

Universidade de São Paulo
Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas
Departamento de Astronomia

Gabriel Lanzillotta Merlo

**Cometas através dos tempos e o perfil
didático epistemológico de livros didáticos de
física**

São Paulo

2019

Gabriel Lanzillotta Merlo

Cometas através dos tempos e o perfil didático epistemológico de livros didáticos de física

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências
Atmosféricas da Universidade de São Paulo
como requisito parcial para a obtenção do título
de Bacharel em Astronomia.

Vertente: Ensino e Divulgação Científica

Orientador(es):

Prof. Dr. Ramachrisna Teixeira (IAG/USP);

Prof. Dr. Maurício Pietrocola (FE/USP)

São Paulo

2019

Dedico esse trabalho ao meu pai, meu herói, no qual prometi que me tornaria alguém do qual tivesse orgulho.

Agradecimentos

Muitas pessoas fizeram parte dessa história desde o começo, no entanto, as páginas são curtas para tamanho agradecimento, e de qualquer forma, a profundidade se perderia.

Quero agradecer primeiramente a ela, a pessoa que desde o começo me apoiou em todas as minhas decisões, sendo elas contrárias ao senso comum ou ao estabelecido como normal, no momento em que ninguém acreditava em mim ela foi a única a ficar do meu lado. Ela que propiciou a chance de eu poder aprofundar meus estudos enquanto segurava as pontas em todas as dificuldades da vida, a ela sou eternamente grato. Muitas vezes alguns sentimentos não precisam ser falados para existirem ou para serem sentidos, a boca, limitada, estraga o sentimento. Obrigado mãe!

Outra pessoa que esteve comigo desde o começo desse processo devo ser eternamente grato. Com ela do meu lado sempre foi possível superar as dificuldades e ver o sentido das coisas, sempre foi minha companheira, aquela no qual tudo se encaixa e a vida é mais leve. Obrigado por existir, Isabela!

Gostaria de agradecer todos os meus amigos que estiveram presentes ou que tenham passado pela minha vida e me transformado, sendo presença constante ou não.

Um agradecimento aos meus dois orientadores. Ao Maurício que me aceitou desde o começo mesmo eu tendo vindo de uma área completamente diferente da que eu queria fazer iniciação científica e sempre me ajudou a me aprofundar na minha pesquisa. E ao Rama que me acolheu de uma forma muito especial que jamais podia pedir.

“That’s where you’ll find me, somewhere over the rainbow...”

Israel Kamakawiwo’ole

“O meu lugar é sempre o não lugar”

Rûmî

“Eles querem que você desista, mas jamais se dê por vencido!”

Criolo

Resumo

Neste trabalho foi estudada a epistemologia de Gaston Bachelard, um filósofo da ciência do século XX que se dedicou a entender como a ciência evoluiu no tempo. Trabalhando as 5 fases do pensamento científico que Bachelard apresenta foi discutida a noção de perfil epistemológico, apresentado no trabalho chamado “A Filosofia do Não”. Foi feita uma pesquisa histórica do conceito de cometa na perspectiva de alguns pensadores importantes, Cláudio Ptolomeu, Aristóteles, Tycho Brahe e Edmond Halley, onde foi categorizada a conceituação de cada um conforme a obra de Bachelard, onde pode-se ver a evolução do conceito e a diferenciação de cada fase do conhecimento científico. Por fim foi utilizada uma ferramenta de investigação chamada Análise do Discurso para traçar o perfil didático-epistemológico de três coleções de livros didáticos de física aprovados no PNLD de 2018 e discutiu-se algumas implicações de tais perfis no processo ensino-aprendizagem de estudantes de ensino médio.

Abstract

In this work we have studied the epistemology of Gaston Bachelard, a philosopher of science of the twentieth century who was dedicated to understand how science evolved in time. Working out the 5 phases of scientific thinking that Bachelard presents, the notion of epistemological profile presented in the work called “The Philosophy of No” was discussed. A historical research on the concept of comet was made in the perspective of some important thinkers, Claudius Ptolemy, Aristotle, Tycho Brahe and Edmond Halley, where the conceptualization of each one was classified according to the work of Bachelard, where we can see the evolution of the concept and the differentiation of each phase of scientific knowledge. Finally, a research tool called Discourse Analysis was used to draw the didactic-epistemological profile of three collections of physics textbooks approved in the PNLD of 2018. We also discuss some implications of such profiles in the process of teaching-learning of high school students.

Lista de Figuras

1.1	Perfil Epistemológico do conceito de massa	25
3.1	Perfil Didático-Epistemológico Física	35
3.2	Perfil Didático-Epistemológico Física em Contextos	35
3.3	Perfil Didático-Epistemológico Física Aula por Aula	36

Lista de Tabelas

3.1	Frequências encontradas de cada filosofia nas coleções	35
-----	--	----

Sumário

1. <i>Introdução</i>	19
1.1 Gaston Bachelard	20
1.2 Fases do pensamento científico segundo Bachelard	21
1.3 Perfil Epistemológico	23
2. <i>Cometas através dos tempos</i>	27
2.1 Cláudio Ptolomeu (90 - 168 d.C.)	27
2.2 Aristóteles (384 - 322 a.C.)	28
2.3 Tycho Brahe (1546 - 1601 d.C.)	29
2.4 Edmond Halley (1656 - 1742 d.C.)	29
3. <i>Perfil Didático-Epistemológico de Livros Didáticos de Física</i>	31
3.1 Livros Didáticos de Física e sua Relevância no Ensino-Aprendizagem	31
3.2 Perfil Didático-Epistemológico	32
3.3 Implicações e Inferências no Ensino de Ciências	36
4. <i>Conclusões</i>	39
<i>Referências</i>	41

Introdução

Sabe-se sobre a importância dos livros didáticos no ensino de ciências, esses tem papel fundamental nas aulas, funcionando muitas vezes como “enciclopédias” do pensamento científico sistematizado. Dado esse aspecto, alunos e professores utilizam tal ferramenta para seus fins de estudo e aprendizagem. Atualmente o Ministério da Educação promove o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), que tem a função de avaliar diversas coleções de livros para serem disponibilizadas para os estudantes de todo o ensino básico, tomando diversos critérios de seleção que têm sido aprimorados com tempo. Um desses critérios é que os livros tenham uma perspectiva histórica contextualizada, um nível historiográfico que esteja de acordo com o conhecimento apresentado.

Gaston Bachelard, filósofo da ciência engajado no estudo do pensamento, teve uma preocupação de estudar como o pensamento científico se constrói e se construiu por meio de uma perspectiva histórica e divide o conhecimento em etapas distintas em que o pensamento científico foi construído. Com isso, ele constrói a ideia de perfil epistemológico que seria, para uma pessoa em particular, uma escala da superposição de diversas filosofias do pensamento científico de um mesmo conceito. Nisso coloca-se a ideia de poder traçar o perfil epistemológico de uma coleção de livros didáticos, ou melhor, o perfil didático-epistemológico dessa coleção.

Para realizar essa tarefa foi feito um exercício de compreensão das filosofias que Bachelard apresenta, onde foi estudado como a conceito de “cometa” evoluiu no tempo até certo ponto, na visão de diversas pessoas importantes para o pensamento ao longo dos anos. Ao compreender como o pensador pensava o cometa em si foi avaliado em que tipo de filosofia esse pensamento se encaixava melhor.

Tendo feito isso, traçamos o perfil didático-epistemológico de três coleções de livros de

física aprovadas no PNLD que tinham em seu contexto uma ênfase no campo histórico. Com os perfis prontos foram apontadas algumas possíveis implicações no processo de ensino-aprendizagem.

1.1 *Gaston Bachelard*

Gaston Bachelard nasceu em 27 de junho de 1884, na França campesina, e morreu em 16 de outubro de 1962, na Paris cosmopolita e industrializada. Vivenciou assim a ruptura entre o século XIX e o século XX, entre o campo e a cidade, o contato com os elementos básicos que inspiram os devaneios - a água, o ar, o fogo e a terra -, expresso em seus trabalhos no campo da Poética, e a vivência junto às ciências, expressa em sua obra epistemológica, como coloca Casimiro (1996). Foi um grande pensador da filosofia da ciência no século XX desenvolvendo diversas contribuições nessa área, principalmente com a expansão do pensamento da Física Moderna, que estava em seu nascimento.

Ao viver a virada do século XIX para o XX, época marcada por uma filosofia positivista-empirista muito forte, onde se acreditava que a ciência alcançava cada vez mais verdades mais profundas, Bachelard esbarra nos conceitos básicos de espaço e tempo newtoniano colocados em cheque pelas teorias modernas.

Pietrocola (2014) coloca que “a filosofia de Bachelard aponta como virtude o que as demais filosofias sempre viram como fraqueza do pensamento: o erro”. O que sabemos então seria objeto de retificação das etapas posteriores de desenvolvimento do pensamento, só através do erro poderíamos avançar no pensamento. Nesse sentido, haveria um movimento de superação do pensamento ao próprio pensamento antes estabelecido, como coloca Pietrocola (2014) “Bachelard dá o nome de obstáculos epistemológicos ao que deve ser superado de tempos em tempos pelo pensamento em sua trilha de conhecimento do mundo” e continua dizendo que “sua perspectiva filosófica indica um progresso científico eminentemente descontínuo, onde cada fase de avanço se estabelece como um exoesqueleto que dará, provisoriamente, forma e sustentação ao pensamento”. Com isso, para superar os obstáculos epistemológicos há a necessidade de haver um processo de ruptura com a forma de pensamento anterior, onde os pressupostos e afirmações seriam superados por relações mais complexas, fruto do desenvolvimento do pensar do ser humano, nesse caso, do pensar científico.

Como destaca Paiva (1997) ao tomar o pensamento científico como objeto de sua reflexão, a obra de Gaston Bachelard celebra um fazer-se científico fundamentalmente lúdico, recusando-se a priorizar os sistemas acabados que definem de antemão o inédito igualando o diferente. Isso instaura uma perspectiva, ágil e dinâmica, que concebe a ciência como um constructo em etapas e inacabado, no qual se aliam e se alteram reciprocamente pensamento e experiência.

O grande destaque da obra de Bachelard se encontra no fato de todo o seu pensamento não ser tirado exclusivamente do exercício analítico do pensamento científico, como diversas outras filosofias, mas vem de uma análise histórica. Ele se preocupa em buscar nas fontes históricas as formas que o pensamento de diversas épocas eram construídos, para só assim poder fazer sua epistemologia histórica. Isso se torna um ponto chave para o trabalho que se segue, onde foram analisadas construções históricas tanto de um conceito em particular como de coleções de livros didáticos. Ao escolhê-lo como referencial teórico e analítico estamos submetidos as limitações de sua epistemologia, mas também sua ampla utilidade para o objetivo desse trabalho.

1.2 Fases do pensamento científico segundo Bachelard

No seu livro *A Filosofia do Não*, Bachelard (1940), apresenta a ideia de que a produção do conhecimento científico segue uma trajetória histórica na sua maneira de produção e validação. Assim, um conceito evolui de definições conforme o passar do tempo, onde surgem novas ideias e discussões, tornando-se um conceito mais elaborado. Ele divide tal evolução em cinco fases principais, que englobam características diferentes, sendo elas Realismo Ingênuo, Realismo Claro e Positivista, Racionalismo Clássico, Racionalismo Complexo e Racionalismo Discursivo (ou Ultrarracionalismo).

Começemos pelo realismo ingênuo. Esse é o famoso pensamento do senso comum, que segundo Mortimer (1992) é aquele no qual não há um processo de reflexão ou de estudo profundo. Tem muitas vezes característica animista e parte basicamente de concepções pré-científicas. Bachelard (1940) analisando o conceito de massa coloca a contradição entre algo grande e algo pesado, em suas palavras “uma casca vazia contradiz a avidez [...] quando se tem um objeto na palma da mão, começa-se a compreender que o maior não é necessariamente mais rico”. Assim a massa acaba tendo uma conotação de poder, tendo

uma carga de afetividade muito grande.

A fase seguinte é a do realismo claro e positivista, é a fase empirista, onde há uma prevalência da observação, medição e experimentação, onde a observação e/ou instrumento precede a teoria. A massa é estudada de maneira empírica através de uma balança. Logo o conceito de massa é entendido através de um empirismo primeiro, onde o instrumento precede a teoria, e o conceito se resume à medição feita. Para Bachelard (1940) nessa fase do pensamento “o conceito está então ligado à utilização da balança”, para entender a massa eu a mediria utilizando um instrumento e assim estaria desvelada sua essência. Essa é uma filosofia que está presente muito forte ainda no espírito científico atual, como ele mesmo coloca: “Mesmo numa ciência muito avançada, as condutas realistas subsistem. Mesmo numa prática inteiramente comprometida com uma teoria se manifestam retornos a condutas realistas. Estas condutas realistas reinstalam-se porque o teórico racionalista tem necessidade de ser compreendido por simples experimentadores, porque ele quer falar mais depressa regressando conseqüentemente às origens animistas da linguagem, porque na sua vida comum ele é efetivamente realista.” (BACHELARD, 1940)

Logo em seguida Bachelard coloca o racionalismo clássico, que começa com os trabalhos de Newton sobre a Mecânica. Com Newton, a massa atinge um terceiro aspecto. Ela será definida como o quociente da força pela aceleração. Com isso a definição da massa dada pela relação entre F e a , isto é, uma relação racional. Por meio de um formalismo matemático é possível chegar a conclusões sem a necessidade de um experimento, esse teria a função de corrigir a teoria posteriormente, no entanto as bases do pensamento se solidificam com bases racionais e lógicas. Bachelard (1940) coloca que “é preciso vermos que, uma vez estabelecida a relação fundamental da dinâmica, a mecânica se torna toda ela verdadeiramente racional. Uma matemática especial associa-se à experiência e racionaliza-a; [...] permite deduções formais; abre-se sobre um campo de abstracção indefinido; exprime-se nas mais diversas equações simbólicas. [...] Ela (mecânica) satisfaz o espírito independentemente das verificações da experiência. Se a experiência viesse desmenti-la, suscitar-lhe correções, tornar-se-ia necessário uma modificação dos princípios espirituais.” (BACHELARD, 1940)

Com o surgimento da Relatividade surge uma nova forma de pensar, o racionalismo completo, “O elemento é complexo”, Bachelard (1940), ou seja, a profundidade daquilo que antes era um conceito mais simples, agora tem caráter mais profundo. Agora os conceitos

têm formas mais complexas, com a relatividade, a relação da massa com o movimento faz com que ela ganhe um caráter complexo, mas ainda assim é uma construção racional sem declinar o seu papel de elemento do mundo. Ele coloca “correlativamente apercebemo-nos de que a noção de massa só é simples em primeira aproximação. Com efeito, a Relatividade descobre que a massa, outrora definida como independente da velocidade, como absoluta no tempo e no espaço, como base de um sistema de unidades absolutas, é uma função complicada da velocidade. [...] A massa permanece uma noção de base e esta noção de base é complexa. Apenas em certos casos a noção complexa se pode simplificar.” (BACHELARD, 1940)

Nossa última fase é o racionalismo discursivo (ou ultrarracionalismo), que tem seu embrião nos trabalhos da radiação de corpo negro de Planck e do efeito fotoelétrico de Einstein, passa pela dualidade onda-partícula de de Broglie e se solidifica posteriormente com a mecânica quântica de Schrödinger e Heisenberg no final da década de 20. Todo o pensamento se torna dialético, há uma ruptura da epistemologia vigente e novos horizontes para o espírito científico abrem-se.

Na mecânica de Dirac, a massa se pluraliza, por um lado esta massa resume tudo que o que se sabia da massa nas filosofias anteriores, mas por outro lado a massa pode adquirir uma caráter negativo, conceito inadmissível nas filosofias antecedentes. Isso suscita uma dialética externa, uma dialética que nunca teria sido encontrada meditando sobre a essência do conceito de massa, aprofundando as noções anteriores, assim, como Bachelard (1940) coloca “nós tínhamos apenas necessidade de uma massa; o cálculo dá-nos duas, duas massas para um só objeto. [...] Trata-se de um conceito inteiramente inadmissível nas quatro filosofias antecedentes. Por conseguinte, uma parte da mecânica de Dirac reencontra e continua a mecânica clássica e a mecânica relativística; a outra parte diverge numa noção fundamental; dá origem a algo diferente.

1.3 Perfil Epistemológico

Uma ideia que o próprio Bachelard introduz nessa discussão é o de perfil epistemológico. Ele argumenta que um conceito, numa mesma pessoa, pode ter diversos significados diferentes e esses coexistirem, ou seja, poderia um mesmo conceito contemplar mais de uma das filosofias do conhecimento científico.

Observando a evolução na história desse conceito pode-se avaliar numa pessoa o seu perfil epistemológico, que é um espectro das diversas filosofias que compõem o entendimento de um conceito isolado. Para o próprio Bachelard (1940) o conceito de perfil epistemológico caracteriza-se como “uma escala polêmica suficiente para localizar os diversos debates da filosofia da Ciência, para impedir a confusão dos argumentos”. Segundo Pietrocola (2014) qualquer conceito, de qualquer área, para um mesmo indivíduo, se apresenta como uma superposição de significados epistemologicamente bem situados e portanto com um perfil epistemológico.

Bachelard então explica o gráfico colocando em abcissas as filosofias sucessivas e em ordenadas um valor que - se pudesse ser exato - mediria a frequência de utilização efetiva da noção, a importância relativa de nossas convicções. Com uma certa reserva relativamente a esta medida muito grosseira, obtemos então o nosso perfil epistemológico. Como apresenta Custodio e Zanetic (1999) a construção de gráficos, como o mostrado acima, pode fornecer um modelo de análise filosófica espectral que permite determinar a forma como as diversas filosofias (explícita ou implicitamente) relacionam-se com um conceito particular. É preciso perceber que não se pode fixar um conceito a uma filosofia, mas sim numa diversidade de aspectos filosóficos que definem uma evolução temporal do conceito. Bachelard avalia cada conceito conforme as 5 fases da filosofia da ciência, como um exemplo, Bachelard (1940) traça um gráfico com o seu perfil epistemológico do conceito de massa apresentado na Figura 1.1.

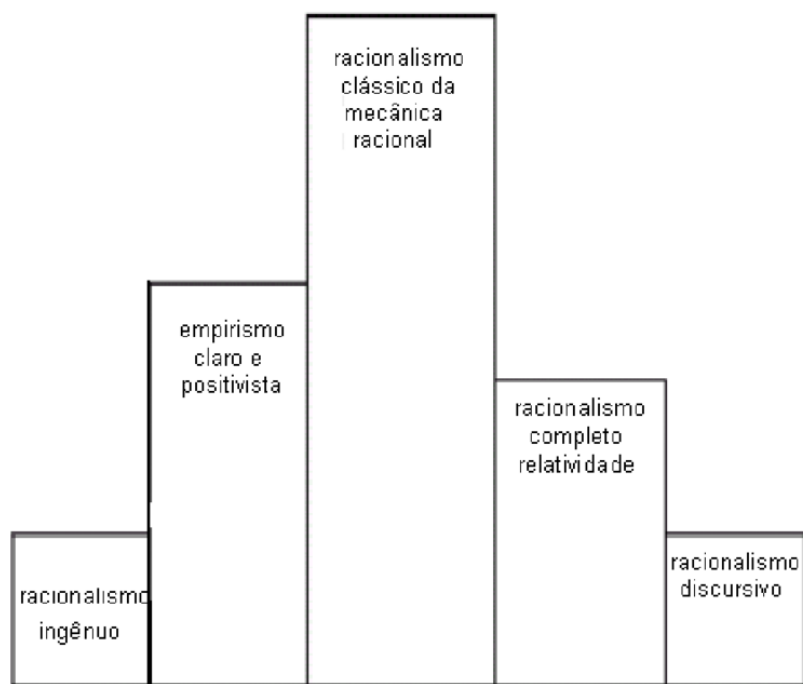


Figura 1.1: Perfil Epistemológico do conceito de massa, Filosofia do Não, 1940.

Cometas através dos tempos

O ser humano tem registrado a aparição de cometas no céu há milênios. No entanto, cada civilização que se deparava com tal fenômeno astronômico tentava de alguma forma explicar o que era aquilo e o porquê daquilo aparecer no céu, o que haveria acontecido para o padrão do firmamento ter alterado.

Algumas pessoas ao longo da história tentaram responder tais questionamentos e seguindo as ideias da evolução do pensamento científico proposto por Bachelard, ao mostrar o pensamento de algumas dessas pessoas, classificarei o conceito de cometa exposto por cada uma delas segundo o proposto na filosofia bachelardiana. Grande parte das informações foram tiradas do livro “Comets: A Chronological History of Observation, Science, Myth and Folklore” de Yeomans (1991). Foram escolhido alguns personagens históricas, dada a relevância de suas ideias, sendo que não são apresentados necessariamente em ordem cronológica.

2.1 *Cláudio Ptolomeu (90 - 168 d.C.)*

Sendo o último grande astrônomo da antiguidade tem grande influência principalmente com sua obra *Almagesto*, que trata do movimento dos corpos pesados e é onde dedica tempo em ajustar as órbitas dos planetas num sistema de epiciclos e deferentes, tentando ajustar os dados das posições planetárias num modelo geocêntrico do universo.

No entanto, no que se trata de cometas, como não eram eventos usuais, ele não os considera em sua obra *Almagesto*, vendo-os como misteriosos sinais que provocavam discórdia entre os homens e davam origem a guerras e outras maldades. Sendo uma análise puramente astrológica, dependendo de onde o cometa aparecesse, seu formato, a direção da sua

cauda, ele interpretava-o de um modo diferente.

Apesar de seu interesse científico em tentar descrever o céu a partir de dados astronômicos que o enquadraria como um realista empirista, sua perspectiva sobre cometas é puramente especulativa, não tendo nenhum caráter empirista, o que coloca tal conceituação de cometa sendo pré-científico, ou seja, de um *realismo ingênuo*.

2.2 Aristóteles (384 - 322 a.C.)

O universo em Aristóteles é finito, esférico e com a Terra no centro, sendo composto na parte sublunar por quatro elementos (terra, água, ar e fogo) e por um quinto elemento que ocupa a parte supralunar que ele chamou de *quintessence*. Ele expressa suas ideias sobre cometas em *Meteorologica* que lida com o mundo sublunar. Para ele a camada do universo responsável pelo evento de um cometa era a quarta camada, a esfera de fogo, que não é composto de fogo de verdade, mas o que ele coloca como “provável fogo”, que seria uma camada inflamável, onde qualquer agitação ou atrito faria um incêndio.

O evento dos cometas ocorreria quando o Sol aquecesse a Terra e com isso causasse a evaporação de exalações secas e quentes, elas se elevariam até chegar na quarta camada, ou camada de fogo, provocando uma fricção com seu movimento e assim daria ignição gerando o cometa. O movimento dos cometas se daria pelo movimento circular dos céus e sua forma e duração dependeriam das exalações que o formaram. As visões de Aristóteles sobre o Cosmo foi dominante por quase dois mil anos, principalmente depois na Idade Média quando Tomás de Aquino engloba a cosmologia aristotélica na sua Suma Teológica, que domina a teologia a partir de então.

Seria um anacronismo pensar que a física aristotélica tem caráter ingênuo. Isso poderia se dar por estarmos acostumados com o empirismo da ciência moderna, caracterizada, como diz Porto (2009), “pela adoção da linguagem matemática, passou a constituir uma forma quantitativa de conhecimento, caracterizada por uma concepção mecanicista”. No entanto, a física de Aristóteles tem respaldo em sua observação da natureza, mesmo não dispondo de instrumentos de medição ou observação astronômica. Porto (2009) defende que “A física de Aristóteles foi uma construção teórica complexa, profundamente integrada a um pensamento filosófico extremamente abrangente e elaborada a partir dos elementos empíricos fornecidos pela vivência humana mais imediata.”

Essa característica teórico complexa e empiricista se expressa em sua explicação sobre os cometas, na observação de fricções que geram fogo e da observação de evaporação, onde usando essas duas ideias conhecidas ele consegue explicar um fenômeno que tinha acontecimento eventual e que se encaixava em sua perspectiva cosmológica. Isso faz com que o conceito de cometa em Aristóteles se enquadre melhor num *Realismo Claro e Positivista*, segundo a classificação de Bachelard.

2.3 Tycho Brahe (1546 - 1601 d.C.)

Tycho Brahe foi um dos maiores astrônomos do fim da idade média, ficando muito conhecido pela observação de uma supernova que leva hoje seu nome em 1572 que ele chamou de “uma nova estrela” e da observação do cometa de 1577. Seu trabalho ficou bem conhecido pela precisão e sistematização de suas observações astronômicas e de ser um grande crítico da visão aristotélica, vigente por quase dois milênios.

Os estudos de Tycho Brahe foram fundamentais na definição de medidas de paralaxe, mesmo antes do telescópio ter sido inventado ele consegue fazer medidas de paralaxe com precisão razoável na época, o que oferece boas medidas de distância. Com isso percebe que os cometas que observava estavam muito além da Lua. Ele calculava que a distância até a Lua era de 52 raios da Terra e os cometas estavam a pelo menos 253 raios, isso contrariava a visão aristotélica de que os cometas eram fenômenos do mundo sublunar. Com suas medidas percebeu também que havia discrepância ao considerar que os cometas tinham um movimento circular e chegou a sugerir que as órbitas tinham formato oval.

A conceituação de cometa em Tycho tem caráter empirista, graças a prevalência das medições de paralaxe e de posição tendo papel principal, caracterizando-se assim como um *realismo claro e positivista*.

2.4 Edmond Halley (1656 - 1742 d.C.)

Edmond Halley ficou conhecido por sua forte relação com Isaac Newton, mas ficou ainda mais conhecido pela previsão do retorno do cometa observado em 1682, que ficou conhecido como Cometa Halley. No entanto, Halley se dedicou a outros temas como o estudo do campo magnético terrestre, o trânsito de Mercúrio e Vênus e descobriu o movimento próprio das estrelas.

Por causa de sua associação com o cometa, uma de suas obras mais famosas é *Philosophical Transactions of the Royal Society* publicada em 1705 onde trata de seus estudos sobre os cometas. Halley trocava correspondências com Newton e em algumas delas contava suas suspeitas sobre os cometas, esses ele suspeitava que voltavam de tempos em tempos. Um dos problemas que encontrava é que esses cometas, que ele suspeitava que tinham uma certa periodicidade, era a periodicidade da posição do perihélio, sugerindo que isso podia ser devido a influência gravitacional de Júpiter que causava perturbações na órbita do cometa. Ele percebe que as passagens de 1531, 1607 e 1682 pertenciam ao mesmo cometa, dado que com os cálculos de órbita os resultados corroboravam e previu que o mesmo cometa, dado sua periodicidade, voltaria a aparecer em 1758 numa dada posição do céu, considerando sua correção da perturbação de Júpiter. E foi o que houve, em 1758, depois de sua morte, o cometa apareceu na posição que ele tinha calculado que apareceria.

Em todo seu estudo sobre cometas Halley utiliza as leis da mecânica desenvolvidas por Newton, tentando descrever as órbitas dos cometas e entendê-las, considerando importantes os parâmetros de periodicidade e excentricidade para os cálculos. Dado seu caráter racionalista do conceito de cometa, entendendo-o como algo que é descrito por uma órbita, período e excentricidade pode-se classificar o conceito em Halley como *racionalismo clássico*.

Após os estudos de Edmond Halley sobre os cometas, diversos outros astrônomos desenvolveram trabalhos para estudar esse fenômeno. No entanto, os estudos se voltaram para suas características físicas de atmosfera e composição, sobre sua origem e como desapareciam e as características físicas da cauda. A concepção newtoniana foi a predominante nesse estudo no século XVIII e XIX, sendo que a mesma conseguiu dar respaldo a os estudos de cometas. Dado que cometas não chegam a velocidades relativísticas e nem possam ser estudados com a complexidade da mecânica quântica não há conceituação do mesmo dentro do que o Bachelard chama de Racionalismo Complexo e Racionalismo Discursivo.

Perfil Didático-Epistemológico de Livros Didáticos de Física

3.1 Livros Didáticos de Física e sua Relevância no Ensino-Aprendizagem

Os livros didáticos ocupam papel relevante no desenvolvimento do ensino-aprendizagem nas escolas, subsidiando, embasando, acompanhando e enriquecendo esse processo. Sendo em grande parte responsáveis por nortear as discussões e o modo de apresentação do conhecimento por parte do professor, eles são também a principal fonte de estudo para estudantes de ensino médio. Livros didáticos se tornaram importantes nas escolas de todo o Brasil com o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) do Governo Federal, criado pelo governo federal em 2005 e administrado pelo Ministério da Educação (MEC). A cada três anos coleções de livros de uma das três etapas do ensino básico (Fundamental I, Fundamental II e Ensino Médio) são avaliadas e selecionadas para serem disponibilizadas para as escolas no ano seguinte. Comissões de especialistas de cada área avaliam diversos pontos como estrutura, seções e organização do conteúdo do livro e também avalia a proposta didático-pedagógica da coleção, sendo todas essas informações publicadas no Guia de Livros Didáticos. Assim, percebe-se que tempo e dinheiro são investidos na avaliação, aquisição e distribuição de livros didáticos para toda rede pública escolar do país.

O Guia do Livro Didático (PNLD, 2015) de física apresenta como um dos critérios de avaliação que os livros tragam “uma visão de experimentação afinada com uma perspectiva investigativa, mediante a qual os jovens são levados a pensar a ciência como um campo de construção de conhecimento, onde se articulam, permanentemente, teoria e observação, pensamento e linguagem” (Brasil, 2014, p. 16). Tal construção do conhecimento é avaliada segundo uma perspectiva epistemológica. A evolução dos conceitos em ciência não deve ser

apresentada de forma linear, muito menos concebendo as teorias como conhecimentos livres de controvérsias. Essa preocupação é reforçada no guia do PNLD de 2018 quando aparece a necessidade de “contemplar a História da Ciência articulada aos assuntos desenvolvidos, evitando reduzi-la a cronologias, biografias de cientistas ou a descobertas isoladas”.

3.2 Perfil Didático-Epistemológico

Dada a importância dos livros didáticos foi estudado como autores de livros didáticos de física apresentam o conhecimento científico em suas coleções, mais especificamente nas partes que os mesmos utilizam a história da ciência para justificar algum conceito ou ideia. A ideia foi poder traçar o “perfil didático-epistemológico” de cada coleção, a partir das formas de validação, das argumentações empregadas e da comparação com o processo histórico.

Para isso vamos utilizar uma ferramenta de análise chamada Análise do Discurso. Tal instrumento metodológico, permite desvelar a estrutura de apresentação dos conteúdos científicos e as intencionalidades e motivações, explícitas e implícitas dos autores. Esta análise enxerga a construção da argumentação usada pelos autores na validação do conhecimento físico apresentado. Sendo uma ferramenta especializada em analisar construções ideológicas num texto, ou seja, desvelar o discurso que o texto carrega consigo, é de extrema importância para checar que tipo de argumentação o texto utiliza e com qual proposta, em que situação epistemológica, o autor se baseia.

Sendo o discurso uma construção social, criado num universo de valores e experiências variados, para analisá-lo deve-se tomar atenção ao seu contexto histórico-social no qual foi produzido, evitando possíveis erros anacrônicos. Mais que uma análise textual, a análise do discurso é uma análise contextual da estrutura discursiva em questão.

A pesquisa do Discurso oferece rotas para o estudo dos significados, uma forma de investigar o que está implícito e explícito nos diálogos que constituem a ação social, os padrões de significação e representação que constituem a cultura. Permite uma série de abordagens aos “dados” e, mais importante, um conjunto de teorizações a esses mesmos dados. Será tomado o cuidado apresentado por Nogueira (2001) de “ter uma postura especial, prestando atenção não só naquilo que está no texto, mas também às ausências, pois estas podem ser de extrema importância”.

Existem hoje diversos modos de se realizar a análise do discurso, devido à sua ampla utilização em diversas áreas como a psicologia, psicologia social, linguística, jornalismo, publicidade etc. Limitando-se a Análise Crítica do Discurso (Wetherell et al. (2001); Wood e Kroeger (2000)) que procura igualmente padrões mas dentro de contextos mais amplos, associados a questões sociais ou com a cultura, o que será de extrema importância dado que o conhecimento científico sempre é construído em contexto intercultural. Essa ferramenta tem como influências as perspectivas provenientes do estruturalismo e pós-estruturalismo francês, e nos trabalhos de Foucault essencialmente na sua preocupação com as relações entre poder e conhecimento. Foucault (1972) usa o termo discurso quer para sugerir diferentes formas de estruturar as áreas do conhecimento e práticas sociais, quer para se referir ao desenvolvimento mais amplo e histórico das práticas linguísticas. Os Discursos não refletem ou representam só entidades e relações sociais, eles constroem-nas ou constituem-nas. Diferentes combinações de Discursos relativos a mudanças sociais específicas, produzem um novo e complexo Discurso.

Gurgel (2010) usam tal metodologia para investigar a compreensão da formação discursiva da ciência nos textos originais de Galileu, Oersted e Ampère, posteriormente trabalha como tais textos que estão escritos em formato de narrativa influenciam no processo de ensino-aprendizagem de alunos. Gulliver e Thurrell (2016) também usa dessa metodologia para analisar formas de racismo em livros didáticos no Canadá, através do discurso empregado pelos autores.

Na presente pesquisa não foram tão aprofundados problemas de apresentação anacrônica da ciência, mas se tomou atenção para a qualidade historiográfica dos trechos selecionados. Analisando o discurso que cada autor emprega na abordagem de questões históricas, para em cada contexto poder avaliar em qual perspectiva epistemológica o autor está se baseando para escrever tal relato. Então será checado se o autor utiliza de formas de escrita sem considerar o formalismo de cada época e as questões e contextos que os personagens estavam inseridos, quais elementos ele usa para descrever o relato, como instrumentos de medição, técnicas, etc., como ele apresenta as descobertas, os processos de validação que foram feitos e a aceitação da comunidade científica.

Ao invés de traçar um perfil epistemológico de uma pessoa em específico foi traçado o “perfil didático-epistemológico” dos livros didáticos escolhidos. É claro que ao traçar o perfil do livro isso indica alguma coisa do perfil epistemológico dos autores que o escre-

veram, se o autor valoriza mais uma dada filosofia do que outra será mais provável que no perfil do seu livro apareça tal informação, no entanto, deve-se compreender que para a escrita de um livro didático os autores realizam diversas modificações, como apresentado por Brockington e Pietrocola (2005), em como os saberes físicos escolares se transformam e se adaptam ao contexto didático ao qual se destinam. Essa transformação e adaptação são sujeitas a erros, simplificações abusivas, enganos e distorções. Gomes e Pietrocola (2011) colocam que “por mais que tentem se manter próximos ao contexto original da ciência, tais livros são produções didáticas inseridas num projeto educacional específico. Isso significa que ao contexto epistemológico original da ciência de referência, adicionam-se as características e necessidades próprias do sistema de ensino ao qual se destinam”.

Para a análise foram escolhidas três coleções de física aprovadas no PNLD 2018 (Brasil (2018)), são elas: 1) “Física em Contextos” de Pietrocola et al. (2016); 2) “Física” de Guimarães et al. (2016); 3) “Física Aula por Aula” de Xavier e Barreto (2008). Tal amostra foi selecionada com base na análise apresentada no Guia de Livros Didáticos, tomando como critérios: a importância dada aos relatos e abordagens históricas, a abrangência conceitual da obra e a presença de físicos entre os autores.

Então, nas três coleções, foram investigados os textos onde os autores utilizam a história da ciência. Posteriormente foi feita uma seleção para separar aqueles nos quais os autores tentavam utilizar a história da ciência para justificar o conceito, sendo que os textos que somente falavam da vida de algum cientista ou que só comentavam que em algum período algo aconteceu não foram considerados. Com isso, nesses textos selecionados foi aplicada a Análise do Discurso e com base nos critérios de Bachelard sobre as diversas filosofias foi julgado sobre qual filosofia do pensamento científico o texto está submetido. Concluídas todas as análises foi possível montar o perfil didático-epistemológico de cada coleção.

Da coleção “Física” Guimarães et al. (2016) totalizaram 26 passagens para análise, na coleção “Física em Contextos” de Pietrocola et al. (2016) totalizando 25 passagens e na coleção “Física Aula por Aula” de Xavier e Barreto (2008) totalizaram 26 passagens. Os dos resultados podem ser vistos na Tabela 3.1, seguido pelo perfil didático-epistemológico das três coleções nas Figuras 3.1, 3.2 e 3.3.

Tabela 3.1 - Frequências de cada filosofia de cada coleção

Coleções	“Física”	“Física em Contextos”	“Física Aula por Aula”
	- Guimarães et al	- Pietrocola et al	- Xavier et al
Realismo Ingênuo	0	2	1
Realismo Claro e Positivista	21	14	16
Racionalismo Clássico	5	5	4
Racionalismo Completo	0	2	0
Racionalismo Discursivo	0	2	5

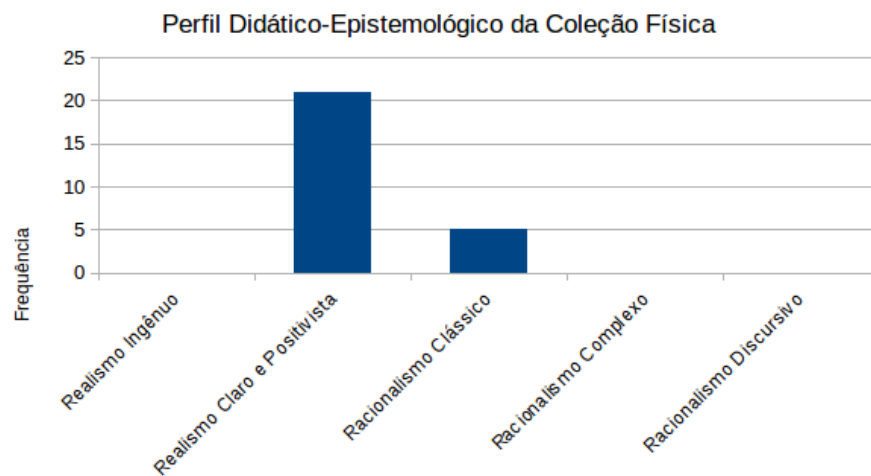


Figura 3.1: Perfil Didático-Epistemológico da coleção Física

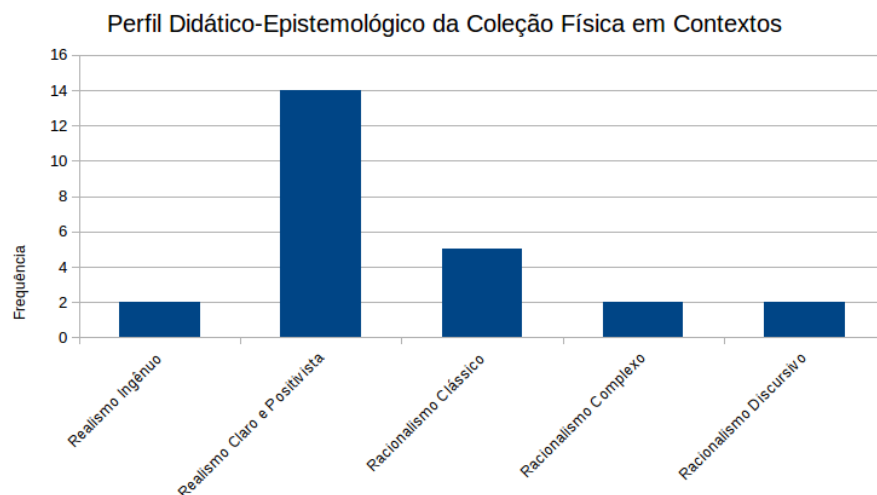


Figura 3.2: Perfil Didático-Epistemológico da coleção Física em Contextos

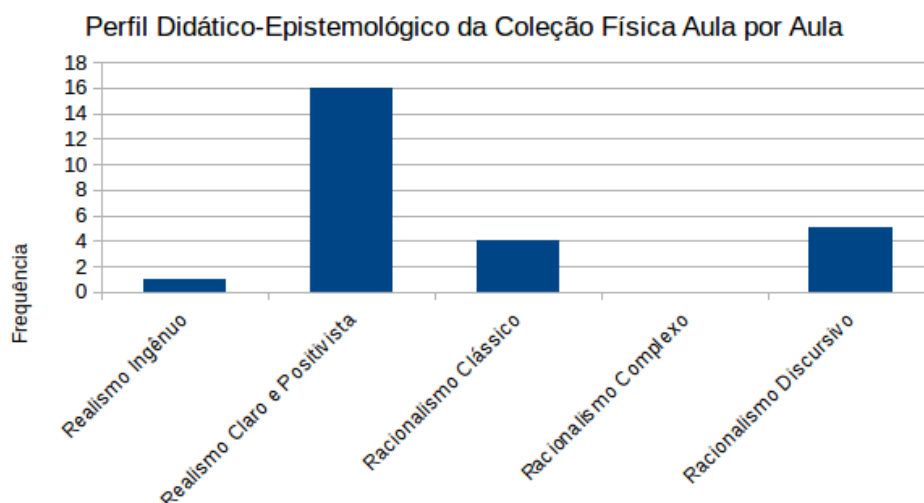


Figura 3.3: Perfil Didático-Epistemológico da coleção Física Aula por Aula

3.3 Implicações e Inferências no Ensino de Ciências

Uma das concepções de ensino de ciências recorrentes a partir da década de 70 era a de mudança conceitual. Tal perspectiva trabalhava a ideia de que o aluno numa aula de ciências, quando um conceito científico era apresentado e esse se confrontava com uma concepção prévia, por exemplo que corpos mais pesados caem mais rápido que corpos mais leves, havia um processo de mudança conceitual. Em outras palavras, quando o aluno deparava-se que seu conceito prévio não respondia a certas questões tão bem quanto o apresentado havia nele um processo de mudança cognitiva, o velho conceito então é substituído pelo novo, a superação da contradição. No entanto, muitos estudos posteriores mostraram que esse processo não é tão simples, o “velho conceito” não é abandonado, mas os dois conceitos coexistiriam, abrindo um espectro de concepções. Ao aprender sobre o calor numa aula, como transferência de energia térmica entre corpos, o estudante no seu dia a dia continua usando uma concepção prévia, como dizer que está com muito calor num dia quente.

Mortimer (1996) usa o conceito de perfil epistemológico ao estudar a evolução das ideias dos estudantes em sala de aula em que segundo ele “as novas idéias adquiridas no processo de ensino-aprendizagem passam a conviver com as idéias anteriores, sendo que cada uma delas pode ser empregada no contexto conveniente”.

Outro autor que utiliza o conceito de perfil epistemológico é Ferrer (2004), onde ele

estuda a construção do conceito de tempo por estudantes de ensino fundamental e médio. O autor coloca que “dessa forma, diferentes indivíduos apresentarão diferentes perfis consoantes as noções em causa, havendo ainda uma alteração progressiva desses perfis em função do tempo (história individual)” e também que “a construção progressiva de outras ‘zonas’ do perfil não implica o desaparecimento automático de concepções anteriores”.

Como apresentado na Seção 3.1, livros didáticos tem um papel relevante no processo de ensino-aprendizagem, sendo esses muitas vezes reponsáveis por construir as bases do pensamento científico no estudante. Quando olhamos os perfis didáticos-epistemológicos traçados vê-se que há grandes diferenças entre as coleções, mesmo havendo uma prevalência em todas de um empirismo, há em alguns áreas que não há ocorrência de trechos de alguma filosofia, por exemplo, na Figura 3.1 não há trechos categorizados como realismo ingênuo, racionalismo completo e o discursivo e na Figura 3.3 não há racionalismo completo.

Isso pode influenciar a percepção sobre ciência que o indivíduo adquire, se não há nenhuma ocorrência de uma filosofia específica pode ser que tal filosofia não seja “criada” no perfil da pessoa, criando uma pequena lacuna na formação.

Sanchez (2006) e Dominguini (2012) estudaram a forma de apresentação de livros e concluíram pela prevalência de abordagens e conteúdos mais tradicionais. Esses resultados ficam mais preocupantes quando Suaysuwan e Kapitzke (2005) constatarem que “estudantes não aprendem somente o assunto dos livros didáticos, mas eles também adquirem valores, interesses e conhecimento que formam desejos, hábitos e identidade”. Ao tomarem contato com os livros didáticos, os estudantes acabam por forjar a imagem do conhecimento científico que muito provavelmente levarão por toda sua vida adulta. Os conceitos, explicações, princípios, leis e métodos encontrados nos livros nortearão a construção do pensamento científico no indivíduo. A forma de apresentação dos conteúdos, mais ou menos correta, mais ou menos crítica, mais ou menos historicamente contextualizada, serão responsáveis pela visão científica de mundo.

Segundo Raicik et al. (2017) muitos livros didáticos, com o intuito de justificar conceitos e/ou fórmulas e “provar” o conhecimento, acabam apresentando contextos históricos fantasiosos na tentativa de convencer o estudante. Tais obras optam por abordar episódios onde fórmulas e conceitos justificam-se com os resultados experimentais, obtidos naquele momento, aumentando sua credibilidade. Raicik et al. (2017) ainda discutindo a ideia de experimentos cruciais na história da ciência, a noção de que um experimento pode fazer

com que uma hipótese seja rejeitada e outra aceita com base somente na evidência empírica produzida, ignora e negligencia distintos aspectos (filosóficos, históricos, políticos, sociais, subjetivos) que influenciam fortemente a tomada de decisões na ciência. Os experimentos, ainda que relevantes, são apenas um dos distintos elementos que motivam as escolhas teóricas na ciência, que dependem de valores específicos dos sujeitos ou de uma comunidade, sendo que em cada época da construção do pensamento científico houve uma frente epistemológica que guiava tais discussões para validação e construção do conhecimento.

Bachelard (1940) apresenta a ideia que muitas vezes há uma prevalência de um pensamento empirista, como aparecem nos perfis, “mesmo numa ciência muito avançada, as condutas realistas subsistem [...] estas condutas realistas reinstalam-se porque o teórico racionalista tem necessidade de ser compreendido por simples experimentadores, porque ele quer falar mais depressa regressando consequentemente às origens animistas da linguagem, porque na sua vida comum ele é efetivamente realista.” (BACHELARD, 1940)

Conclusões

Gaston Bachelard é um autor que vem sendo estudado tanto na área da filosofia da ciência quanto na área de ensino de ciências. Ele apresenta uma filosofia histórica na qual há um processo de evolução do conhecimento, de estágios mais simples até os mais complexos, e separa-os em cinco etapas: realismo ingênuo, realismo claro e positivista, racionalismo clássico, racionalismo completo e racionalismo discursivo. Tais filosofias do conhecimento científico têm suas características que o definem e o caracterizam. Com isso ele introduz a ideia de perfil epistemológico que seria um histograma onde as ocorrências de utilização de certas filosofias de um mesmo conceito apareceriam conforme tal etapa esteja desenvolvida no intelecto do ser em questão.

Utilizando o conceito de cometa foi investigada a aplicação da categorização de Bachelard para diversos pensadores como Cláudio Ptolomeu, Aristóteles, Tycho Brahe e Edmond Halley, onde cada um apresenta diferentemente a ideia de cometa, conforme o processo histórico e social que cada um estava inserido. Estudando a forma de concepção de cada um foi categorizado o conceito de cometa sendo de Ptolomeu de realismo ingênuo, de Aristóteles realismo claro e positivista, de Tycho Brahe realismo claro e positivista e de Halley racionalismo clássico.

Com isso foram analisadas 3 coleções de livros didáticos de física aprovados pelo PNLD 2018, que por meio de uma ferramenta de investigação chamada Análise do Discurso foi estudada a argumentação dos autores quando esses utilizavam a história da ciência para justificar o conhecimento apresentado. Cada trecho analisado foi categorizado conforme as fases do conhecimento apresentadas por Bachelard e com esses dados foram traçados os perfis didático-epistemológicos de cada coleção.

Por fim foi abordado uma discussão sobre as possíveis implicações desses perfis no

processo de ensino-aprendizado de estudantes, onde esses têm mais dificuldade de aprender certas etapas do pensamento científico se elas não são abordadas nos livros didáticos.

Referências Bibliográficas

- Bachelard G., Filosofia do Não, A Filosofia do Novo Espírito Científico. 6ª Edicao. Cidade: Lisboa Editora Presença, 1940
- Brasil , Programa Nacional do Livro Didático. Ministério da Educação, 2018
- Brockington G., Pietrocola M., Serão as regras da Transposição Didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna?, Investigações em Ensino de Ciências, 2005, vol. 10, p. 387
- Casimiro A., Bachelard: O Filósofo da Desilusão, Caderno Catarinense de Ensino de Física, 1996, vol. 13, p. 248
- Custodio A., Zanetic J., É possível levar a física quântica para o ensino médio?, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 1999, vol. 16, p. 7
- Dominguini L., Física moderna no Ensino Médio: com a palavra os autores dos livros didáticos do PNLEM, Revista Brasileira de Ensino de Física, 2012, vol. 34
- Ferrer A., Concepções de estudantes acerca do conceito de tempo: uma análise à luz da epistemologia de Gaston Bachelard, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2004, Tese de Doutorado
- Foucault M., A Arqueologia do Saber. Cidade: Londres Editora R. Sheridan, 1972
- Gomes G., Pietrocola M., O experimento de Stern-Gerlach e o spin do elétron: um exemplo de quasi-história, Revista Brasileira de Ensino de Física, 2011, vol. 33
- Guimarães O., Piqueira J., Carron W., Física. Cidade: São Paulo Editora Ática, 2016

- Gulliver T., Thurrell K., Denials of Racism in Canadian English Language Textbooks, *Tesl Canada Journal*, 2016, vol. 33, p. 42
- Gurgel I., Elementos de uma poética da ciência: fundamentos teóricos e implicações para o ensino de ciências, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2010, Tese de Doutorado
- Mortimer F., Pressupostos epistemológicos para uma metodologia de ensino de química: mudança conceitual e perfil epistemológico, *Química Nova*, 1992, vol. 15
- Mortimer F., Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos?, *Investigações em Ensino de Ciências*, 1996, vol. 1
- Nogueira C., *A Análise do Discurso*. Editora L. Almeida e E. Fernandes, 2001
- Paiva S., Uma Inserção no Universo Bachelardiano - O alargamento da imaginação e a obsolescência do objetivismo na ciência contemporânea e na Sociologia, Universidade de São Paulo, 1997, Dissertação de Mestrado
- Pietrocola M., Bachelard e a Filosofia do Não no Ensino de Ciências: múltiplas perspectivas, diferentes olhares. Edição 1. Cidade: Curitiba Editora CRV, 2014
- Pietrocola M., Pogibin A., Andrade R., Romero T., Física em Contextos. 1ª Edição Cidade: São Paulo Editora do Brasil, 2016
- Porto A., A Física de Aristóteles: uma construção ingênua?, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 2009, vol. 31
- Raíck C., Peduzzi L., Angotti J., Da instantia crucis ao experimento crucial: diferentes perspectivas na filosofia e na ciência, *Investigações em Ensino de Ciências*, 2017, vol. 22, p. 192
- Sanchez M., Física Moderna e Contemporânea no ensino médio: qual sua presença em sala de aula?, Universidade Estadual de Maringá, 2006, Dissertação de Mestrado
- Suaysuwan N., Kapitzke C., Thai English language textbooks, 1960–2000: Postwar industrial and global changes. Cidade: New York City Editora Albany, NY: State University of New York Press, 2005, 79–97

-
- Wetherell M., Taylor S., Yates J., Discourse Theory and Practice. Cidade: Londres Editora Sage Publications, 2001
- Wood L., Kroeger R., Doing discourse analysis: Methods for studying action in talk and text. Cidade: Londres Editora Sage Publications, 2000
- Xavier C., Barreto B., Física Aula por Aula. Cidade: São Paulo Editora FTD, 2008
- Yeomans D., Comets: a chronological history of observations, science, myth and folklore. Cidade: New York Editora John Wiley Sons, Inc, 1991