrico.

Sugestão de estratégias: por meio do uso de pêndulos, construídos com material de baixo custo, serão exploradas as propriedades elétricas e magnéticas, relacionando-as com seus respectivos campos de força.

Sugestão de recursos: roteiro 7 de atividade experimental com materiais de baixo custo.

Sugestão de avaliação: avaliar as respostas dadas às questões propostas, a resolução de exercícios e o envolvimento com o desenvolvimento da atividade.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Para iniciar a discussão sobre os campos eletromagnéticos, faça a seguinte demonstração, usando um ímã e um clipe: coloque o clipe cercado por uma folha de papel e aproxime dele um ímã. Repita a operação, porém faça que o ímã venha pelo lado oposto. Em seguida, questione: *Como o clipe sabe que há um ímã por perto? Como é informado de que lado o ímã está chegando até o clipe?* Se quiser, troque o clipe por uma bússola.

Os alunos refletirão sobre a maneira como os corpos percebem a presença de outros corpos. Essa ideia pode ser estendida para o caso da atração entre a Terra e a Lua e a atração entre o Sol e os planetas do sistema solar.

Depois, execute na sala o experimento de percepção dos campos e sua natureza (roteiro 7) e solicite aos alunos que respondam às questões. As respostas poderão ser dadas em grupo, para que haja maior discussão sobre as observações realizadas.

Roteiro 7 – Percepção dos campos e sua natureza



Antes de iniciar a atividade, “brinque” com os seguintes objetos: um ímã, um canudo de re-

fresco e três pêndulos construídos com esferas de isopor (em um pêndulo, a esfera de isopor não será alterada; em outro, a esfera vai esconder um pedaço de clipe; e, no terceiro, a esfera esconderá um ímã).

Importante: antes de começar a atividade, embaralhe os pêndulos para que você não saiba qual é a composição de cada um e os numere de 1 a 3.

Aproxime o canudo de refresco dos três pêndulos e observe o que acontece. Em seguida, atrite o canudo de refresco uma única vez, mas de forma vigorosa, com um pedaço de papel higiênico; aproxime-o dos pêndulos e observe o que acontece. Aproxime também o ímã dos três pêndulos e observe.

Veja que em algumas situações os objetos vão se atrair – chamaremos isso de atração. Em outras situações, os objetos vão se repelir – a isso chamaremos de repulsão.

Complete a tabela a seguir anotando suas observações. Veja se ocorre atração, repulsão ou se nada acontece ao aproximar de cada uma das esferas dos pêndulos os seguintes corpos: um canudinho; um canudinho eletrizado (eletriza-se um canudinho atritando-o com uma toalha de papel) e um ímã.

Corpos	Pêndulo 1	Pêndulo 2	Pêndulo 3
Canudinho			
Canudinho eletrizado			
Ímã			

Tabela 11.

Com base nas suas observações, responda:

1. Em qual pêndulo o pedaço de clipe está escondido? Explique.
2. Em qual pêndulo o ímã está escondido? Explique.

Roteiro adaptado de: BROCKINGTON et al. Curso de dualidade onda-partícula. Nupic-FEUSP. Disponível em: <<http://www.nupic.fe.usp.br/Projetos%20e%20Materiais/material-curso-de-linhas-espectrais>>. Acesso em: 3 set. 2013.

3. Qual pêndulo é inteiramente de isopor? Explique.

Nas questões 1, 2 e 3, espera-se que os alunos observem as reações de atração e repulsão entre os corpos, atribuindo os movimentos às características dos corpos.

4. Haveria diferença se fosse utilizado um ímã “mais forte”? Como chega a informação sobre a intensidade do ímã ao pêndulo?

Ao utilizar um ímã “mais forte”, espera-se que ele exerça uma força maior sobre os pêndulos com o clipe ou com o ímã escondidos. Os resultados visíveis seriam: no caso do pêndulo com clipe, ele estaria sujeito a uma maior aceleração com a aproximação do ímã e se moveria mais rapidamente do que com o ímã “mais fraco”; no caso do pêndulo com ímã, ele poderia ser repelido com maior intensidade, ficando mais distante do “ímã forte”, ou seria atraído com maior força, movendo-se mais rapidamente. É importante que os alunos notem que não é necessário que haja contato entre os corpos para que eles sofram a ação de forças.

5. Como o pêndulo “percebe” a aproximação e a orientação dos corpos?

Como na questão anterior, é importante que os alunos percebam que não é necessário que haja contato entre os corpos para que eles sofram a ação de forças. Uma vez notado isso, a questão pode ser recolocada: *Algo emana dos corpos? O que é transmitido e como é transmitido de um corpo para o outro? Verifique se nas respostas dos alunos há elementos para que essa problematização possa ser feita.*

6. Como o pêndulo identifica quando é aproximado um ímã ou um canudinho eletrizado, ou seja, o que detecta a aproximação do ímã e do canudinho eletrizado?

Verifique se os alunos conseguiram perceber que a aproximação de ímãs e corpos eletrizados gera fenômenos diferentes nos diversos pêndulos. Procure problematizar que diferentes fenômenos podem ser explicados por interações de naturezas distintas.

Encaminhando a ação

Depois de respondidas as questões, inicie a discussão com a classe fazendo o levantamento das respostas de cada grupo. A conversa deve ser encaminhada visando à introdução da ideia de que as ações elétrica e magnética são “mediadas” e não instantâneas. Ou seja, que a percepção da presença de um objeto pelo outro se dá por meio de um intermediário: o campo (elétrico e magnético).

Uma questão que pode auxiliar nessa tarefa é perguntar aos alunos: *O que aconteceria ao pêndulo com clipe se o ímã desaparecesse?* Os alunos provavelmente responderão que o pêndulo deixaria de ser atraído. Repita a pergunta, mas diga agora que o ímã foi levado para mais longe. Repita mais algumas vezes a pergunta alterando a localização do ímã, que ficará cada vez mais longe, por exemplo, na órbita da Lua, depois na posição do Sol e, finalmente, no infinito. A ideia é levar os alunos a perceberem que, na perspectiva moderna, a interação elétrica e magnética se encontra entre fonte (ímã) e alvo (pêndulo). Chamamos isso de **campo**.

Em seguida, sistematize a discussão para que os conceitos possam ser compreendidos de maneira clara pelos alunos. É possível lançar mão, nesse momento, de definições formais e de exercícios numéricos, presentes na maioria dos livros didáticos.

Depois da discussão sobre a atividade, é necessário que você formalize algumas definições nessa aula ou na próxima. Os alunos precisam compreender a relação da força com o inverso do quadrado da distância – Lei de Coulomb. Uma estratégia interessante para abordar matematicamente essa lei é trabalhar com gráficos.

Há outros temas para discussão, tais como: a força como manifestação do campo; a relação entre campo e carga elétrica e vice-versa,

ou seja, que não existe campo sem carga, nem carga sem campo; a existência de dois polos magnéticos e que eles são inseparáveis.

Para que possa ficar mais bem fixado, aplique exercícios numéricos que reforcem esses aspectos. Contudo, procure não estender por mais de uma aula o trabalho com exercícios.

Se for possível, proponha uma investigação para os alunos. Para isso, forneça aos grupos, além dos três pêndulos, os materiais descritos, como ímãs, bússolas, cliques, pedaços de papel, giz, canudos de refresco, papel higiênico ou papel-toalha e outros.



Figura 25. Visualização de campo magnético de dois ímãs com polos diferentes utilizando limalha de ferro.



1. A partir do que foi estudado, destaque as diferenças entre eletrização por atrito, contato e indução.

Na primeira, a eletrização ocorre mediante atrito entre dois corpos, que adquirem sinais opostos. Na segunda, quando os corpos são colocados em contato ocorre distribuição da carga elétrica entre eles, que adquirem o mesmo sinal. Na última, não existe contato; o corpo neutro é induzido pelo campo elétrico do corpo que está carregado e adquire (mediante aterramento) sinal oposto ao deste.

2. Quando podemos dizer que há repulsão entre dois corpos eletrizados? E entre ímãs?

A repulsão entre dois corpos eletrizados ocorre quando ambos têm cargas de mesmo sinal. No caso dos ímãs, a repulsão se dá quando aproximamos polos de mesmo nome (polo sul com polo sul e polo norte com polo norte).

3. Enuncie a Lei de Coulomb e escreva a sua expressão matemática.

A força entre duas cargas elétricas é diretamente proporcional ao produto das cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas, conforme demonstrado na fórmula:

$$F = \frac{k \cdot |Q_1| \cdot |Q_2|}{d^2} \quad (\text{dada em N})$$

4. Pode-se dizer que um corpo neutro não tem campo elétrico? Por quê?

A igualdade numérica de cargas positivas e negativas faz que a ação externa do campo seja nula. Isso se dá em razão da superposição dos campos elétricos das cargas negativas e das cargas positivas, que resulta em um campo elétrico nulo, ainda que haja campos não nulos no interior do corpo.



1. Pegue um papel e picote em pequenos pedaços. Em seguida, esfregue uma caneta ou um pente de plástico no cabelo e depois aproxime dos pedacinhos de papel. Eles serão atraídos pela caneta ou pelo pente de plástico. Por que isso acontece? Faça um esboço dos objetos e a distribuição de suas cargas elétricas.

Observe se as respostas dos alunos relacionam a atração dos pedaços de papel a um fenômeno de origem elétrica. A atração pode ser explicada da seguinte forma: a caneta fica carregada eletricamente em razão do atrito com o cabelo. Uma vez carregada, ao se aproximar dos pedaços de papel picado, a caneta faz que as cargas do papel se reorganizem. Essa reorganização faz que as cargas de sinal contrário ao da caneta sejam atraídas e as de mesmo sinal, repelidas. O resultado é o surgimento de uma força de atração.

2. Pode-se dizer que o ato de esfregar a caneta ou o pente “gerou” um campo elétrico?

Não, o campo elétrico está sempre presente. O que houve foi um desequilíbrio entre as cargas elétricas. Isso permitiu que o campo de um dos tipos de carga tenha intensidade maior que o do outro tipo.

3. Quando podemos dizer que um corpo está carregado positivamente? E negativamente?

O corpo é considerado positivo quando tem falta de elétrons e é considerado negativo quando tem excesso de elétrons.

Aproveite para discutir com os alunos o tema da blindagem eletrostática.

Blindagem eletrostática

Será que podemos blindar a ação do campo elétrico sobre os corpos? A resposta para essa questão foi elaborada por Michael Faraday ao construir uma gaiola metálica que recebeu seu nome: gaiola de Faraday. Com ela, foi possível demonstrar que condutores só possuem carga em excesso em sua superfície externa, tendo o campo elétrico nulo em seu interior. Atualmente, a ideia de Faraday é utilizada para proteger equipamentos eletrônicos que são sensíveis a interferências elétricas externas ou a aparelhos que promoveriam interferências, como liquidificadores, por exemplo. O princípio desta ideia ficou conhecido como blindagem eletrostática e explica por que as pessoas ficam protegidas dentro de um veículo quando este é atingido por uma descarga elétrica. Nesse caso, as cargas elétricas escoam sobre a superfície externa do veículo até a terra.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 8 ESTIMANDO GRANDEZAS

Esta Situação de Aprendizagem tem como objetivo discutir a maneira de se estimar a intensidade das grandezas envolvidas em determinados fenômenos vinculados à eletricidade. Para isso, será realizada uma discussão teórica focando as grandezas estudadas.

A ideia é discutir, a partir de um relâmpago, como se pode estimar a corrente, o campo e a quantidade de carga que se apresenta nesse fenômeno e, em seguida, comparar com observações mais próximas, como a corrente e a quantidade de cargas que passam em um chuveiro.