

# A pesquisa sobre o Ensino de Partículas Elementares: panorama e perspectivas

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

Giovana Mosinahti<sup>1</sup>, Leandro Londero<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Educação, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, Rua Cristóvão Colombo, 2265, Bairro Jardim Nazareth – CEP 15054-000 - São José do Rio Preto, SP, Brasil

E-mail: gihmosinahti@hotmail.com

## Resumo

Apresentamos os resultados de uma investigação que identificou o panorama e as perspectivas da pesquisa sobre o Ensino de Física de Partículas Elementares (EFPE), por meio da análise das produções contidas nas atas de congressos, teses e dissertações defendidas em programas de pós-graduação brasileiros. Identificamos um expressivo número de estudos dedicados à elaboração e/ou aplicação de propostas de ensino. A divulgação científica em espaços não-formais destacou-se entre os identificados, evidenciando a importância desses espaços para o enriquecimento da cultura científica, da formação pessoal e pedagógica. Os estudos apontam para a necessidade de mudanças curriculares tanto no âmbito escolar médio como nos cursos de licenciatura, tendo em vista o conhecimento deficitário sobre partículas elementares por parte de estudantes e professores. O investimento nos cursos de formação de professores é um importante fator para a melhoria do ensino de física, uma vez que os professores precisam de tais conhecimentos para que sintam-se seguros para ensinar este tópico.

**Palavras chave:** Partículas elementares, Ensino de física, Estado do conhecimento, Teses e dissertações, Atas de congressos científicos.

## Abstract

In this work, we present the results of an investigation that identified the panorama and perspectives concerning the Teaching of Elementary Particle Physics (EFPE in Portuguese) through the analysis of productions registered in minutes from scientific congresses, theses and dissertations defended in Brazilian post-graduation programs. It was identified an expressive number of studies dedicated to the elaboration and/or application of teaching proposals. The scientific disclosure in non-formal places stood out among the selected studies showing the importance of such places for the improvement of the scientific culture as well as the improvement of personal and pedagogical training. The studies show the need for changes in the syllabus from high schools and teaching courses observing the knowledge deficit concerning Elementary Particle Physics presented by students, teachers and professors. In order to help teachers and professors improve the Physics teaching, it is necessary to invest in teaching courses because these professionals need to have such knowledge in order to be confident when teaching this topic.

**Keywords:** Elementary particle, Physics education, State of knowledge, Theses and dissertations, Minutes from scientific congresses.

## I. INTRODUÇÃO

Na área de Educação em Ciências é evidente a produção de um considerável número de investigações focadas na análise da inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) em aulas de física, tanto do Ensino Médio quanto de cursos de graduação. A leitura de revisões de literatura centradas nesta temática e publicadas em periódicos especializados, como exemplifica os trabalhos de Pantoja, Moreira e Herscovit (2011), Silva e Almeida (2011), Pereira e Ostermann (2009), Greca e Moreira (2001) e Ostermann e Moreira (2000), nos permitem tal corroboração. Porém, não há evidências de estudos que busquem conhecer, especificamente, o estado do conhecimento no que se refere ao Ensino de Física de Partículas Elementares.

As pesquisas do tipo Revisão de Literatura, também conhecidas por Estado da Arte ou Estado do Conhecimento, são definidas por Ferreira (2002) como de caráter bibliográfico, trazendo em comum o desafio de mapear e de discutir uma certa produção acadêmica em diferentes campos do conhecimento. Além disso, de acordo com a autora, tais pesquisas podem ser reconhecidas devido à metodologia de

cunho inventariante e descritivo da produção acadêmica sobre o tema alvo de investigação, à luz de categorias e facetas que se caracterizam enquanto tais em cada trabalho e no conjunto deles.

Tratada como material dos mais úteis e mais amplamente utilizados, para Figueiredo (1990), as revisões desempenham importante papel na transferência da informação entre cientistas e seus pares, além de facilitarem a transferência da informação para os não especialistas. A autora orienta que, o autor do artigo de revisão, colete a literatura, assimile os dados e faça uso coerente do material, a fim de propiciar uma compreensão profunda do assunto, tarefa que também muito acrescenta ao seu próprio conhecimento e, também, faz a classificação dos trabalhos de revisão quanto às suas funções, sendo elas função histórica e função de atualização. Enquadram-se na função histórica os trabalhos que se constituem em parte integral do desenvolvimento da ciência e, na função de atualização, os trabalhos que fornecem aos profissionais de qualquer área, informações sobre o desenvolvimento corrente da ciência e sua literatura.

Outra forma de classificar as revisões é proposta por Silveira (1992) da seguinte forma: revisão expositiva; revisão questionadora; revisão histórica e; revisão opinativa. A revisão do tipo expositiva tem a característica de expor um tema a partir de análise e síntese de várias pesquisas, já a revisão questionadora pretende identificar as perspectivas para o futuro imediato da pesquisa sobre o tema, a revisão histórica tem por objetivo documentar o desenvolvimento da pesquisa na área específica e, por fim, a revisão opinativa a partir do levantamento de opiniões formadas a respeito de um determinado tema, trazendo informações deste tema e pretende mudar o conjunto de opiniões formadas.

Apesar de toda a importância agregada aos trabalhos de revisão de literatura por diferentes autores, não há estudos desse tipo, na área de Ensino de Física, que tratem do levantamento no que diz respeito às pesquisas que abordam o Ensino de Partículas Elementares.

Do ponto de vista conceitual, a natureza microscópica da matéria sempre foi alvo de pesquisas da física quântica, sendo os átomos as primeiras partículas descobertas e, até então, estes eram tidos como partículas elementares. Posteriormente, descobriu-se que os átomos eram constituídos de elétrons e núcleos constituídos de prótons e nêutrons. Dessa forma, com o avanço das pesquisas na área da física quântica, o número de partículas conhecidas foi crescente e, atualmente, temos o modelo padrão das partículas elementares que constituem a matéria.

O modelo padrão trata-se de uma teoria que identifica as partículas elementares e suas interações. De acordo com esta teoria, as partículas elementares são caracterizadas por não possuírem nenhuma subestrutura. Assim sendo, as partículas verdadeiramente elementares básicas, identificadas no modelo padrão são os quarks up, down, estranho, charmoso, top e bottom e, os leptons elétron, neutrino do elétron, múon, neutrino do múon, tau e neutrino do tau. Cada partícula elementar básica possui uma antipartícula a ela associada.

Além das partículas elementares básicas e suas antipartículas, no modelo padrão, também são contempladas as partículas mediadoras, também conhecidas como bósons. Essas partículas estão associadas às interações fundamentais, que são: eletromagnética, atuando nas partículas que possuem carga; gravitacional, que atua devido à presença de massa nas partículas; fraca, que atua em escala subatômica e; nuclear ou forte, responsável pela união de partículas com a carga cor. Assim, as partículas mediadoras associadas a cada interação, respectivamente, são: os fótons; os grávitons; os bósons de gauge  $W^+$ ,  $W^-$  e  $Z^0$  e; os glúons. A diferença principal entre as partículas elementares básicas e as partículas mediadoras se deve ao fato de as primeiras, apresentarem spin fracionário e, já as outras, apresentam a marcante característica de terem spin inteiro.

Contribuindo com a pesquisa em Educação em Ciências e, mais especificamente, com a subárea de Ensino de Física e com a sistematização do conhecimento produzido por esta subárea, nosso trabalho apresenta o estado do conhecimento das pesquisas brasileiras referentes ao Ensino de Partículas Elementares que foram produzidas até o presente momento por meio de teses e dissertações e divulgadas em Atas de Congressos Científicos.

## II. OBJETIVO DA INVESTIGAÇÃO, PROBLEMA E QUESTÕES BALIZADORAS

Este estudo partiu das considerações mencionadas anteriormente e da constatação da ausência, na literatura consultada, de um estudo que apresente um balanço das produções já realizadas sobre o Ensino de Física de Partículas Elementares (EFPE).

Perante isso, tivemos por objetivo realizar uma revisão bibliográfica analisando aspectos quantitativos e qualitativos referentes à produção acadêmica sobre o EFPE, tomando como fonte de informações as atas de congressos, teses e dissertações defendidas em programas de pós-graduação brasileiros, que tratam deste tópico curricular. Buscamos sintetizar os avanços obtidos, as ideias convergentes e procuramos sinalizar perspectivas, com o intuito de contribuirmos para um avanço e defesa dos trabalhos futuros que se dedicarem ao ensino daquele tópico conceitual.

Assim, procuramos responder o seguinte problema: *Qual é o panorama e as perspectivas da pesquisa sobre o Ensino de Física de Partículas Elementares?*

As questões que balizaram este estudo são: a) Qual a frequência de pesquisas nos diferentes meios de publicação revisados?; b) Quais são os objetivos dos estudos, suas abordagens e metodologias?; c) Quais os quadros teóricos de referência?; d) A que resultados, em seu conjunto, as pesquisas têm chegado?; e) Quais os focos de pesquisa são dominantes?; f) Quais as lacunas existentes? e; g) Quais são as sugestões e proposições apresentadas pelos pesquisadores-autores?

### III. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Primeiramente, definimos os descritores que direcionaram as buscas realizadas. Optamos por realizar a revisão em dois tipos de publicações: as teses e dissertações defendidas em Programas de Pós-graduação da área de Educação e Educação em Ciências e atas de congressos científicos da área de Educação em Ciências.

A catalogação das teses e dissertações foi realizada por meio de consulta ao Banco de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)<sup>1</sup>. De acordo com as informações presentes no sítio eletrônico da CAPES, o Banco de Teses faz parte do Portal de Periódicos desta agência e constitui-se em uma ferramenta de busca e consulta a resumos de teses e dissertações defendidas em todo o país nos cursos de doutorado e mestrado reconhecidos pela Capes.

As informações presentes no banco são fornecidas à Capes pelos programas de pós-graduação, que se responsabilizam pela veracidade dos dados. No banco é possível realizarmos a busca por autor, título e palavras-chave. Em nosso estudo, realizamos a busca por meio das seguintes palavras-chave: ensino de relatividade, relatividade especial, relatividade restrita, relatividade geral.

Após identificarmos as teses e dissertações, passamos para a etapa de localização e acesso ao texto completo destas produções. Para tanto, acessamos o portal do Ministério da Educação denominado “Domínio Público”<sup>2</sup>. Ele foi lançado em 2004 e é uma biblioteca digital desenvolvida em software livre que permite a coleta de obras científicas, artísticas e literárias, na forma de textos, sons, imagens e vídeos que tenham a sua divulgação autorizada. Quando não foi possível obtermos acesso aos textos completos por meio do portal “Domínio Público”, acessamos os sites dos programas nos quais os estudos foram realizados.

As produções identificadas foram registradas em tabelas nas quais registramos o tipo de produção (tese ou dissertação), ano da publicação, nome do autor, título e orientador do estudo e instituição na qual foi desenvolvida.

Na continuidade, mapeamos as produções divulgadas em congressos da área de Educação em Ciências e registradas em suas respectivas atas. Utilizamos como critério de seleção, dos congressos a serem revisados, o fato deles serem destinados especificamente para a comunidade de Educadores em Física ou de Educadores em Ciências. Outro aspecto que levamos em consideração é o de possuímos os anais/atas de todas as edições realizadas.

Assim, optamos por revisar as atas de três congressos que consideramos como os de maior expressão em nossa comunidade nacional, são eles: Simpósio Nacional de Ensino de Física - SNEF (I até a XXI edição), Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – EPEF (I até a XIV edição) e o Encontro Nacional de Educação em Ciências - ENPEC (I até a IX edição).

Os congressos escolhidos para revisão são bianuais, sendo os dois primeiros promovidos pela Sociedade Brasileira de Física (SBF) e o último pela Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC). Os dois primeiros são realizados em anos alternados, assim como o primeiro e o último. Foram revisadas todas as edições de cada um deles, as quais tivemos acesso e realizadas até a data da redação desta revisão, ou seja, fevereiro de 2015.

As produções identificadas nesta etapa foram registradas em tabelas nas quais registramos o congresso no qual o trabalho foi apresentado, sua edição e ano de realização, o título do estudo e nome do(s) autor(es).

Finalizada a etapa de identificação dos estudos desenvolvidos, realizamos a leitura cuidadosa de cada uma das publicações, na íntegra. Consideramos fundamental, para a leitura, dividirmos as produções mapeadas em categorias de análise relativas ao tipo de estudo. Segundo Soares (1989), num estado da arte é necessário considerar “categorias que identifiquem, em cada texto, e no conjunto deles as facetas sobre as quais o fenômeno vem sendo analisado”.

Ao final, analisamos o conteúdo das produções e tabulamos os dados com a elaboração de registros em quadros e tabelas, construídas especificamente para este estudo, nas quais sintetizamos as

<sup>1</sup>www.capes.gov.br/servicos/banco-de-teses

<sup>2</sup>www.dominiopublico.gov.br

frequências, os temas, os objetivos, as problemáticas, abordagens, quadros teóricos, metodologias, focos dominantes, resultados, conclusões, lacunas existentes, sugestões e proposições apresentadas e contribuições para mudanças e inovações da prática pedagógica, com o objetivo de respondermos nossas questões norteadoras.

#### IV. RESULTADOS OBTIDOS

De nosso levantamento bibliográfico dos trabalhos de teses e dissertações, mapeamos 16 estudos, sendo 01 tese (PESSANHA, 2014) e 15 dissertações (CALHEIRO, 2014; SARAN, 2012; WATANABE, 2012; MAIA, 2011; PINHEIRO, 2011; MARQUES FILHO, 2011; NETO, 2011; PAIVA, 2010; VALENTE, 2009; BALTHAZAR, 2008; LOSADA, 2007; SIQUEIRA, 2006; MARTIN, 2005; SILVA, 2002; PEREIRA, 1997), que foram desenvolvidas em 09 programas de pós-graduação, de 09 instituições, sendo 08 públicas e 01 privada, de 5 unidades federativas e concentram-se no Sul-Sudeste e Nordeste, sendo todos em programas da subárea de Ensino, da grande área Multidisciplinar (46 da CAPES).

Conforme nos ilustram as figuras 1 e 2, as produções foram desenvolvidas em 09 programas de pós-graduação, de 09 instituições, sendo 08 públicas e 01 privada, de 5 unidades federativas e concentram-se no Sul-Sudeste e Nordeste, sendo todos em programas da subárea de Ensino, da grande área Multidisciplinar (46 da CAPES).

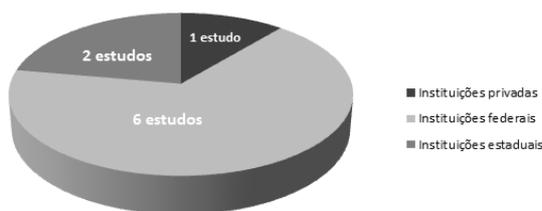


FIGURA 1. Quantidade de estudos por instituição

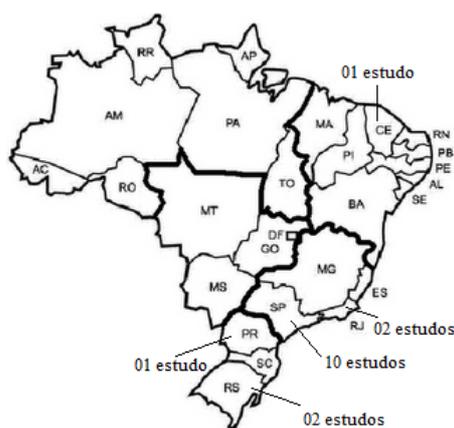


FIGURA 2. Quantidade de estudos por unidade federativa

Verificamos a predominância de pesquisas voltadas para o Ensino Médio (12), o que pode ser justificado pelo o perfil dos pós-graduandos que se dedicam a pesquisa em ensino de física, em geral, estudantes que concluíram recentemente a graduação ou professores que já se encontram em exercício profissional naquele nível de ensino. Apenas 02 pesquisas possuem foco no Ensino Superior investigando as crenças dos futuros professores de física no que diz respeito a inserção de tópicos de FMC no Ensino Médio (MARQUES, 2011) e o Ensino de Partículas nos currículos dos cursos de Licenciatura (MARTIN, 2005).

Por sua vez, encontramos uma pesquisa destinada ao ensino para o nível fundamental. Dos 12 destinados ao Ensino Médio, 03 foram realizados em cursos de mestrado profissional, ou seja, por

professores em regência de classe, e 09 em cursos de mestrado acadêmico. O conjunto mais significativo de produções é aquele referente a elaboração e/ou implementação de propostas didáticas (06). Consideramos este número pequeno se comparado com o número de propostas para o ensino de outros tópicos da física.

Já as pesquisas nas atas dos congressos científicos, nos permitiram o mapeamento de 21 edições do SNEF, 15 do EPEF e, 9 do ENPEC, totalizando 45 edições e 51 trabalhos, sendo 9 no ENPEC, 10 no EPEF e 32 no SNEF, respectivamente. Constatamos que o congresso com mais trabalhos publicados é o SNEF, seguido pelo EPEF e pelo ENPEC. Acreditamos que, pelo fato de o SNEF ser o congresso mais antigo, com mais edições realizadas, neste se encontra o maior número de trabalhos. Além disso, a ocorrência menor de trabalhos no ENPEC pode ser justificada por este ser o evento mais recente e, por abordar todas as subáreas do ensino em Ciências, diferentemente do EPEF e SNEF, que são destinados apenas ao Ensino de Física.

Dentre as publicações encontradas, verificamos que, a maior parte tem foco para Elaboração/Aplicação de propostas de ensino e recursos didáticos e, é voltada para o Ensino Médio.

Tanto o mapeamento realizado nos trabalhos de teses e dissertações, quanto nas atas dos congressos científicos, nos permitem constatar que a maior parte dos trabalhos foi desenvolvida nos últimos 10 anos. Os gráficos representados nas figuras 3 e 4 ilustram tal constatação.

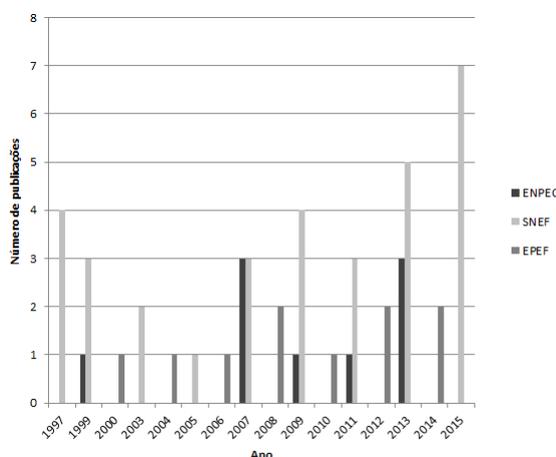


FIGURA 3. Frequência de trabalhos divulgados em Atas de Congressos Científicos por ano.

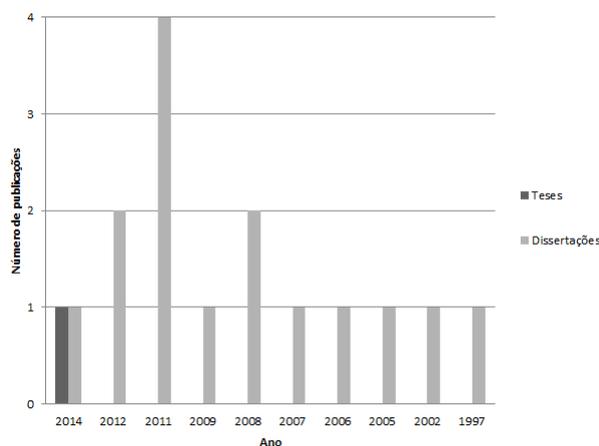


FIGURA 4. Frequência de trabalhos de teses e dissertações por ano.

Para respondermos as demais questões balizadoras de nosso estudo, criamos categorias para classificarmos os estudos identificados, são elas: Elaboração/Aplicação de Propostas de Ensino e Recursos Didáticos, Formação de Professores (Inicial e Continuada), Concepção de Professores e/ou estudantes, Análise de Livro Didático, Formação de Conceitos/Avaliação de Aprendizagem e Divulgação Científica/Espaços não formais.

#### A. Elaboração/Aplicação de Propostas de Ensino e Recursos Didáticos

Nesta categoria enquadram-se os estudos que desenvolveram e/ou implementaram propostas para o ensino de partículas em nível médio. Dessa forma, compõe esta categoria 08 estudos de dissertações e, 27 trabalhos encontrados nas atas dos eventos.

Dentre os recursos utilizados para o desenvolvimento e/ou implementação das propostas nos trabalhos mapeados, os mais utilizados foram: filmes/documentários/vídeos; questionários; multimídias; internet; livros didáticos; livros de divulgação científica; textos de divulgação científica; jogos virtuais; manchetes veiculadas pela mídia; exercícios; experimentos e; mapas conceituais.

Além disso, também identificamos uma pluralidade de referenciais teórico-metodológicos utilizados, entre eles: aprendizagem cooperativa de Jean Piaget; abordagem CTS; aprendizagem significativa de David Ausubel; transposição didática de Yves Chevallard; epistemologia de Gaston Bachelard; teoria sócio-interacionista de Lev Vygotsky; aprendizagem significativa segundo Novak e Gowin; aprendizagem Significativa Crítica de Moreira; trabalho cooperativo de Freinet; pedagogia da autonomia de P. Freire e; teoria das situações didáticas de Brousseau.

Quanto aos resultados alcançados pelas pesquisas, os mais relevantes foram: a) o ensino-aprendizagem do conteúdo de Física de Partículas Elementares é viável no Ensino Fundamental, desde que a sequência didática priorize tópicos introdutórios, de modo que a mesma esteja composta de atividades adequadas à faixa etária dos alunos em questão, propiciando uma aprendizagem significativa, b) identificação de visões deformadas da Ciência nos alunos e grande interesse por tópicos atuais de física, c) superação do ensino tradicional, d) jovens não estão preparados para discutir ciência nos âmbitos social e utilitário, e) possibilidade de trabalhar de forma inovadora com conteúdos da ciência, f) maior interesse dos alunos pelo conteúdo conceitual, g) contribuição da leitura para o entendimento da física de partículas, h) falta de hábito de leitura pelos alunos, i) postura participativa dos alunos da escola, j) atividades bem planejadas podem auxiliar na inserção de tópicos de física moderna e contemporânea em sala de aula, k) superação de obstáculos epistemológicos, l) necessidade de metodologia de ensino dinâmica e, m) o ensino de partículas possibilitou a aproximação dos alunos com a pesquisa científica/interação com a “vida” no laboratório/construção da ciência.

Dentre as sugestões apresentadas pelos autores das pesquisas, destacamos: a) desenvolver apresentação para instigar alunos a se envolverem de forma mais efetiva nas aulas de física, b) inserir novas possibilidades de interação, c) leitura como possível caminho para o ensino da física de partículas, d) novas maneiras de conceber a física são plausíveis no contexto escolar, e) uma boa metodologia pode reduzir a resistência dos alunos a aceitar ideias difíceis de assimilar, f) o principal objetivo no processo de ensino deve ser a formação e não a mera informação.

## **B. Formação de Professores (Inicial e Continuada)**

Nesta categoria agrupamos os estudos que abordam a questão da formação docente, seja ela inicial ou continuada. Encontramos um total de 06 estudos, todos publicados nas atas dos congressos. Estes estudos relatam desenvolvimentos de cursos de extensão para professores do Ensino Médio, experiências de alunos de licenciatura em física e/ou retratam a realidade destes cursos. Os principais referenciais teórico-metodológicos identificados nos estudos em questão foram: Epistemologia de Gaston Bachelard e, abordagem CTS.

Os resultados mais significativos apresentados pelas pesquisas com foco nesta categoria foram os seguintes: a) ressentimento dos professores da pouca atualização curricular dos cursos de licenciatura em física, b) necessidade de ampliação de conhecimento sobre conceitos da Física abordados nos cursos de licenciatura, c) preocupação dos professores com a motivação dos estudantes e com conteúdos físicos, d) dificuldade de articulação das questões sociais, políticas e econômicas com os conceitos.

Já as sugestões mais significativas apresentadas foram: a) necessidade de introduzir abordagens que envolvam discussões de cunho social, político e econômico, b) necessidade de preparação do professor.

## **C. Concepção de Professores e/ou estudantes**

Esta categoria apresenta os trabalhos dedicados a explicitar e examinar múltiplos aspectos envolvendo os professores e alunos, com destaque para o estudo de suas concepções, crenças e representações. Com este foco encontramos o total de 08 estudos, sendo 03 dissertações e 05 publicados nas atas dos eventos.

Para o levantamento das concepções dos professores e alunos são utilizados questionários e pesquisas qualitativas. Dentre os referenciais teórico-metodológicos os quais se baseiam os trabalhos em questão, destacam-se: aprendizagem significativa de David Ausubel; transposição didática de Yves Chevallard; epistemologia de Gaston Bachelard; teoria sócio-interacionista de Lev Vygotsky.

As pesquisas apresentam como resultados principais: a) alunos possuem conhecimento clássico sobre átomos, b) poucos alunos sabem sobre partículas elementares, c) disposição dos professores para participar de cursos de formação continuada na área de física de partículas, d) preocupação dos

professores com os processos de ensino aprendizagem de física de partículas, e) preocupação dos professores com a motivação dos estudantes e com conteúdos físicos.

Os autores dos estudos sugerem em seus trabalhos: a) contato dos professores do Ensino Médio com questões atuais de física de partículas, b) estimular nos alunos o interesse pela ciência, c) promover cursos de formação continuada, c) propor reflexões para que o professor possa repensar sua prática pedagógica.

#### **D. Análise de Materiais impressos ou digitais**

Nesta categoria enquadram-se os estudos que se preocupam com o modo como a Física de Partículas é apresentada em materiais impressos (livros didáticos, apostilas, etc...) ou digitais, tanto destinados para o ensino médio, ensino superior ou para a divulgação científica. Encontramos 01 dissertação e 03 trabalhos divulgados nas atas dos congressos com este foco.

Os estudos fazem a utilização de dois principais referenciais teórico-metodológicos, sendo eles: transposição didática de Yves Chevallard e abordagem CTS.

Dentre os resultados alcançados pelas pesquisas, destacamos os seguintes: a) estrutura da matéria tratada com pouca ênfase em livros didáticos, b) identificação de poucos livros de química e física que melhor abordam conceitos de partículas elementares, c) preocupação dos autores com despersonalização, descontextualização e dessincronização, d) exercício da vigilância epistemológica de forma não adequada nos materiais analisados, e) livros didáticos de Física estão incorporando a Física Moderna e Contemporânea de uma maneira que não privilegia os objetivos formativos desejados.

Destacamos o seguinte conjunto de sugestões apresentadas pelos autores: a) importância do exercício da vigilância epistemológica como instrumento para verificação de saberes transpostos para materiais de ensino, b) o professor desempenha papel fundamental no processo da transposição didática e, c) diversidade de objetivos educacionais a serem privilegiados.

#### **E. Análise curricular**

Estudos que dedicaram-se a analisar o currículo do Ensino Médio ou dos cursos de física, no que se refere a inserção da Física de Partículas são enquadrados nesta categoria. Estes estudos são 01 trabalho de dissertação e 04 publicações nas atas dos eventos e tem como referencial teórico-metodológico a Transposição didática de Yves Chevallard.

Os resultados alcançados pelos estudos são: a) grande utilidade dos marcadores estruturantes para elaboração de novas propostas que visem a inovação curricular, b) necessidade de incorporação da física moderna e contemporânea no ensino médio, c) falta de criatividade não é obstáculo para o ensino da física de partículas, d) conteúdos de maior complexidade da física são voltadas apenas para o bacharelado, e) necessidade da abordagem de conteúdos de física moderna e contemporânea nas licenciaturas e no ensino médio e, f) mesmo os cursos que passaram por reformulações curriculares, a incidência da Física Moderna e Contemporânea ainda é relativamente baixa, denotando a necessidade de se estudar sua importância nas estruturas curriculares.

Os autores dos estudos em questão fazem as seguintes sugestões: a) física de partículas elementares pode ser tornar um saber a ensinar, b) cursos de formação de professores e criação de materiais de fácil acesso aos professores e, c) necessidade de distribuição mais coerente e equivalente entre conteúdos de física clássica e física moderna e contemporânea.

#### **F. Formação de Conceitos/Avaliação de Aprendizagem**

Enquadram-se aqui trabalhos que preocuparam-se com o conteúdo das ideias e modelos explicativos dos educandos e professores sobre a Física de Partículas. Nesta categoria encontram-se o total de 04 estudos, sendo 01 tese, 01 dissertação e 02 publicações nas atas dos congressos.

Os principais referenciais teórico-metodológicos utilizados pelos autores em seus trabalhos são: teoria das situações didáticas de Brousseau; epistemologia de Bachelard; Aprendizagem significativa de David Ausubel.

Como principais resultados alcançados pelas pesquisas, ressaltamos: a) identificação de obstáculos epistemológicos de diferentes naturezas (percepção ingênua de fenômenos do cotidiano, uso de metáforas e imagens, raciocínio limitado e incongruente), b) contribuição da pesquisa para reflexão sobre o ensino de tópicos de física moderna e contemporânea e sobre o uso de simulações computacionais como ferramenta pedagógica, c) influência de elementos externos nas interpretações dos alunos, d) repetição formal nas respostas, e) criação de estratégias de ensino envolvendo recursos tecnológicos e, f) participação dos educandos no processo educativo.

#### **G. Divulgação Científica/Espaços não formais**

Nesta categoria enquadram-se os estudos que propõem o ensino de partículas utilizando espaços não formais ou fazendo referência a eles. Além, disso, enquadram-se os estudos que analisam os espaços de divulgação/não formais como meio para ensinar partículas elementares, bem como as concepções de seus agentes (funcionários/monitores) e visitantes sobre estes espaços. Nesta categoria encontram-se 02 estudos de dissertação e 10 trabalhos publicados nas atas. Estes estudos fazem o uso dos seguintes referenciais teórico-metodológicos: abordagem CTS e Transposição didática de Yves Chevallard.

Dentre os resultados alcançados pelas pesquisas, destacamos: a) propostas de atuação nas visitas centradas no conhecimento físico, b) interesse dos alunos por interação com a vida no laboratório, c) distanciamento da ciência dos outros fazeres sociais, c) existência de diversas vozes e sentidos atribuídos as visitas, d) necessidade da visita ao acelerador como motivação aos estudantes, e) dificuldade de articulação das questões sociais, políticas e econômicas com os conceitos, f) experiências profissionais e pessoais, g) contribuição para a formação dos professores, h) enriquecimento da formação pessoal e pedagógica e, i) interação entre pesquisa e ensino.

As sugestões pontuadas pelos autores das pesquisas que merecem destaque são: a) reflexão sobre o papel dos centros de pesquisas como difusoras do conhecimento científico, b) divulgação da experiência para incentivo de outros professores de física a participarem de visitas, c) problema da educação científica deve ser objeto de debate de diversas áreas sociais, d) necessidade de expansão da cultura científica, e) possibilidade das propostas de divulgação promoverem ampliação sobre o sentido de conhecer ciência, f) o sentido das visitas deve ser olhado como perspectiva de apropriação dos conhecimentos adquiridos em sala de aula ou instigador de aprendizagem em outros momentos da vida e, g) possibilidade de potencialização da produção de novos materiais didáticos, novas práticas de ensino, divulgação científica, etc.

## V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo nos permitiu o mapeamento dos estudos que abordam o EFPE, sendo possível a leitura e análise dos trabalhos, bem como responder o problema e as questões balizadoras de nossa investigação.

Identificamos um expressivo número de estudos dedicados à elaboração e/ou aplicação de propostas de ensino, o que ressalta a necessidade de investimentos na efetivação do EFPE. Outra categoria que apresenta um número significativo de estudos é a intitulada divulgação científica/espaços não-formais, evidenciando a importância das visitas à esses espaços para o enriquecimento da cultura científica, da formação pessoal e pedagógica.

Os estudos apontam para a necessidade de mudanças curriculares tanto no âmbito escolar médio como nos cursos de licenciatura em física, tendo em vista o conhecimento deficitário sobre a Física de Partículas Elementares. Pontuamos a necessidade de investirmos em cursos de formação continuada de professores e, em estratégias de ensino que busquem a motivação dos estudantes. O investimento de esforços nos cursos de formação de professores, seja inicial ou continuada, de forma a promover a estes conhecimentos necessários sobre a Física de Partículas Elementares, é um importante fator para a melhoria do ensino de física uma vez que, acreditamos que a inserção deste tópico curricular no ensino seja fundamental para que haja essa melhoria e, os professores precisam de tais conhecimentos para que sintam segurança na abordagem do tema.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Pró-reitoria de Graduação da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”- UNESP pelo auxílio concedido por meio do Núcleo de Ensino e à Fundação de Apoio à Pesquisa e Extensão de São José do Rio Preto (FAPERP – Processo n°. 99/2015).

## REFERÊNCIAS

Balthazar, W. F. (2008). *Partículas Elementares no Ensino Médio: uma abordagem a partir do LHC*. 2008. 119f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Nilópolis.

Calheiro, L. B.(2014).*Inserção de Tópicos de Física de Partículas de Forma Integrada aos Conteúdos Tradicionalmente Abordados no Ensino Médio*. 188f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

Ferreira, N. S. A. (2002). As pesquisas denominadas “Estado da Arte”. *Educação & Sociedade*, 79, pp. 257-272.

- Figueiredo, N. (1990). Da importância dos artigos de revisão da literatura. *Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação*, 23(1/4), pp. 131-135.
- Greca, I. M.; Moreira, M. A. (2001). Uma revisão da literatura sobre estudos relativos ao ensino da mecânica quântica introdutória. *Investigações em Ensino de Ciências*, 6(1), pp. 29-56.
- Losada, C. O. (2007). *O essencial invisível aos olhos: uma viagem divertida e colorida pela estrutura da matéria através de uma sequência ensino-aprendizagem para a introdução de Física de Partículas Elementares na 8ª série do Ensino Fundamental*. 424f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo.
- Maia, M. C. (2011). *Uma Abordagem do Modelo Padrão da Física de Partículas acessível a alunos do Ensino Médio*. 70f. Dissertação (Mestrado Profissional no Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Marques Filho, E. C. (2011). *Crenças de Futuros Professores em Física em contexto de inovação curricular: o caso de um curso de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio*. 418f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Martin, G. F. S. M. (2005). *A Física de Partículas Elementares nos cursos de Licenciatura em Física*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- Neto, J. L. S. (2011). *Partículas Elementares no Ensino Médio*. 95f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Osterman, F.; Moreira, M. A. (2000). Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa física moderna e contemporânea no ensino médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, 5(1), p. 23-48.
- Paiva, J. R. (2010). *Representações pictóricas no ensino de física moderna: uma construção dos alunos*. 209f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Pantoja, G. C. F.; Moreira, M. A.; Herscovitz, V. E. (2011). Uma revisão da literatura sobre a pesquisa em ensino de Mecânica Quântica no período de 1999 a 2009. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*. 4(3), pp. 1-34.
- Pereira, A. P.; Ostermann, F. (2009). Sobre o ensino de física moderna e contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. *Investigações em ensino de Ciências*, 14(3), pp. 393-420.
- Pereira, O. S. (1997). *Raios Cósmicos: introduzindo física moderna no 2º grau*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo.
- Pessanha, M. R. C. (2014). *Estrutura da Matéria na Educação Secundária: obstáculos de aprendizagem e o uso de simulações computacionais*. 231f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Pinheiro, L. A. (2011). *Partículas Elementares e Interações Fundamentais no Ensino Médio*. 313f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Saran, M. C. B. (2012). *Astrofísica de Partículas na Sala de Aula - Uma Sequência de Ensino e Aprendizagem sobre Raios Cósmicos para o Ensino Médio*. 131f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Carlos.
- Silva, A. C.; Almeida, M. J. P. M. (2011). Física Quântica no ensino médio: o que dizem as pesquisas. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 28(3), pp. 624-652.
- Silva, W. R. (2002). *Inserção de tópicos da nova física da estrutura da matéria no ensino médio: uma proposta*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo.
- Silveira, R. C. P. (1992). A organização textual do discurso científico de revisão. *Tema*, 16, pp. 99-111.
- Siqueira, M. R. P. (2006). *Do Visível ao Indivisível: uma proposta de Física de Partículas Elementares para o Ensino Médio*. 257f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

Soares, M. B. (1989). *Alfabetização no Brasil: o estado do conhecimento*. Brasília: INEP/REDUC.

Valente, L. (2009). *A Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: caminhos para a sala de aula*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

Watanabe, G. (2012). *Construindo subsídios para a promoção da educação científica em visitas a laboratórios de pesquisa*. 225f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências)- Universidade de São Paulo, São Paulo.