

Sentidos Produzidos por Estudantes do Ensino Médio na Leitura de um Texto de Cientista do Início da Física Quântica

Meanings Produced by High School Students after Reading a Scientist Text about the Beginning of Quantum Physics

Cassiano Rezende Pagliarini¹

Universidade Estadual de Campinas – FE / PECIM – gepCE
pagliarini@gmail.com

Maria José P. M. de Almeida²

Universidade Estadual de Campinas – FE / DEPRAC – gepCE
mjpma@unicamp.br

Resumo

Visando contribuir para a inserção de conteúdos da Física Moderna e Contemporânea na escola básica, discutimos a leitura de um texto original de cientista, seguida de realização de uma atividade escrita, por estudantes de 3º ano do ensino médio de uma escola pública. Este texto do cientista Max Planck inclui alguns fatos presentes no início da física quântica e concepções sobre o estágio dos desenvolvimentos da física teórica na época em questão. Analisamos, apoiados teórico-metodologicamente na vertente francesa da Análise de Discurso iniciada por Michel Pêcheux, a produção de sentidos dos estudantes em suas leituras, através de suas respostas escritas, de modo a buscar compreender como alguns elementos do texto se fazem presentes em suas interpretações. Apontamos algumas formulações que indicam que a discussão epistemológica do texto contribui para identificação de seu assunto principal, a superação de algumas noções clássicas, mesmo quando os alunos não explicitam tais ideias.

Palavras-chave: ensino de física, original de cientista, análise de discurso.

Abstract

In the intent to contribute to the insertion of Modern Physics and Contemporary contents in high school, we discuss the reading of an original text, followed by realization of a writing activity by students of 3rd year from a public school. This text, written by the scientist Max Planck, includes some facts present at the beginning of quantum physics and concepts on the stage of theoretical physics developments over the period. We had analyzed, supported theoretically by the line of Discourse Analysis initiated by Michel Pêcheux in France, the students' meanings in their readings, through their written responses, in order to understand how some text elements are present in their interpretations. Some answers indicated that the epistemological discussion of the text helps them to identify its main subject, the overcoming some classic notions, even for students who do not explain such ideas.

Key words: physics teaching, original text, discourse analysis.

Introdução

Pesquisas de estado da arte acerca da inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) em nível médio, realizadas nas últimas duas décadas, apontam um crescimento das investigações que consideram assuntos ligados à física quântica como tema relevante já neste nível de ensino (OSTERMANN; MOREIRA, 2000; SILVA; ALMEIDA, 2011). Porém, dentro das diversas estratégias utilizadas pelas pesquisas que foram levantadas, e seus distintos objetivos, o grupo daquelas que abordam propostas testadas em sala de aula com apresentação de seus resultados é menor e carece de maior atenção.

Neste estudo, analisamos a produção de sentidos por estudantes, de uma escola pública do Estado de São Paulo, ao lerem trechos de um texto original de cientista contendo noções iniciais da física quântica. A atividade foi elaborada para destacar aspectos de diversas leituras possíveis de serem realizadas por esses estudantes, uma vez que o texto original também se caracteriza por trazer posicionamentos do cientista através de sua interlocução com seus pares.

Dada a leitura, por estudantes do ensino médio, de um texto original de cientista, referente a noções iniciais da física quântica em contraposição a concepções da física clássica, como alguns dos fenômenos em estudo e do regime de validade desse corpo de saberes se fazem presentes nas interpretações dos estudantes?

Leitura e Ensino de Física Moderna e Contemporânea

Procurando superar uma visão do conhecimento escolar relacionado à ciência, presente na maioria das práticas relacionadas à física, na qual se condiciona saberes da linguagem matemática como pré-requisitos únicos, suficientes e condicionantes para qualquer aprendizado dessa disciplina, buscamos trabalhar alguns conhecimentos desta ciência natural sem restringir o seu ensino a uma simples instrução técnica. Entendemos a física, assim como as outras disciplinas, produções humanas em sua diversidade cultural, impregnada de aspectos históricos, filosóficos e sociais, os quais influenciam diversas instâncias que compreendem suas práticas, tais como observação, experimentação, abstrações em conceitos, leis e teorias, além das diversas relações imbricadas com desenvolvimentos tecnológicos.

Neste sentido, acreditamos que a leitura favoreça a tomada de posição por estudantes, uma vez que, em se tratando de aulas de física, muitas vezes os diálogos são barrados pelo uso excessivo da linguagem matemática, presente em grande parte das aulas expositivas com resolução de listas de exercícios. Almeida (2004), ao analisar representações de alunos que leram trechos de um texto original de um cientista, constata que essas representações

[...] mostram estudantes que se posicionam enquanto leitores, estudantes que, aparentemente, não desviaram sua atenção, como ocorre frequentemente em aulas de física, nas quais o uso quase exclusivo de linguagem formal dificulta qualquer posicionamento de quem não compreende essa linguagem (Ibid., p. 107).

Ainda em relação à física, compreendemos que a ênfase dada à linguagem formal durante as aulas parece ser considerada suficiente para que o aluno aprenda. Porém, ao resolver exercícios envolvendo a temática do capítulo do livro ou apostila, poucas oportunidades são dadas ao estudante para que ele se posicione enquanto membro participativo do meio em que está inserido, relacionando o tema estudado com a cultura da sociedade em que vive. Pretendemos, no entanto, que as aulas de física contribuam para a formação mais ampla e

crítica do estudante, bem como que ele se posicione frente aos avanços e decisões que envolvem ciência e tecnologia.

Visando esse intento, muitas estratégias têm sido investigadas na área de Ensino de Ciências, tais como: experimentação, história da ciência, ciência tecnologia e sociedade no ensino de ciências, entre muitas outras. Neste estudo focalizamos a leitura de um texto original de cientista por acreditarmos que esse é, inclusive, um dos caminhos para que se possa trabalhar alguns aspectos da Física Moderna e Contemporânea no ensino básico. Já nos anos 1990, Terrazzan (1992) apontava a relevância da FMC ser ensinada no EM, questionando o currículo pobre e, em geral, vazio de justificativas para utilização da mesma sequência, ditada pelos manuais estrangeiros no ensino de física dos séculos XVIII e XIX, enquanto Menezes e Hosoume (1997) se referiam à física quântica como algo necessário também para se compreender o cotidiano. Por outro lado, a leitura em aulas das áreas de ciências naturais tem sido bastante indicada por pesquisadores do Ensino de Ciências em diversas situações didáticas e através da mediação de diferentes tipos textuais (ALMEIDA, 2010; ALMEIDA et al., 2001). Em nossa perspectiva, consideramos que se os estudantes adquirirem hábito de leitura, eles poderão continuar se informando e se posicionando em relação à ciência mesmo após saírem da escola.

Contudo, sem negar a importância da matemática, é evidente que sua linguagem em física possui um papel de grande destaque. Isto é evidenciado por Heisenberg (1981, p. 127), um dos físicos envolvidos nas elaborações das teorias da FMC, quando expõe que o processo de clarificação científica em física teórica é baseado na linguagem matemática. Porém, adiante, o próprio cientista destaca que a linguagem comum é usada pelos físicos como um meio de se possibilitar a exposição do grau de entendimento obtido sobre tal teoria. Assim, consideramos que existe uma distinção entre ambas as linguagens que não pressupõe uma simples tradução de uma para a outra (ALMEIDA, 2004, p. 81). Desta forma, a relevância da leitura no ensino de ciências está também em possibilitar aos estudantes outras relações com o conhecimento da física, pois enquanto aqueles "[...] que não se sentem seguros no uso da linguagem matemática também não se sentem capazes de aprender física, [...] a voz dos cientistas terá pouco espaço no ambiente escolar" (Ibid., p. 118).

Apoio Teórico-Metodológico

Procuramos sustentar as análises deste estudo em algumas noções da Análise de Discurso (AD), na vertente iniciada por Michel Pêcheux na França. Ao tentar colocar questões críticas para se pensar certas áreas das ciências humanas, a AD considera a linguagem numa perspectiva em que esta é tomada como sendo não-transparente e não somente suporte para o pensamento, mas sim

[...] como mediação necessária entre o homem e a realidade natural e social. Essa mediação, que é o discurso, torna possível tanto a permanência e a continuidade quanto o deslocamento e a transformação do homem e da realidade em que ele vive (ORLANDI, 2012a, p. 15).

Na perspectiva teórica iniciada com Pêcheux, e desenvolvida no Brasil pelos estudos e investigações de Eni Orlandi, o discurso é entendido como *feito de sentidos* entre interlocutores e procura-se a compreensão de como determinado discurso foi formulado. Neste processo, além de consideradas as condições imediatas e situações próprias da tomada do discurso, questões que remetem à *exterioridade* desses dizeres são de relevância fundamental. Assim, é a partir desta noção de discurso que, ao perguntarmos como tal fala/escrita foi formulada, estamos nos remetendo ao modo *como* esses processos discursivos

produzem significados, ou seja, as *condições de produção* destes dizeres subentendem também as condições materiais sócio-históricas em que “[...] a história tem seu real afetado pelo simbólico” (Ibid., p. 19).

Segundo a autora, a produção de sentidos supõe também uma *repetição* em seu dizer, uma vez que este se inscreve em um já-dito anterior que torna seu enunciado interpretável. Através dessas considerações, Orlandi (2012b) distingue três modos diferentes em que ocorre a repetição, a saber:

- a) a *repetição empírica*, exercício mnemônico que não historiciza;
- b) a *repetição formal*, técnica de produzir frases, exercício gramatical que também não historiciza;
- c) a *repetição histórica*, que inscreve o dizer no repetível enquanto memória constitutiva, saber discursivo, em uma palavra: interdiscurso. Este, a memória (rede de filiações), que faz a língua significar. É assim que sentido, memória e história se intrincam na noção de interdiscurso (Ibid., p. 70).

Desta maneira, segundo a posição da autora em que nos baseamos, é no próprio reconhecimento da existência de movimentos entre esses diferentes modos de repetição, a partir da "cópia" e passando por outra de reformulação no nível da organização gramatical, o "dizer com suas palavras", até a inscrição de sua memória constitutiva numa formulação que produz um novo dizer no meio de outros, que reside a possibilidade mesma de se constituir uma aprendizagem. Cabe então à escola sustentar uma *mediação* que possibilite se relacionar com o repetível, ou seja, "[...] criar condições para que o aluno trabalhe sua relação com suas filiações de sentido, com a memória do dizer" (ORLANDI, 1998, p. 14).

Condições de Produção em Sala de Aula

Desenvolvemos a atividade de pesquisa em três turmas do 3º ano de uma escola da rede estadual paulista, de forma que anteriormente o pesquisador, primeiro autor deste estudo, passou um período de dez semanas de ambientação em campo de pesquisa. A atividade de leitura que analisamos neste trabalho se refere à primeira aula de um total de quatro, nas quais algumas noções relacionadas ao início dos desenvolvimentos do que viria se tornar a física quântica (FQ) foram abordadas por meio da leitura de textos originais de cientistas e mediações com o pesquisador durante debates dela decorrentes, bem como através de respostas escritas a questões formuladas previamente pelo pesquisador, então atuando como professor das classes.

O texto da atividade de leitura desta primeira aula foi constituído de dois excertos das quatro primeiras páginas do texto original "Novas vias de acesso ao conhecimento na física", um ensaio de autoria do cientista Max Planck produzido para uma conferência em 1913 na Universidade de Berlim, no qual esse cientista aborda a necessidade de revisão do postulado clássico no que se refere ao caráter contínuo das ações dinâmicas (PLANCK, 2012). Uma característica marcante deste texto original é o fato do cientista utilizar algumas analogias para comparar como se dá continuamente o fracionamento de energia em situações cotidianas, na qual átomos são induzidos a interagir com a luz, introduzindo a noção de *quantum* para um fracionamento finito nas trocas últimas de energia, e também para se referir aos desenvolvimentos da física clássica anterior à sua época e às investigações contemporâneas da qual participa no contexto em questão.

Contudo, uma preocupação presente foi a de que a leitura inicial deste texto de Planck pudesse causar um efeito contrário ao de motivação para o início da unidade de ensino sobre FQ, ou seja, um afastamento já de antemão por ser possível considerarem o texto difícil, uma

vez que provavelmente não haviam tido contato com um texto de um cientista anteriormente. Assim, pensamos ser conveniente e promissor que antes da leitura deste texto inicial de Planck, inserido no interior do meio científico, um texto de divulgação científica (DC) específico sobre o assunto, e que mencionasse o cientista, pudesse fazer uma mediação inicial frutífera, considerando seu contexto de produção já voltada para divulgação a um público geral. O texto escolhido foi o trecho introdutório de "Física Quântica: o estranho comportamento do mundo microscópico" (FERREIRA, 2003).

Assim, esta primeira aula consistindo na leitura desses dois textos foi planejada, em termos das atividades, para uma leitura individual por parte dos estudantes, seguida de resposta escrita também individual a duas questões abertas, uma para cada texto. O tempo de aula de apenas 50 minutos (cerca de 40 minutos efetivos para o trabalho didático) acabou sendo um limitante decisivo para não considerarmos uma mediação dialogada, a partir das ideias dos textos, do pesquisador com os estudantes nesta primeira aula. Dessa forma, neste estudo analisamos apenas as respostas dos estudantes a uma questão sobre o texto de Planck, formulada por escrito, no final da leitura desse texto. A questão referente a este texto foi: *Você achou alguma das ideias sobre física quântica, ou alguma comparação com ideias da física clássica, através desta leitura de um texto do próprio cientista, interessante? O que você gostaria de conhecer mais sobre este assunto? Por quê? Explique dizendo seus interesses.* Foi explicitado que a questão, respondida pelos estudantes ao final da leitura dos textos, não visava a avaliação dos estudantes quanto a uma interpretação correta do texto lido ou sequer se tratava de encontrar a resposta no próprio texto, mas sim algo próprio da leitura e compreensão que cada um deles havia obtido.

Análise das Produções Escritas dos Estudantes

Dentre a maioria das respostas dos estudantes, as que destacamos nesta análise têm como principais referências diretas ao texto lido trechos em que Max Planck faz uso de uma analogia para comparar o estágio dos desenvolvimentos teóricos de sua época a algumas evidências experimentais, bem como um exemplo da emissão contínua de calor por um sal de rádio isolado num recipiente de chumbo. No primeiro deles, o cientista argumenta que:

Visto de certa distância, como de um observatório elevado, o conjunto da física teórica moderna dá a impressão de caos, em vez de nos trazer um sentimento tranquilo de segurança como o que tínhamos com o conjunto de especulações do período anterior, chamado de clássico. [...] A física teórica atual dá a impressão de um velho edifício respeitável mas carcomido, cujas paredes começam a desabar e cujos alicerces estão abalados. Mas seria um erro ceder a essa primeira impressão. É certo que as teorias atuais têm modificado muito as ideias antigas. Porém, olhando melhor, vê-se que essas mudanças não são destruições, e sim complementos e generalizações (PLANCK, 2012, p.89-90).

A estudante Rosa¹ atém-se a uma sintética repetição formal deste trecho em que aponta apenas para a forma da comparação à que foi questionada, sem referências a elementos ou noções da física. Podemos compreender a carência de maior aprofundamento de sua parte a partir de sua justificativa final, na qual dá um grande valor à comparação feita pelo cientista, possivelmente valorizando o trecho que conseguiu evidenciar em sua leitura.

Achei a metáfora o prédio com a física classica interessante, o modo com colocaram as mudanças como algo que viram com destruição sendo que na

¹ Os nomes dos estudantes são fictícios e suas repostas foram transcritas de modo fiel às suas escritas originais.

realidade não era. A metáfora aprofundou e explicou o tema de modo satisfatório, dispensando assim uma explicação mais aprofundada (ROSA).

Já *Umberto* também aponta para a comparação do cientista num início de repetição empírica, mas vai além e explora a própria forma utilizada pelo cientista para explicitar o que gostaria de saber. Isto se dá marcando novamente aquilo que conseguiu compreender da comparação do cientista, ou seja, que a física moderna está a corrigir a física *antiga*. Porém, desta vez o estudante utiliza uma repetição que podemos considerar como histórica ao trazer elementos seus para explorá-la mais a fundo.

*Sim. A ideia de que a física teórica atual dá a impressão de um velho edifício respeitável, mas carcomido, cujas paredes começam a desabar e cujos alicerces estão abalados. Gostaria de saber qual é o intuito da física teórica moderna **além de mudar algumas antigas e falíveis teorias**; a fim de expandir o meu conhecimento ou mudar minha ideia em relação a este simples objetivo (que é o de “rebocar” estas paredes que estão de certa forma carcomidas) (UMBERTO, grifo nosso).*

Em outro trecho do texto, logo após esta comparação para elucidar sua visão acerca dos fundamentos da física de sua época, Planck aprofunda suas colocações de natureza epistemológica para explicitar alguns aspectos que considera importantes no trabalho de um físico teórico. Dentre eles, a relação entre teorias e fatos, e considerações acerca de como proceder com possíveis contradições em teorias já validadas:

Convém fazer desde logo uma observação geral. O ponto de partida para a revisão ou alteração de uma teoria física é quase sempre dado pela constatação de que um ou vários fatos não cabem na teoria sob sua forma atual. A estabilidade de uma teoria, por mais importante que ela seja, depende do apoio dos fatos. Para o teórico digno desse nome, nada é mais interessante que um fato em contradição com uma teoria tida como verdadeira, pois aí começa o verdadeiro trabalho. Que fazer nesse caso? É preciso que se produza na antiga teoria uma mudança tal que ela possa concordar com o fato. Mas é muito difícil conseguir saber em que ponto exato deve ocorrer a melhora, pois é impossível tirar uma teoria de um fato isolado. Em geral, uma teoria se apresenta sob a forma de uma série de proposições articuladas (PLANCK, 2012, p. 90).

Esses apontamentos acerca do trabalho de cientistas teóricos acabaram por ser decisivos para a interpretação de *Marina*, que atribui uma dinamicidade ao conhecimento científico. Apesar de ainda não se referir a uma ideia específica da FQ, assim como as respostas dos colegas anteriores, ela historiciza o final de uma repetição até então formal, apontando possivelmente para uma ampliação de sua concepção de ciência, não apenas baseada em *descobertas*.

*Gostei da ideia de que as teorias atuais modificam muito as ideias antigas, mas que as mudanças não são destruições, mas sim complementos e generalizações. Que a estabilidade de uma teoria depende do apoio dos fatos, que é impossível tirar uma teoria de um fato isolado. Achei estes fatos interessantes pois exhibe as ideias e mostra que **tudo esta aberto a novas pesquisas, modificações e descobertas** (MARINA, grifo nosso).*

Já na parte final do texto da atividade de leitura, o exemplo que Planck utiliza para discutir a superação da noção de invariabilidade dos átomos também foi o foco de outras interpretações.

Não posso expor aqui todos os sólidos argumentos que combatem a ideia da invariabilidade dos átomos. Vou citar um só fato que desencadeou um conflito entre a antiga ideia da invariabilidade dos átomos e um grande princípio geral da física; refiro-me à emissão permanente de calor que é própria de todos os compostos do rádio. Nesse caso, o princípio envolvido é

o da conservação da energia. [...] Um sal de rádio fechado num envelope de chumbo suficientemente espesso emite calor continuamente; a quantidade de calor é de 135 calorias por grama de rádio por hora. A amostra de rádio permanece mais quente que seu ambiente, como se fosse um forno aquecido. Mas o princípio da conservação da energia se opõe a que esse calor venha do nada; ele deve ser causado por uma transformação equivalente qualquer (PLANCK, 2012, p. 91).

Os estudantes *Luana* e *Rodrigo* identificaram uma contraposição entre FQ e clássica a partir destas noções evidenciadas. Em suas repetições históricas, a primeira estudante expõe suas opiniões e explicita sua incompreensão do próprio fundamento clássico, a *conservação de energia*, que sustenta a impossibilidade de emissão permanente de calor por uma substância isolada, enquanto o segundo aluno transfere a oposição entre as noções para as teorias em si. Talvez neste sentido, a razão de manifestar em seu dizer que gostaria de saber como a FQ explicaria as coisas grandes, ou seja, fora de seu regime de explicação de fenômenos físicos.

A teoria do sal de rádio fechado num envelope de chumbo me parece interessante e muito complicada, eu gostaria de entender melhor todo esse processo, como por exemplo a conservação de energia que se opõe a que esse calor venha do nada, pois deve ser causado por uma transformação qualquer, como isso seria possível? (LUANA, grifo nosso)

Sim, achei o exemplo da falha na teoria da conservação de energia curioso, tal como o argumento dele de que a Física Quântica se opõe a Clássica, mas para explicá-la melhor. Gostaria de saber como a Quântica pode explicar coisas grandes, como a viagem no tempo, ou o teletransporte. Meu interesse é por curiosidade, mesmo. Gosto de saber o porquê das coisas (RODRIGO, grifos nossos).

Algumas Considerações

Ao pensarmos em textos produzidos com pouca ou nenhuma linguagem matemática, ou seja, em textos na chamada linguagem comum, para trabalhar o ensino de noções iniciais da física quântica, não pensamos apenas no que é considerado propriamente o conteúdo do ensino, mas também em propiciar aos alunos a oportunidade de envolvimento com a leitura. Esta, enquanto atividade escolar, é a parte principal de nossa estratégia de ensino: leitura que, conforme Orlandi (1988), "[...] não é uma questão de tudo ou nada, é uma questão de natureza, de condições, de modos de relação, de trabalho, de produção de sentidos, em uma palavra: de historicidade" (ORLANDI, 1988, p. 9). A relevância da leitura fica ainda mais evidente quando consideramos que "[...] leitura e sentido, ou melhor, sujeitos e sentidos se constituem simultaneamente, num mesmo processo [...]" (Ibid., p. 10).

Se a perspectiva for de mediação cultural, como é o caso do viés pensado para esta pesquisa, segundo Almeida (2004), as finalidades para se ensinar ciência podem assumir um espectro bastante abrangente, sendo que, dentre os possíveis objetivos citados em seu trabalho, destacamos dois: "a compreensão de modos de produção da ciência [...]" e "[...] o incremento da autoestima pela inserção em questões próprias do seu tempo [...]" (Ibid., p. 96). As interpretações desses estudantes, dando importância à ciência como uma forma de conhecer que está aberta a mudanças e o reconhecimento de algumas oposições entre fundamentos da física quântica e clássica, sustentam a importância de tais finalidades. Neste sentido, ao optarmos pela leitura como uma atividade para se trabalhar aspectos da FQ, destacamos esses pontos essenciais por acreditarmos no grande potencial dessa atividade para que eles sejam possíveis de serem alcançados dentro e fora da escola.

Agradecimentos e apoios

¹ Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

² Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Referências

ALMEIDA, M. J. P. M. O texto de divulgação científica como recurso didático na mediação do discurso escolar relativo à ciência. In: PINTO, G. A. (Org.) **Divulgação científica e práticas educativas**. Curitiba: Editora CRV, 2010. p. 11-24.

_____. **Discursos da Ciência e da Escola**: ideologia e leituras possíveis. Campinas: Mercado de Letras, 2004.

ALMEIDA, M. J. P. M.; SILVA, H. C.; MICHINEL, J. L. M. Condições de produção no funcionamento da leitura na educação em física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.1, n.1, p. 5-17, 2001.

FERREIRA, L. A. Física Quântica: o estranho comportamento do mundo microscópico. In: NATALE, A. A.; VIEIRA, C. L. (Orgs.). **O Universo sem Mistério** – uma visão descomplicada da física contemporânea: do Big Bang às partículas. Rio de Janeiro: Vieira & Lent, 2003. p. 153-179.

HEISENBERG, W. **Física e Filosofia**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1981.

MENEZES, L. C.; HOSOUME, Y. Para lidar com o mundo real, a física escolar também precisa ser quântica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 12. 1997. Belo Horizonte. **Anais...** São Paulo: SBF, 1997. p. 282-285. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/v1/arquivos_diversos/SNEF/XII/XII-SNEF-Atas.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2014.

ORLANDI, E. P. **Análise de Discurso** – princípios e procedimentos. 10. ed. Campinas: Pontes, 2012a.

_____. **Interpretação** – autoria, leitura e efeitos do trabalho simbólico. 6. ed. Campinas: Pontes, 2012b.

_____. Paráfrase e Polissemia – a fluidez nos limites do simbólico. **Rua**, v. 4, p. 9-19, 1998.

_____. **Discurso e Leitura**. Campinas: Cortez Editora, 1988.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa ‘Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio’. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000.

PLANCK, M. Novas vias de acesso ao conhecimento da física. In: _____. **Autobiografia científica e outros ensaios**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2012. p. 89-99.

SILVA, A. C.; ALMEIDA, M. J. P. M. Física quântica no ensino médio: o que dizem as pesquisas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 624-653, 2011.

TERRAZZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 9, n. 3, p. 209-214, 1992.