

**Universidade Estadual do Ceará**

**Anderson Vieira Guimarães**

**UMA ANÁLISE SOBRE A FÍSICA  
MODERNA NO ENSINO MÉDIO**

**FORTALEZA – CEARÁ**

**2011**

**ANDERSON VIEIRA GUIMARÃES**

**UMA ANÁLISE SOBRE A FÍSICA MODERNA NO ENSINO  
MÉDIO**

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Licenciatura em Física do Centro de Ciências e Tecnologias da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciado em Física.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Eloísa Maia Vidal

**FORTALEZA – CEARÁ**

**2011**

G963a      Guimarães, Anderson Vieira  
              Uma análise sobre a física moderna no ensino  
              médio / Anderson Vieira Guimarães. — Fortaleza,  
              2011.  
              63 p.: il.  
              Orientador (a): Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Eloísa Maia Vidal.  
              Monografia (Licenciatura em Física) –  
              Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências  
              e Tecnologia.  
              1. Física moderna. 2. Ensino médio. I.  
              Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências  
              e Tecnologia.

CDD: 530.07

**ANDERSON VIEIRA GUIMARÃES**

**UMA ANÁLISE SOBRE A FÍSICA MODERNA NO ENSINO  
MÉDIO**

**Aprovada em: 20/07 /2011**

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Eloísa Maia Vidal  
Universidade Estadual do Ceará - UECE (Orientadora)

---

Prof. Dr. Emerson Mariano da Silva  
Universidade Estadual do Ceará - UECE

---

Prof. Ms. José Stênio Rocha  
Universidade Estadual do Ceará - UECE

Dedico este trabalho a minha mãe e a minha avó que sempre acreditaram no meu potencial e sempre fizeram de tudo para me proporcionar uma boa educação

## **Agradecimentos**

A Deus, que sempre me ajudou nos momentos mais difíceis e em segundo lugar a minha mãe e a minha avó que sempre me apoiaram e fizeram de tudo por mim. Vocês são tudo na minha vida!

A Mariana Vieira minha namorada por todos esses anos de muito carinho e companheirismo. Amo você!

Aos amigos Otávio Paulino, Cristiano Barros, Everton de Castro e Felipe Diego que sempre demonstraram ser verdadeiros amigos.

Aos professores do Curso de Graduação em Física da Universidade Estadual do Ceará e em especial à minha orientadora, Eloísa Maia Vidal que sempre mostrou ser uma grande profissional.

Enfim quero agradecer a todos que contribuíram de alguma forma para minha formação acadêmica.

“O mundo observado é apenas uma aparência; na realidade, nem sequer existe”

Erwin Schrödinger.

## **RESUMO**

O presente trabalho tem como objetivo trazer uma análise sobre o ensino de Física Moderna no Ensino Médio. Para isso na primeira parte é feita uma discussão filosófica sobre os termos competências, contextualização e interdisciplinaridade presentes nos PCN, PCN+ e Orientações Curriculares para o Ensino Médio 2006. Na segunda parte é feito uma discussão sobre o ensino de Física nas escolas brasileiras e logo em seguida é analisado o Ensino de Física Moderna no Brasil nos periódicos nacionais. Por último é feito uma análise sobre o ensino de Física Moderna nos livros didáticos avaliados pelo MEC.

Palavras-chave: Física Moderna, Ensino Médio.

## **ABSTRACT**

This work has the objective of bringing a theoretical study about Teaching of Modern Physics in High School. For this, in the first part is made a philosophical discussion about the terms competence, contextualization and interdisciplinary that can be found on PCN, PCN+ and curriculum guidelines for high school 2006. In the second part is made a discussion about the Teaching of Physics in the brazilian schools and then the Teaching of Modern Physics in Brazil on national journals is analyzed. Finally, the analysis about The Teaching of Modern Physics in the textbooks evaluated by MEC is done.

Keywords: Modern Physics, High School.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CNE - Conselho Nacional de Educação

DCNEM - Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

GREF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

LDB - Lei de Diretrizes e Bases

MEC - Ministério da Educação e Cultura

PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais

PCN+ - Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais

PNLEM - Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio

DELPHI - *Detector with Lepton Photon and Hadron Identification*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de funcionamento da câmara de ionização de um detector de fumaça ...	46
Figura 2 - A estrutura do pôster segundo os seus setores .....	35
Figura 3 - Conteúdo do setor 1 do pôster .....	36
Figura 4 - Conteúdo do setor 2 do pôster .....	37
Figura 5 - Conteúdo do setor 3 do pôster .....	38
Figura 6 - Visão geral do pôster .....	39
Figura 7 - a: Representação do dispositivo com o canhão e o alvo; b: Canhão que usa como projétil uma bolinha de aço .....	40
Figura 8 - As quantidades de movimento inicial e final da partícula alfa antes e depois da colisão com o núcleo .....	41
Figura 9 - Descrição do experimento de Geiger – Marsden .....	41
Figura 10 - Noção de tempo e espaço do ponto de vista da mecânica clássica e do ponto de vista relativístico .....	42
Figura 11 - Dilatação temporal .....	43
Figura 12 - Massa e energia do ponto de vista clássico e do ponto de vista relativístico.....	43
Figura 13 - Fator de Lorentz variando com a velocidade .....	49
Figura 14 - Ilustração do filme planeta dos macacos envolvendo a idéia de dilatação do tempo da teoria da Relatividade Especial .....	50
Figura 15 - Microscópio eletrônico de transmissão .....	51
Figura 16 - Comunicação Quântica .....	52
Figura 17 - Constituição do próton, nêutron e dos méson $\pi^+$ e $\pi^-$ .....	53
Figura 18 - Modelo atual do átomo .....	54
Figura 19 - Distorção na imagem de um cubo que se move próximo de c .....	55
Figura 20 - Exemplo de Fissão Nuclear .....	56

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Competências e habilidades a serem desenvolvidas em física de acordo com os PCN .....	18
Quadro 2 - Temas estruturadores propostos pelos PCN+ .....	21
Quadro 3 - Unidades temáticas dos temas estruturadores propostos pelos PCN+ .....	22
Quadro 4 - Seqüência 1 – Temas estruturados por série .....	22
Quadro 5 - Seqüência 2 – Temas estruturados por série .....	23
Quadro 6 - Seqüência 3 – Temas estruturados por série .....	23
Quadro 7 - Sequência didática a ser desenvolvida em um curso introdutório a Teoria da Relatividade Restrita .....	43
Quadro 8 - Relação dos livros didáticos de Física selecionados pelo PNLEM .....	48
Quadro 9 - Os seis tipos de quarks existentes .....	53

## Sumário

LISTA DE ABREVIATURAS	09
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE QUADROS	11
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2. A REFORMA DO ENSINO MÉDIO NA EDUCAÇÃO BRASILEIRA</b>	<b>15</b>
2.1. Competências e habilidades a serem desenvolvidas em Física	16
2.2. Contextualização e interdisciplinaridade nos documentos do Ensino Médio	20
<b>3. O ENSINO DE FÍSICA NAS ESCOLAS BRASILEIRAS</b>	<b>25</b>
3.1. Uso de novas tecnologias no Ensino de Física	29
<b>4. ENSINO DE FÍSICA MODERNA NO BRASIL NOS PERIÓDICOS NACIONAIS</b>	<b>31</b>
<b>5. O ENSINO DE FÍSICA MODERNA NOS LIVROS DIDÁTICOS AVALIADOS PELO MEC</b>	<b>48</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>58</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>60</b>

## 1. Introdução

Atualmente as instituições de ensino têm como foco ministrar conteúdos que são considerados importantes por constarem nas provas de vestibulares visando à aprovação de seus alunos nesses concursos. Porém, o vestibular é um parâmetro apenas relacionado ao domínio momentâneo do conhecimento, não se preocupando em avaliar se realmente houve uma aprendizagem significativa dos conceitos lecionados nas disciplinas.

Esse processo de avaliação torna o ensino da Física altamente desmotivante por parte dos alunos.

Defende-se nesse trabalho um ensino de Física que torne essa disciplina atrativa para o educando e que avalie o processo de formação humana, social e ética dos estudantes.

Nas ultimas décadas tem se discutido muito a introdução da Física Moderna no Ensino Médio como uma alternativa que pode deixar as aulas de Física mais atrativas visto que permite que os alunos dialoguem com os fenômenos físicos que estão por trás do funcionamento de aparelhos presentes no nosso dia a dia.

É de suma importância que o educando do ensino médio conheça os fundamentos da tecnologia atual, visto que essa tecnologia está presente em sua vida e certamente definirá o seu futuro profissional. Por isso é de fundamental importância a utilização de tópicos de Física Moderna no Ensino Médio.

O ensino de Física permite ao educando acesso a um conjunto de conhecimentos, entre eles, podemos citar a interpretação de fenômenos, fatos e processos naturais, porém esses conhecimentos não são aproveitados nas aulas de Física do ensino médio. Estudos mostram que o ensino de Física no nível médio enfrenta dificuldades quanto a motivação do aluno pela disciplina, um enfoque dirigido para memorização, um ensino descontextualizado e consequentemente fragmentado.

O presente trabalho tem como objetivo geral realizar uma análise sobre o ensino de Física Moderna no ensino médio a partir dos periódicos e dos livros didáticos. Para tanto, foram delineados os seguintes objetivos específicos:

- Analisar as recomendações propostas nos documentos oficiais sobre currículo (PCN e outros) acerca da inclusão de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.
- Verificar o que os livros selecionados pelo PNLEM 2006 trazem a respeito das propostas sugeridas pelos documentos oficiais.

- Investigar como os periódicos nacionais abordam os tópicos de Física Moderna para o Ensino Médio.

Com vistas a atingir os objetivos pretendidos, o trabalho está organizado em quatro capítulos conforme descrição a seguir. Na primeira parte é feito uma discussão filosófica sobre os termos competências, contextualização e interdisciplinaridade presente nos PCN, PCN+ e Orientações curriculares 2006, a fim de fornecer subsídios teóricos para a inserção definitiva da Física Moderna no currículo do Ensino Médio. O exercício da cidadania baseia-se no conhecimento das formas contemporâneas de linguagem e no domínio dos princípios científicos e tecnológicos que atuam na produção moderna.

Na segunda parte descreve-se o ensino de física nas escolas brasileiras abordando rapidamente o uso de novas tecnologias no ensino de Física, destacando-se o uso do software Modellus e o uso da internet. Em seguida é feito uma análise sobre o ensino de Física Moderna no Brasil presente nos periódicos nacionais.

Na última parte faz-se uma análise sobre o ensino de Física Moderna nos livros didáticos selecionados pelo PNLEM e por último é apresentado às considerações finais sobre o referente estudo proposto neste trabalho.

## 2. A Reforma do Ensino Médio na educação brasileira

A primeira LDB brasileira é de 1961, seguida por uma versão em 1971, que vigorou até a promulgação da mais recente em 1996. Essa lei define e regulamenta o sistema educacional brasileiro com base nos princípios presentes na Constituição de 1988.

A nova LDB estabelece que a educação brasileira compõe-se de educação básica e educação superior. A educação básica é formada pela educação infantil, ensino fundamental e ensino médio, logo o ensino médio passa a ser a última etapa da educação básica. Nela, a perspectiva é que se desenvolva no educando o exercício da cidadania, para o prosseguimento aos níveis mais complexos da educação, base para o acesso as atividades produtivas, ou seja, ao término do ensino médio o educando deve estar preparado para o exercício da cidadania e progredir no trabalho ou em estudos mais complexos.

A LDB/96, ao considerar o Ensino Médio como última e complementar etapa da Educação Básica, e a Resolução CNE/98, ao instituir as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, que organizam as áreas de conhecimento e orientam a educação à promoção de valores como a sensibilidade e a solidariedade, atributos da cidadania, apontam de que forma o aprendizado de Ciências e de Matemática, já iniciado no Ensino Fundamental, deve encontrar complementação e aprofundamento no Ensino Médio. (PCN - CNM, 2000, p. 6).

Conforme a Resolução CNE/98, a interdisciplinaridade merece uma atenção especial, pois as Ciências da Natureza e a Matemática devem ter uma relação com a área de Linguagens e Códigos e com as Ciências Humanas, cada uma delas acompanhadas de suas tecnologias, ou seja, temas que antes eram vistos como exclusivos de cada área passam a ser comuns a todas as três áreas.

As décadas de 1960 e 1970 marcam o avanço do processo de industrialização no Brasil e com isso as escolas de ensino médio tinham como prioridade formar cidadãos capazes de dominar os conhecimentos relacionados a maquinarias e a sistemas de produção. Na década de 1990, os processos produtivos começaram a mudar, passando a exigir muitas informações resultantes dos avanços tecnológicos e com isso as escolas precisaram reformular suas propostas pedagógicas. É nesse contexto que surgem os PCN.

Os PCN englobam várias exigências como, por exemplo, o artigo 1º § 2º que diz que a educação escolar deve vincular-se ao mundo do trabalho e à prática social. Podemos observar essas ideias no seguinte trecho “É necessário também que essa cultura em Física inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos, técnicos ou tecnológicos, do cotidiano doméstico, social e profissional” (PCN - CNM, 2000, p. 22).

Na concepção de MOREIRA (2000), as DCNEM e os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio definem melhorias para o ensino de física no Brasil uma vez que a perspectiva é de uma mudança radical, enfatizando a Física Moderna ao longo de todo o ensino médio, como um desdobramento de outros conhecimentos e não necessariamente como um tópico a mais de fim de curso, onde o ensino de física deve ser voltado para a cidadania, situações reais, elementos próximos, práticos e vivenciais do aluno.

## **2.1. Competências e habilidades a serem desenvolvidas em Física**

De acordo com Hosoume e Kawamura (2003) os conteúdos de física devem ser trabalhados a partir da realidade dos alunos, mostrando para estes como funciona o aparelho celular, o computador, etc. Para as autoras é necessário que as instituições de ensino elaborem projetos político-pedagógicos de acordo com os PCN, voltados para a realidade dos alunos e diante dos resultados obtidos devem discutir, trocar experiências e refletir sobre os erros a fim de obter resultados positivos.

Os avanços científicos e tecnológicos demandam a formação de cidadãos críticos e que conheçam, pelo menos, a base de funcionamento de certas tecnologias. Assim, a física no ensino médio têm uma importante função que é inserir as pessoas no mundo da ciência e tecnologia e torná-las conscientes com seus deveres e direitos.

As DCNEM se baseiam em três dimensões que são: a sensibilidade estética, a política da igualdade e a ética da identidade. A sensibilidade estética enfatiza uma abordagem da diversidade expressiva, ao ordenamento e a permanente estimulação pelas palavras, sons e expressões que entende, critica, contextualiza a fim de combater a exclusão, a intolerância e a intransigência que estão muito presente nas instituições de ensino e fora delas.

A política de igualdade visa preparar o jovem para a vida civil, reconhecendo os direitos humanos e os direitos e deveres para o exercício da cidadania. A política de igualdade deve estar presente nos conteúdos ministrados nas escolas, a fim de combater as desigualdades e preconceitos que existe na sociedade, conforme orienta os PCN (2000),

A política da igualdade, inspiradora do ensino de todos os conteúdos curriculares, é ela mesma, um conteúdo de ensino, sempre que nas ciências, nas artes, nas linguagens estiverem presentes os temas dos direitos da pessoa humana, do respeito, da responsabilidade e da solidariedade, e sempre que os significados dos conteúdos curriculares se contextualizarem nas relações pessoais e práticas sociais convocatórias da igualdade (p. 65).

A ética da identidade tem como fim mais importante a autonomia, “que é uma condição indispensável para os juízos de valor e as escolhas inevitáveis à realização de um projeto próprio de vida” (PCN – Bases legais, 2000, p. 66). Essa autonomia associada ao reconhecimento da identidade do próximo gera uma formação de pessoas solidárias e conscientes dos seus deveres, pois são autônomas.

Para Ramal (1999), nas DCNEM os conteúdos curriculares são instrumentos a serviço da formação de competências, habilidades e disposições de conduta.

Trata-se de investir na capacidade de aprendizagem, no desenvolvimento de maneiras próprias de pensar e de tomar decisões, na relação do indivíduo consigo mesmo e com a sociedade. Esses aspectos ficam evidentes na descrição das competências que dizem respeito a cada área curricular. Por exemplo, a área das ciências da natureza tem, entre os objetivos, "contribuir para o significado da ciência e da tecnologia na vida humana e social de modo a gerar protagonismo diante das inúmeras questões políticas e sociais..." (p. 4).

Segundo os PCN a Física é um conhecimento capaz de explicar os fenômenos macroscópicos e microscópicos existentes no universo, ao mesmo tempo em que permite o desenvolvimento de novas fontes de energia, produtos e tecnologias. Assim, a Física deve ser incorporada à cultura a fim de proporcionar ao educando uma compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos, tecnológicos do cotidiano doméstico e profissional.

É essencial também que o conhecimento físico aborde os processos históricos que levaram a sua elaboração e as diversas formas de expressão e produção humanas. É dentro desse enfoque, através de um ensino que proporcione uma visão da Física como cultura e instrumento tecnológico, que os termos competências e habilidades surgem nos PCN.

O quadro 1 mostra as competências e habilidades sugeridas pelos PCN para serem desenvolvidas em Física no ensino médio.

**Quadro 1: Competências e habilidades a serem desenvolvidas em Física de acordo com os PCN**

<b>Representação e comunicação</b>	<b>Investigação e compreensão</b>	<b>Contextualização sócio-cultural</b>
Compreender enunciados que envolvam códigos e símbolos físicos. Compreender manuais de instalação e utilização de aparelhos.	Desenvolver a capacidade de investigação física. Classificar, organizar, sistematizar. Identificar regularidades. Observar, estimar ordens de grandeza, compreender o conceito de medir, fazer hipóteses, testar.	Reconhecer a Física enquanto construção humana, aspectos de sua história e relações com o contexto cultural, social, político e econômico.
Expressar-se corretamente utilizando a linguagem física adequada e elementos de sua representação simbólica. Apresentar de forma clara e objetiva o conhecimento apreendido, através de tal linguagem.	Compreender a Física presente no mundo vivencial e nos equipamentos e procedimentos tecnológicos. Descobrir o “como funciona” de aparelhos.	Estabelecer relações entre o conhecimento físico e outras formas de expressão da cultura Humana.
Utilizar e compreender tabelas, gráficos e relações matemáticas gráficas para a expressão do saber físico. Ser capaz de discriminar e traduzir as linguagens matemática e discursiva entre si.	Construir e investigar situações-problema, identificar a situação física, utilizar modelos físicos, generalizar de uma a outra situação, prever, avaliar, analisar previsões.	Ser capaz de emitir juízos de valor em relação a situações sociais que envolvam aspectos Físicos e/ou tecnológicos relevantes.

Fonte: Parâmetros Curriculares Nacionais (Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias), p. 29.

De acordo com o quadro 1 percebe-se que os PCN apontam para um ensino voltado para o desenvolvimento de competências e habilidades gerais, rompendo com a postura propedêutica e memorística que sempre norteou as disciplinas do ensino médio brasileiro. Não faz sentido trabalhar tais competências de forma isolada, deve-se colocá-las lado a lado, para assim adquirirem um novo significado.

Percebemos também que os PCN propõem que as competências para utilizar os objetos da física não são obtidas somente com o estudo da física em si, mas podem ser obtidas com as outras áreas do conhecimento, por exemplo, o conceito de tempo na física é entendido como uma grandeza escalar que é utilizada para o estudo dos movimentos que pode ser representado graficamente em um sistema de coordenadas, porém o tempo acompanha processos biológicos, químicos e tudo que esta à nossa volta.

No ensino fundamental o ensino de Física deve privilegiar um mundo vivencial mais imediato, tratando do ambiente, da Terra e assim por diante, mais voltado para uma abordagem integrada das ciências. Já no ensino médio o ensino de Física deve ganhar uma abrangência maior, e ao mesmo tempo certa especificidade, ou seja, os objetos da Física passam a ser compreendidos com certa especificidade que dá consistência ao saber da física e ao mesmo tempo esses objetos ganham uma abrangência maior quando passam a ser

abordados do ponto de vista da biologia, química e das outras áreas do conhecimento, permitindo assim um olhar investigativo sobre o mundo real.

Há uma grande discussão por parte dos profissionais da educação sobre a generalidade que se apresenta nos termos competências, habilidades, interdisciplinaridade e contextualização. O motivo para tantas críticas surge do fato de os PCN não especificarem uma estruturação conceitual para tais termos, gerando assim uma série de interpretações.

Ricardo e Zylbersztajn (2008) realizaram uma pesquisa em 2003 e 2004, com enfoque qualitativo que consistiu em entrevistas semi-estruturadas com sete dos nove nomes que constam nos PCN como coordenador da área e consultores, para as Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Os autores entrevistaram também oito dos nove nomes que aparecem como coordenação de área e elaboração geral e de disciplinas. De todos os entrevistados somente um não participou da elaboração dos PCN e PCN+.

A pesquisa trouxe resultados interessantes que nos ajudam a compreender um pouco como esses termos tiveram suas origens. Com respeito às competências e habilidades os autores encontraram respostas que se referem ao campo da psicologia da aprendizagem e as experiências profissionais que os membros do grupo tiveram, como as seguintes.

A competência seria mais ligada às estruturas cognitivas, seria operações mentais das estruturas cognitivas em relação ao objeto, em relação a fatos. E a habilidade estaria mais em saber fazer; é o fazer das competências. Então, essa é a idéia que regia muito (A4) (p. 262).

(...) quando nos convidaram para fazer os PCN, eu fui lá, poderia ser qualquer direção, eu iria propor o meu amadurecimento em termos de GREF. Então, se você perguntar: nós propusemos competências e habilidades? Eu vou dizer: não! Eu fui adaptar o que eu enxergo por educação em termos de competências e habilidades (A2) (p. 262).

As divergências das respostas mostram que não existe uma distinção entre esses termos nos PCN, contanto que nos PCN+ o termo habilidades desaparece.

Segundo Silva (2008), citada em Ricardo e Zylbersztajn (2008) “as distintas formas de expressar o que se há de entender por competências evidenciam as ambiguidades presentes em documentos e proposições oficiais” (p. 265). Para a autora as ambiguidades presentes nas DCNEM e nos PCN, tornam praticamente inviável a utilização destes como conceito norteadores do currículo.

O que seria então as competências? Para Perrenoud (1999 apud Ricardo, 2003) seria “uma capacidade de agir eficazmente em um determinado tipo de situação, apoiada em conhecimentos, mas sem se limitar a eles” (p. 10).

## 2.2. Contextualização e interdisciplinaridade nos documentos do Ensino Médio

Nos PCN os termos contextualização e interdisciplinaridade aparecem como um conjunto de ideias que transcendem domínios disciplinares estritos a uma única disciplina, ou seja, através da interdisciplinaridade e contextualização os conceitos apresentados em uma determinada disciplina passam a transitar nas outras disciplinas de uma forma mais crítica. A problemática sócio-ambiental e as questões econômico produtivas passam a ser discutidas por meio das três áreas de conhecimento, ou seja, Ciências da Natureza e Matemática, Ciências Humanas e Linguagens e Códigos, cada uma delas acompanhadas de suas tecnologias.

A contextualização tem como principal objetivo eliminar o ensino propedêutico e trazer sentido ao que está sendo ensinado ao aluno, propiciando assim um ambiente em que ele possa problematizar o que está sendo ensinado e buscar um conhecimento que ainda não tem.

A interdisciplinaridade não é apenas uma prática metodológica, ela é algo mais complexo que os PCN não definem com precisão, no entanto, é possível adotar a definição de Ricardo (2003), qual seja,

É a complexidade do objeto que se pretende conhecer/compreender que exige reconhecer e ultrapassar os limites, de uma única disciplina. É o diálogo, o complemento, o confronto com outros conhecimentos com vistas a uma melhor compreensão do mundo. Isso coloca a interdisciplinaridade em uma dimensão epistemológica e não apenas uma prática metodológica, ou multidisciplinar, ou ainda simples exemplos ilustrativos que envolvam outras áreas (p. 11).

As Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) afirmam que não existem fórmulas prontas para se colocar em prática as novas diretrizes, pelo contrário, depende-se de um movimento contínuo de reflexão e investigação permeada de constante diálogo. Para isso, este documento traz elementos que podem auxiliar o professor em suas escolhas e práticas, aprofundando assim, o sentido de solidificar melhor as habilidades e competências como conhecimentos, atitudes e valores que a escola deveria ter por meta promover no Ensino Médio.

Os PCN+ trazem de uma forma mais clara a relação entre os termos competências, interdisciplinaridade e contextualização. A contextualização gera a interdisciplinaridade que articula o trabalho das disciplinas, promovendo as competências, conforme afirma o documento:

Nessa nova compreensão do ensino médio e da educação básica, a organização do aprendizado não seria conduzida de forma solitária pelo professor de cada disciplina, pois as escolhas pedagógicas feitas numa disciplina não seriam independentes do tratamento dado às demais, uma vez que é uma ação de cunho interdisciplinar que articula o trabalho das disciplinas, no sentido de promover competências.

As linguagens, ciências e humanidades continuam sendo disciplinares, mas é preciso desenvolver seus conhecimentos de forma a constituírem, a um só tempo, cultura geral e instrumento para a vida, ou seja, desenvolver, em conjunto, conhecimentos e competências. Contudo, assim como a interdisciplinaridade surge do contexto e depende da disciplina, a competência não rivaliza com o conhecimento; ao contrário, se funda sobre ele e se desenvolve com ele. (PCN+, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, p. 13 e 14).

Para as disciplinas trabalharem de forma integrada, os PCN+ reforçam as três dimensões já propostas nos PCN para cada disciplina: investigação e compreensão, representação e comunicação e por último e não menos importante a contextualização sócio-cultural e histórica.

Na dimensão investigação e compreensão no caso da Física são investigados os fenômenos físicos. Na dimensão representação e comunicação o objetivo é explorar a linguagem específica da física e às formas de expressão próprias do seu campo. Na dimensão da contextualização sócio-cultural e histórica o objetivo é aproximar a física das ciências humanas através dos aspectos históricos e sociais envolvidos na produção de seu conhecimento e no desenvolvimento tecnológico.

Para os PCN+ as instituições de ensino devem privilegiar os conteúdos que melhor trabalhem as competências, habilidades, conhecimentos e valores desejados, ou seja, os conteúdos que gerarem competências e conhecimentos serão os estruturadores do currículo. Esses conteúdos estruturadores só serão obtidos através de tentativas, críticas, reflexões e erros por parte dos profissionais da educação.

Segundo os PCN+, alguns temas podem funcionar como estruturadores do currículo de física no ensino médio, conforme quadro 2.

**Quadro 2: Temas estruturadores propostos pelos PCN+**

<b>Temas estruturadores</b>	
<b>Mecânica</b>	Movimentos: variações e conservações
<b>Fenômenos Térmicos</b>	Calor, ambiente e usos de energia
<b>Ótica e ondas mecânicas</b>	Imagem e som
<b>Eletricidade e eletromagnetismo</b>	Equipamentos elétricos e telecomunicações
<b>Física Moderna</b>	Matéria e radiação
<b>Cosmologia</b>	Universo, Terra e vida

Fonte: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, 2002.

Cada tema estruturador apresentado no quadro 2 pode ser dividido em unidades temáticas, como mostra o quadro 3.

**Quadro 3 - Unidades temáticas dos temas estruturadores propostos pelos PCN+.**

<b>Unidades temáticas</b>	
<b>Movimentos: variações e conservações</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fenomenologia cotidiana</li> <li>2. Variação e conservação da quantidade de movimento</li> <li>3. Energia e potência associadas aos movimentos</li> <li>4. Equilíbrios e desequilíbrios</li> </ol>
<b>Calor, ambiente e usos de energia</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fontes e trocas de calor</li> <li>2. Tecnologias que usam calor: motores e refrigeradores</li> <li>3. O calor na vida e no ambiente</li> <li>4. Energia: produção para uso social</li> </ol>
<b>Imagem e som</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fontes sonoras</li> <li>2. Formação e detecção de imagens</li> <li>3. Gravação e reprodução de sons e imagens</li> <li>4. Transmissão de sons e imagem</li> </ol>
<b>Equipamentos elétricos e telecomunicações</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aparelhos elétricos</li> <li>2. Motores elétricos</li> <li>3. Geradores</li> <li>4. Emissores e receptores</li> </ol>
<b>Matéria e radiação</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Matéria e suas propriedades</li> <li>2. Radiações e suas interações</li> <li>3. Energia nuclear e radioatividade</li> <li>4. Eletrônica e informática</li> </ol>
<b>Universo, Terra e vida</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Terra e sistema solar</li> <li>2. O Universo e sua origem</li> <li>3. Compreensão humana do Universo</li> </ol>

Fonte: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, 2002.

Os PCN+ sugerem que para cada série do ensino médio poderia ser abordado um tema estruturador por semestre, como mostra os quadros 4, 5 e 6.

**Quadro 4 - Sequência 1 – Temas estruturados por série**

	<b>1ª série</b>	<b>2ª série</b>	<b>3ª série</b>
<b>1º semestre</b>	1. Movimentos: variações e conservações	3. Som, imagem e Informação	5. Matéria e radiação
<b>2º semestre</b>	2. Calor, ambiente e usos de energia	4. Equipamentos elétricos e telecomunicações	6. Universo, Terra e vida

Fonte: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, 2002.

**Quadro 5 - Seqüência 2 - Temas estruturados por série**

	1ª série	2ª série	3ª série
1º semestre	2. Calor, ambiente e usos de energia	4. Equipamentos elétricos e telecomunicações	5. Matéria e radiação
2º semestre	1. Movimentos: variações e conservações	3. Som, imagem e Informação	6. Universo, Terra e vida

Fonte: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, 2002.

**Quadro 6 - Seqüência 3 - Temas estruturados por série**

	1ª série	2ª série	3ª série
1º semestre	6. Universo, Terra e vida	3. Som, imagem e Informação	4. Equipamentos elétricos e telecomunicações
2º semestre	1. Movimentos: variações e conservações	2. Calor, ambiente e usos de energia	5. Matéria e radiação

Fonte: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, 2002.

Os PCN+ ilustram com exemplos envolvendo o tema estruturador matéria e radiação da física moderna como desenvolver uma seqüência didática.

Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e *lasers* presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve, ainda, incluir as interações no núcleo dos átomos e os modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas. Mas será também indispensável ir mais além, aprendendo a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos. Ou seja, o estudo de **matéria e radiação** indica um tema capaz de organizar as competências relacionadas à compreensão do mundo material microscópico. (PCN+, p. 70).

Os PCN+ também defendem as formas de expressão do saber da física, com isso, as aulas tradicionais com resolução de problemas e uso de muitas fórmulas não são suficientes. Já as aulas que abordam as diferentes formas de expressão do saber da física, como o uso de fotos, vídeos, linguagem computacional, e até a linguagem corporal e artística possibilitam o surgimento de uma maior dinâmica em sala de aula, ampliando as possibilidades de trabalhar na perspectiva contextualizada e interdisciplinar.

A Física como cultura pode estar presente na vida social, através de museus, centros de ciências, letras de músicas, performances musicais e muitas alternativas. Se a física passar a ser abordada com uso desses recursos considerando a história do conhecimento técnico e científico, os alunos poderão ter uma visão mais humana e social da disciplina.

As Orientações Curriculares de 2006 são um conjunto de reflexões para auxiliar a prática docente dos professores. O objetivo da elaboração deste documento foi aprofundar alguns pontos que ficaram obscuros nos PCN, e propor alternativas didático-pedagógicas para a estruturação do currículo. Segundo ela “o currículo é a expressão dinâmica do conceito que a escola e o sistema de ensino têm sobre o desenvolvimento dos seus alunos e que se propõe a realizar com e para eles” (p. 9).

De acordo com as Orientações Curriculares (2006), a contextualização pode ter duas dimensões: através da história e filosofia da ciência, e através do conhecimento científico com o cotidiano. Na história e filosofia da ciência a contextualização surge através da evolução histórica que levou as ideias da teoria que estão sendo abordadas pelo professor.

Na relação do conhecimento científico com o cotidiano, a contextualização surge em cima do saber que o aluno possui sobre determinado fenômeno que o professor está abordando, de forma que o aluno sinta necessidade, ou seja, o aluno reflita e se conscientize que o seu conhecimento é supérfluo e que para entender o fenômeno estudado precisará recorrer a um conhecimento mais sofisticado.

A interdisciplinaridade é algo mais complexo de ser definido que os PCN não definiram claramente e os PCN+ definiram um pouco melhor. Para as Orientações Curriculares a interdisciplinaridade surge a partir de algum tema que o professor esteja abordando, e que o seu entendimento ultrapassa os conhecimentos de uma única disciplina, necessitando mobilizar saberes de um campo mais amplo de conhecimento, envolvendo outras disciplinas. Neste sentido, segundo as Orientações Curriculares (2006), “essa interpretação da interdisciplinaridade pertence ao campo epistemológico, pois é a própria complexidade do objeto que se pretende conhecer que exige ultrapassar fronteiras disciplinares” (p. 52).

### **3. O ensino de Física nas escolas brasileiras**

Segundo Moreira (2000), as escolas secundárias no Brasil ensinam física com livros de má qualidade e os conteúdos vistos são aqueles que caem no vestibular, e nos cursos de graduação prevalece a oligarquia dos livros clássicos. Segundo o autor, as Diretrizes Curriculares e os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio definem melhorias para o ensino de Física no Brasil.

Na visão de Gobara e Garcia (2007), a educação no Brasil é marcada por uma profunda desigualdade social desde o começo de sua história, desigualdade essa que faz com que o ensino de física no Brasil seja ruim. Os autores apresentam medidas para melhorar a educação no Brasil entre elas a valorização do magistério, equipamentos modernos nos laboratórios para melhor compreensão dos fenômenos físicos e uma reciclagem dos professores com técnicas pedagógicas modernas.

Diante do grande avanço tecnológico da sociedade é preciso formar cidadãos críticos e que conheçam pelo menos a base do funcionamento de certas tecnologias, logo a física no ensino fundamental e médio têm uma importante função que é inserir as pessoas no mundo da tecnologia e torná-las conscientes com seus deveres e direitos.

De acordo com Schroeder (2007), o ensino de física nas quatro primeiras séries do ensino fundamental é importante para o desenvolvimento crítico das crianças e possibilita que estas tenham acesso a coleta de dados e elaboração de relatórios, que futuramente irá facilitar o aprendizado na física formal do ensino médio. Segundo Smith, citado em Schroeder (2007), se os estudantes forem orientados desde cedo por seus professores e o resto do corpo docente especializado na educação estes iram aprender os conteúdos com mais clareza.

O autor também discute que não é preciso uma formação em Física para ensinar nas quatro primeiras séries do ensino fundamental e ressalta que se todas as escolas se adaptarem para ensinar física nas séries iniciais a educação no Brasil vai melhorar.

De acordo com Ricardo e Freire (2007), grande parte dos alunos do ensino médio não sabe o motivo de estudar Física e outra parte desses alunos acha que a Física é uma matéria complexa e não vêem importância alguma para a sociedade.

Os autores apresentam uma pesquisa realizada por alunos do curso de Licenciatura em Física da Universidade Católica de Brasília, que consistiu em um questionário de cinco questões e como resultado da pesquisa os autores concluíram que grande parte dos alunos do

ensino médio não sabe distinguir matemática de física. Foi constatado também que a tecnologia como objeto de ensino presente nos PCN, encontra dificuldades de implementação nas escolas, visto que grande parte dos alunos não via relação alguma da Física com a tecnologia presente no nosso cotidiano.

Chevallard, citado em Ricardo e Freire (2007), se baseia na epistemologia de Thomas Kuhn para iniciar uma discussão sobre os saberes escolares, ou seja, tudo começa a partir de um saber popular que geralmente parte de uma observação ou de alguma vivência de um determinado grupo e diante desse saber as pessoas refletem, discutem esse saber e diante dos resultados obtidos esse processo desencadeará um saber científico.

A partir dos saberes científicos são impostos os conhecimentos nas escolas e Chevallard inicia uma discussão sobre os conhecimentos impostos nas escolas tendo como finalidade uma revisão desses assuntos para atender a realidade dos alunos.

Os autores concluem que o ensino de física deve estar inserido nas tecnologias e principalmente na concepção histórica, pois diante do conhecimento histórico os alunos poderão entender como surgiram às teorias físicas e como a matemática foi utilizada pra explicar esses fenômenos e assim distinguirem matemática de física.

De acordo com Rezende, Ostermann e Ferraz (2009), as pesquisas sobre o estudo de física no ensino médio se concentra na temática ensino-aprendizagem. As autoras tiveram como base de dados de edições de 2000 a 2007 de vários periódicos nacionais entre eles a Revista Brasileira de Ensino de Física e o Caderno Brasileiro de Ensino de Física. A temática ensino-aprendizagem de física foi dividida em oito sub-temas, no qual laboratório didático foi o tema de maior estudo.

Para essas autoras os laboratórios devem ser ambientes de discussão e reflexão sobre os fenômenos físicos e não apenas ambientes de reprodução de experimentos, logo elas concluem que o ensino-aprendizagem deve conter várias vertentes desde as epistemologias até o laboratório.

Atualmente o ensino é visto como um objeto abstrato, os conteúdos ministrados em sala de aula não apresentam interesse para os alunos, sendo que grande parte desse desinteresse se deve ao fato de o ensino de física ser baseado em aulas monótonas envolvendo muitas fórmulas. Diante desses empecilhos vários especialistas sugerem o uso de técnicas inovadoras para o ensino de física e o ato de experimentar surge como uma solução para esses obstáculos.

Araújo e Abib (2003) selecionaram cento e seis artigos correspondentes ao período de 1992 a 2001 e dividiram em cinco grupos (ênfase matemática, grau de direcionamento que

possui caráter de demonstração, investigação e verificação, uso de novas tecnologias, cotidiano e montagem de equipamentos).

Os autores destacam que os experimentos podem ser de caráter qualitativo e quantitativo. Os experimentos de caráter qualitativo englobam experimentos com um menor rigor matemático com laboratórios não estruturados e os quantitativos utilizam roteiros e equipamentos de laboratório, ou seja, são mais formais. Eles concluem que as diferentes metodologias proporcionam um ambiente escolar motivador para os alunos, pois diversos experimentos podem ser realizados com diferentes finalidades, entre elas de demonstração de um fenômeno físico ou verificação de uma determinada constante utilizada nos livros.

Uma nova técnica de ensino aparece no artigo de Sismanoglu et al. (2009), com a utilização tecnologias baratas e ao mesmo tempo atrativas para os alunos. Ela visa proporcionar aos alunos uma melhor compreensão dos conceitos de mecânica como força, quantidade de movimento e conservação de energia. Os autores realizaram dois experimentos com correntes de elos em queda e foram obtidos gráficos da força em função do tempo, sendo utilizados nos dois casos os materiais como uma mola, filmadora digital e um software.

Para os autores a câmera de vídeo e o uso do software surgem como uma motivação para os alunos e satisfazem um dos cinco grupos do artigo de Araújo e Abib (2003) que é o uso de novas tecnologias.

Werlang, Schneider e Silveira (2008) se baseiam na teoria de Vygostsky em que o conhecimento ocorre por meio da interação social e da linguagem. Através da interação social professores e alunos em conjunto constroem o conhecimento e a linguagem que pode ser (oral, escrita, gestual, matemática, artística e musical) é o principal mediador para o aprendizado.

Os autores desenvolveram um material composto de dois módulos para alunos do curso técnico de agricultura e zootecnia do CEFET de São Vicente do Sul. A duração foi de 19 horas-aula e a novidade desses materiais foi trazer o conteúdo de fluidos voltado para a realidade desses alunos. Foram apresentadas aulas com vídeos, animações feitas em computador e experimentos voltados para o conteúdo de fluidos mostrando a aplicação nas respectivas áreas citadas acima.

Os autores concluem que o ensino de Física inserido a novas tecnologias facilita o aprendizado do aluno e que os professores devem se modernizar para elaborarem aulas mais prazerosas para os alunos.

Com a finalidade de propiciar aos alunos uma melhor compreensão da importância dos satélites e como estes realizam o seu movimento de rotação Reis et al. (2008) apresentam um

experimento de baixo custo bastante interessante. Eles utilizaram uma latinha de refrigerante, balde cheio de água, pregos, linha de anzol de pesca e uma caneta vermelha. O experimento consistiu em fazer furos na latinha e enchê-la com a água do recipiente e depois suspender a latinha com a linha presa na sua extremidade e observar que a latinha sofre um torque e realiza rotação em torno do eixo do barbante devido à água que jorra através das fendas.

Os autores concluem que essa atividade experimental tem um caráter qualitativo, pois contribui para uma reflexão crítica dos alunos e para integração social e, ao mesmo tempo, um caráter quantitativo, pois proporciona aos alunos terem acessos a dados como quantas voltas à latinha pode dar até que a água acabe; quantas vezes o experimento deve ser repetido, como seria a curva gerada dessa atividade.

Com o objetivo de melhorar a qualidade do ensino em Física Donoso et al. (2008) falam sobre um instrumento que ilustra bem a riqueza da física que se encontra na acústica musical de um violino. Os autores apresentam uma descrição geral do instrumento, em seguida analisam a ressonância do ar na cavidade e fazem uma analogia dos osciladores, mecânico, elétrico e acústico, apresentando a importância do cavalete, arco, arcada e por último trazem os problemas da afinação.

Na descrição geral os autores falam dos três grandes nomes do começo da *lutherie* de violinos que são Gaspard Duiffoprugcar, Gasparo Da Salo e Andrea Amati e apresentam as partes do violino. Na ressonância do ar dentro do volume os dois orifícios em forma de “f” permitem considerar a caixa do violino como um ressonador de Helmholtz e com isso as ondas sonoras nesse volume de ar se comportam como um oscilador acústico. Isso permite que os autores façam uma analogia com os modelos mecânico e elétrico. O arco produz na corda uma vibração que não é senoidal, a onda produzida é da forma dente de serra que produz sons ricos em harmônicos. O cavalete transforma as vibrações horizontais em verticais e depois transmite a vibração das cordas para o corpo do instrumento.

Os autores concluem que a ligação da física com a música através da interdisciplinaridade são fatores motivadores para os alunos estudarem física e conseqüentemente aprenderem os fenômenos físicos.

A ideia de campo não nasceu da necessidade de explicar um conjunto de fenômenos físicos e sim de uma metafísica da natureza (do conjunto de princípios que regem nossa representação do mundo), elaborada por Descartes, modificada por Newton e que influenciou Oesterd e Faraday, que se apóiam nas teorias dominantes da ação a distância dos seguidores de Newton, Laplace e Ampère.

No artigo de Rocha (2009) vemos que Newton introduziu a ideia de ação a distância mesmo sem se preocupar com as causas da gravidade, embora a ideia de ação a distância não explicasse como um corpo exerce força sobre o outro. No século XIX, Faraday introduziu o conceito de linhas de força para descrever as interações eletromagnéticas, o que o leva a admitir a existência de um campo de forças como única substância física.

Aristóteles introduziu a ideia de éter como uma substância que constituía a esfera celeste. No século XIX a ideia do éter sofreu novas modificações com Huygens (éter luminífero) e Fresnel que acreditava que o éter deveria se comportar como um sólido elástico e não como um fluido, como acreditava Huygens.

Maxwell assume o imenso legado de Faraday, efetuando algumas mudanças. Com ele a ideia de campo adquire uma formulação matemática precisa. As equações de Maxwell apresentam uma formulação matemática unificada das leis de Coulomb, Oersted, Ampère, Biot/Savart, Faraday e Lenz, expressando essas leis na forma de quatro equações.

O autor conclui que a ideia do éter deu suporte inicial para a noção do campo e que o conceito de campo tem um maior potencial quando visto do ponto de vista histórico e não apenas do matemático.

### **3.1. Uso de novas tecnologias no Ensino de Física**

A tecnologia tem proporcionado uma melhoria na qualidade do ensino, logo a internet e o uso de softwares educacionais estão se tornando indispensáveis. Nesse contexto a modelagem surge como uma ferramenta para o ensino de física obedecendo aos parâmetros curriculares nacionais.

No artigo de Veit e Teodoro (2002), o software Modellus é utilizado como uma ferramenta pedagógica para modelagem no ensino de física e matemática. Os autores também ressaltam que o uso do computador proporciona interdisciplinaridade nas áreas do conhecimento que são Linguagens e Códigos, Ciências da Natureza e Matemática e Ciências Humanas.

O Modellus não utiliza linguagem de programação, logo se torna mais fácil sua utilização por parte dos alunos e ao mesmo tempo proporciona a estes terem acesso a gráficos, figuras, animações ou simulação de fenômenos obedecendo assim aos PCNEM. Os autores concluem que a modelagem é um dos meios indispensáveis para uma mudança radical do ensino médio e eleva o nível do processo cognitivo, exigindo que os estudantes pensem num nível mais elevado, generalizando conceitos e relações.

As novas tecnologias de comunicação tornam-se, a cada dia, um meio mais rápido de acesso à informação, e a internet provocou um grande impacto em diversos setores especialmente na educação, com a promessa de construção de ambientes educacionais inovadores.

Pires e Veit (2006) construíram um *site* sobre gravitação e temas afins com diversos vídeos e simulações interativas tipo *applet-java*, e utilizaram como suporte para o curso a plataforma de educação a distância TelEduc. O curso foi posto em prática, em duas turmas da primeira série do ensino médio do colégio Salesiano Dom Bosco na cidade de Porto Alegre e teve a duração de quatro semanas com a carga horária de aproximadamente 12 horas.

Os autores se basearam nas teorias da aprendizagem de Ausubel, Novak e Gowin. Para Ausubel, às novas informações que o indivíduo irá adquirir encontra um modo de se integrar as informações que o indivíduo já conhece. Para Novak esse conhecimento tem um caráter construtivista, ou seja, o indivíduo pode evoluir seu conhecimento à medida que cede espaço para integrar novos conhecimentos. Gowin propõe uma relação triádica entre estudante, materiais educativos e professor, cujo objetivo é compartilhar significados. Eles concluem que os alunos se motivaram mais pela Física e que o curso minimizou os efeitos da carga horária reduzida da Física do ensino médio.

#### 4. Ensino de Física Moderna no Brasil nos periódicos nacionais

Pereira e Ostermann (2009) realizaram uma pesquisa sobre o ensino de Física Moderna e Contemporânea envolvendo todos os níveis de ensino. Para isso consultaram artigos em revistas da área de ensino de ciências do Brasil e do exterior, publicados de 2001 a 2006, totalizando uma amostra de 102 trabalhos.

Os autores classificaram os trabalhos consultados em quatro categorias:

1. Propostas didáticas em sala de aula;
2. Levantamento de concepções;
3. Bibliografia de consulta para professores;
4. Análise curricular.

A escolha dos periódicos foi baseada no sistema de avaliação de qualidade de periódicos da Capes, sendo selecionadas as revistas classificadas como Quallis Nacional A, Nacional B e Internacional A da época.

Os autores concluem que dos 102 artigos consultados 52 foram classificados como bibliografia de consulta para professores e os outros 50 foram distribuídos nas demais categorias.

Na categoria propostas didáticas em sala de aula os autores dividiram os trabalhos em cinco linhas de pesquisa:

1. Estratégia para abordar Física Moderna e Contemporânea no ensino médio;
2. Mudanças no ensino de Física Moderna e Contemporânea em nível superior;
3. Uso de tecnologias de informação e comunicação;
4. Abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade;
5. Articulação com a História e a Filosofia das Ciências.

Das estratégias para abordar Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, os autores citam Silva e Kawamura (2001), Johansson et al. (2001), Budde et al. (2002), Kalkanis et al. (2002), Paulo e Moreira (2004), Ostermann e Moreira (2004) e Pérez e Solbes (2006).

Silva e Kawamura (2001) utilizaram materiais de divulgação científica como recurso didático para abordar o tema dualidade onda-partícula nas aulas de Óptica no ensino médio. Os autores elaboraram na sala de aula com os alunos as atividades a serem desenvolvidas no curso, entre elas foram incluídas, aulas expositivas, leitura de artigos de divulgação científica, leitura de livros didáticos e troca de experiências. Os autores concluíram através do grau de

participação dos alunos e do nível das perguntas no início e no final do curso que os resultados foram satisfatórios.

Johansson et al. (2001) realizaram na Universidade de Estocolmo um curso sobre astronomia e um curso sobre Física de Partículas voltados para alunos do ensino médio. No curso sobre Física de Partículas os estudantes utilizaram os dados do detector DELPHI disponível na internet e analisaram 100 eventos onde a partícula  $Z^0$  decaía em léptons ou em quarks. O objetivo desse curso consistiu em fazer com que os estudantes reconstruíssem os rastros criados durante os experimentos com colisões de partículas. Os autores concluíram que os alunos tiveram a chance de se familiarizar com o método científico e tiveram a chance de entender como funciona o mundo das partículas subatômicas.

No uso de tecnologias de informação e comunicação os autores citam Müller e Wiesner (2002), Ostermann e Ricci (2004), Trindade et al. (2005), Machado e Nardi (2006) e Gunel et al. (2006). Müller e Wiesner (2002) realizaram um curso introdutório a Mecânica Quântica através do estudo de interferometria quântica no experimento de dupla fenda e no interferômetro de Mach-Zehnder, utilizando os laboratórios virtuais como suporte. Segundo os autores os resultados da avaliação do curso mostraram que os estudantes adquiriram concepções apropriadas ao mundo quântico.

Machado e Nardi (2006) realizaram um curso para alunos do terceiro ano do ensino médio. O curso consistiu na utilização de um software educacional que se baseia na teoria da aprendizagem de Ausubel e é constituído de seis módulos didáticos: Visão Geral, Teoria da Relatividade Especial, Tecnologia e Sociedade, História da Ciência, Filosofia e Ciência e Fronteiras da Ciência. Os resultados mostraram que o uso do computador acoplado ao software e a teoria da aprendizagem de Ausubel foram elementos facilitadores da aprendizagem.

Gunel et al. (2006) mostraram que a escrita acoplada as tecnologias é elemento facilitador do aprendizado. Os autores utilizaram um pré e um pós-teste para comparar o desempenho de dois grupos de alunos sobre os temas, efeito fotoelétrico e o modelo atômico de Bohr.

No pré-teste os dois grupos apresentaram um resumo manual sobre os temas efeito fotoelétrico e modelo atômico de Bohr, no pós-teste um dos grupos utilizou a ferramenta powerpoint como apresentação e o outro grupo novamente um resumo manual. O grupo que utilizou o powerpoint teve uma pontuação melhor do que o grupo que não utilizou.

Na abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade os autores citam Carstens-Wickham (2001), Samagaia e Peduzzi (2004) e Kofoed (2006). Samagaia e Peduzzi (2004) criaram um

módulo didático sobre Física Moderna e Contemporânea no contexto do Projeto Manhattan. Para isso utilizaram como estratégia didática a técnica psicoterápica RPG (*Roleplaying Game*), que consistiu na criação de uma história fictícia que reproduziu a segunda guerra mundial. Como resultado os autores concluíram que os alunos se sentiram motivados e foram bastante receptivos com essa estratégia.

Na articulação com a História e a Filosofia das Ciências os autores citam Peduzzi (2004), Peduzzi e Basso (2005) e Köhnlein e Peduzzi (2005). Köhnlein e Peduzzi (2005), implementaram um módulo didático baseado na abordagem histórico-filosófica sobre a Teoria da Relatividade Restrita para uma turma do ensino médio. A abordagem consistiu em uma ruptura de paradigmas, onde os autores mostravam que a Mecânica Clássica não conseguia mais explicar novos problemas que surgiam e com isso se via a necessidade do surgimento de outra teoria, cuja solução veio com a Relatividade Restrita. Os resultados mostraram mudanças nas concepções de ciência vigentes por parte dos alunos dessa turma do ensino médio.

Na categoria levantamento de concepções os trabalhos buscam levantar, modelos mentais, dificuldades, atitudes, perfis conceituais, entre outros.

Pérez e Solbes (2003), citados em Pereira e Ostermann (2009) fizeram uma investigação sobre a inserção de temas de Relatividade Especial no ensino médio. A investigação foi constituída em três etapas: 1) análise dos livros do ensino médio; 2) análise de um questionário aplicado a professores de ensino médio envolvendo temas acerca de suas atitudes e de suas propostas sobre a abordagem da Relatividade Especial; 3) análise das respostas de um questionário sobre conceitos clássicos da Relatividade Especial por parte dos alunos. Os autores concluem que os livros de nível médio não abordam os conceitos de tempo e espaço adequadamente e os professores não refletem sobre suas abordagens em cima desse tema.

Na categoria análise curricular, Pereira e Ostermann (2009), descrevem “trabalhos que apresentam a análise de currículos de física e mudanças curriculares, análise de livros didáticos que abordam temas de Física Moderna e Contemporânea e uma revisão da literatura” (p. 412).

Marques e Silva (2005) visam através de projetos paralelos inserir conteúdos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. Os autores inicialmente disponibilizaram materiais sobre astronomia para uma instituição de ensino localizada no Rio de Janeiro, visando incentivar os alunos a participarem da V Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA).

Os alunos da instituição de ensino logo se interessaram pelo tema e pediram aulas expositivas sobre temas de astronomia visando à prova da OBA.

Através de vídeos, figuras, gráficos e *sites* da internet os autores abordaram diversos temas de astronomia. Desse contexto surgiram curiosidades por parte dos estudantes que começaram a fazer perguntas relativas à astronomia e que permeiam a Física Moderna e Contemporânea. Nesse contexto os autores mostraram que os assuntos Relatividade Especial, Quântica, Relatividade Geral e Física Nuclear estavam interligados aos assuntos abordados em Astronomia.

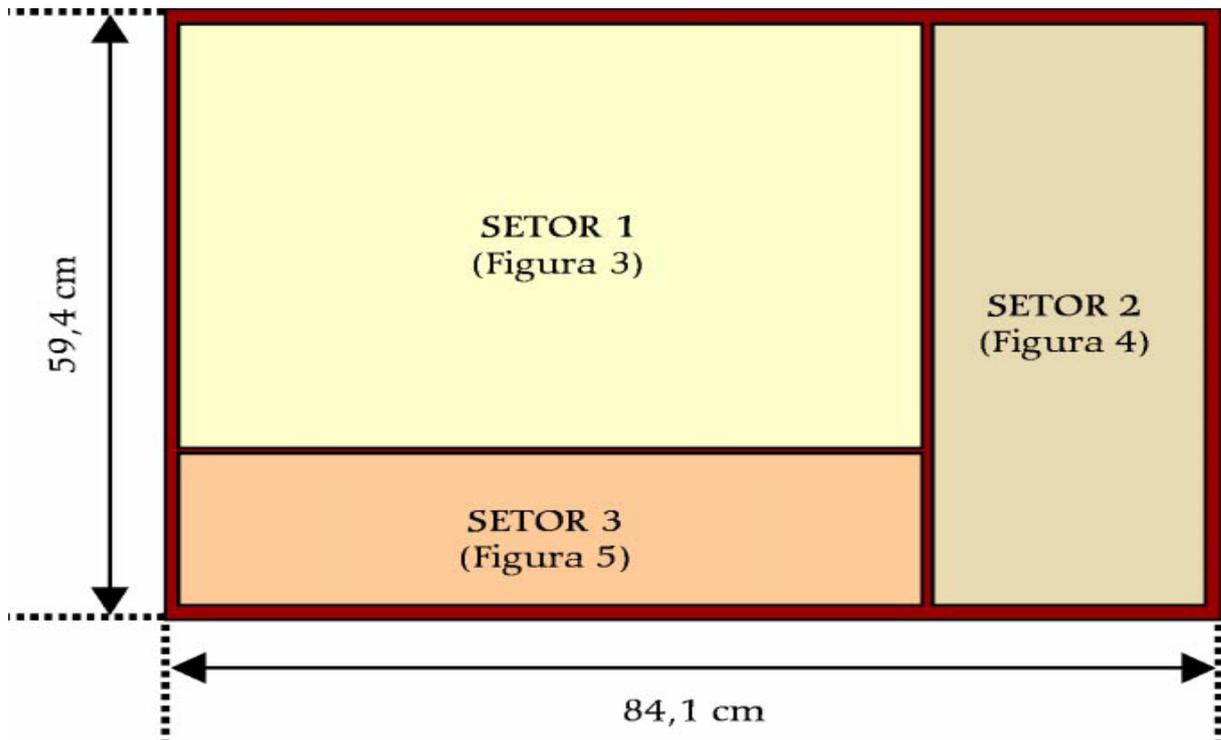
Os autores concluem que a Astronomia, ou seja, um projeto paralelo contribuiu como ponto de partida para as pesquisas em Física Moderna e Contemporânea, provocando mais interesse por parte do educando para aprender Física Moderna e Contemporânea.

Para a sociedade formar um cidadão consciente e participativo é necessário que os estudantes tenham acesso nas escolas ao conhecimento da Física e das outras disciplinas. Na Física, em particular Ostermann e Cavalcanti (2001) defendem a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea nas escolas de nível médio. Segundo os autores esses tópicos são capazes de minimizar alguns problemas que enfrentam nossa educação, como a abordagem altamente formulística da física e aulas descontextualizadas com o cotidiano dos alunos.

Nesse contexto os autores criaram um pôster colorido sobre partículas elementares e interações fundamentais com o objetivo de suprir a escassez de materiais didáticos em português relacionados a temas de Física Moderna e Contemporânea para o ensino médio.

O pôster é dividido em três setores, veja a figura 2.

Figura 2. A estrutura do pôster segundo os seus setores.

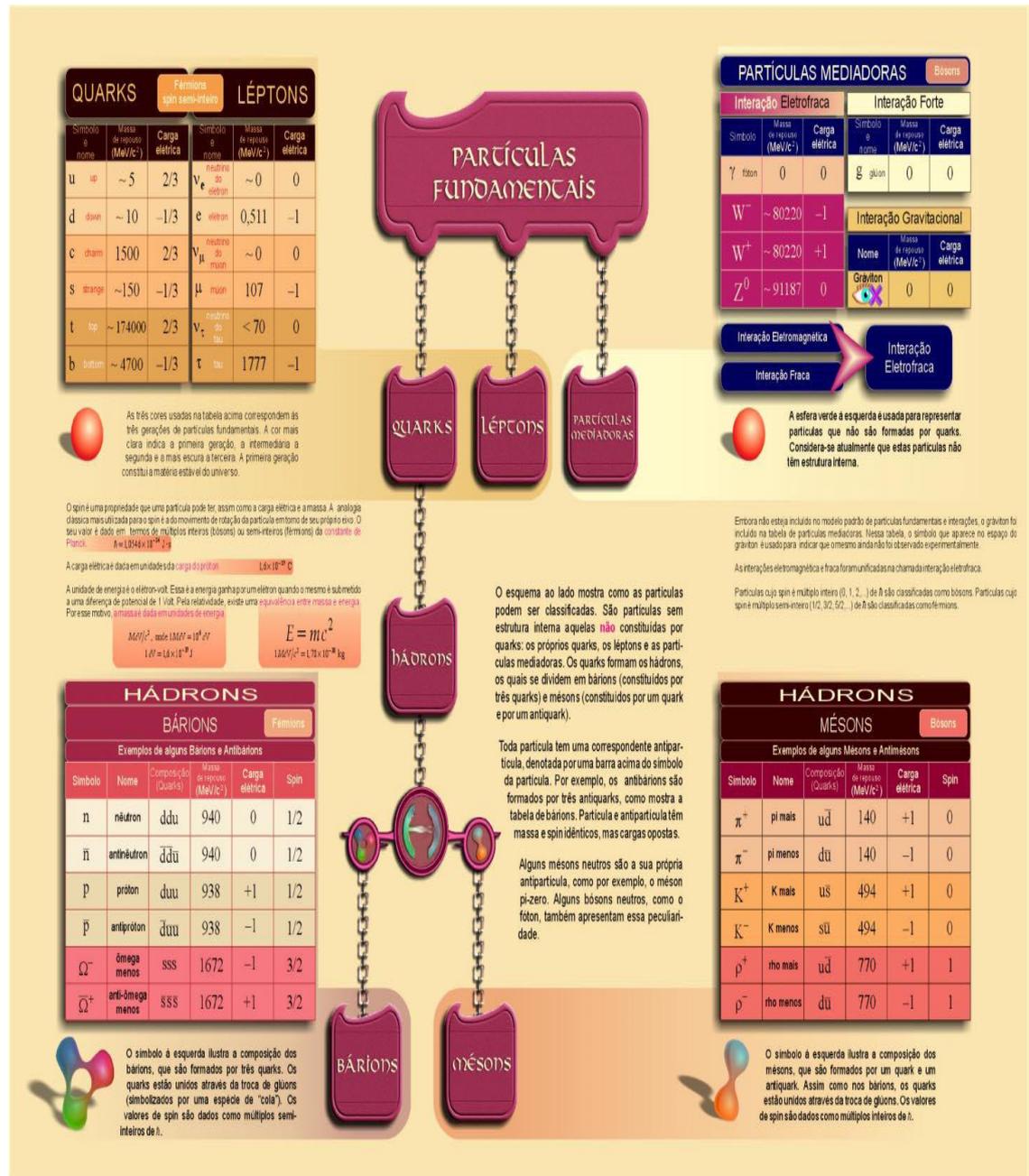


Fonte: Ostermann e Cavalcanti (2001).

No setor 1 é mostrado as partículas fundamentais existentes no universo que são os quarks, léptons e partículas mediadoras. É mostrado também que os quarks formam os hádrons e estes por sua vez dividem-se em bárions e mésons.

Alguns exemplos de bárions e antibárions também são mostrados, assim como de mésons e antimésons. Nesse setor também é abordado as partículas mediadoras e mostrado que a interação fraca e a interação eletromagnética foram unificadas na interação eletrofraca. Vale ressaltar também que o gráviton não foi observado experimentalmente ainda, por isso em seu lugar aparece o símbolo de um olho com um x.

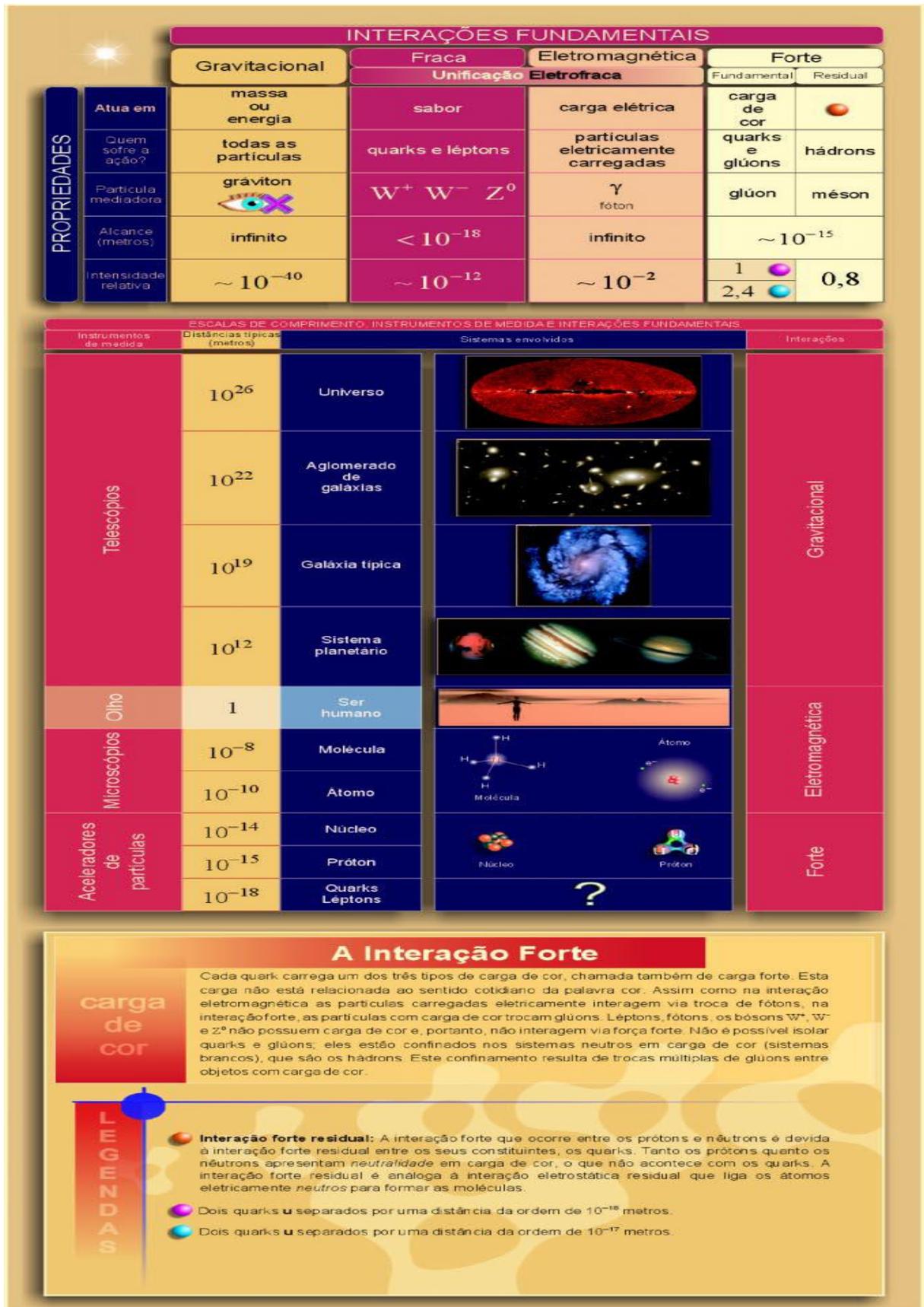
Figura 3. Conteúdo do setor 1 do pôster



Fonte: Ostermann e Cavalcanti (2001).

No setor 2 é encontrado as quatro interações fundamentais da natureza (interação gravitacional, interação fraca, interação forte e interação eletromagnética) e as suas abrangências, acompanhadas dos seus respectivos instrumentos de medição.

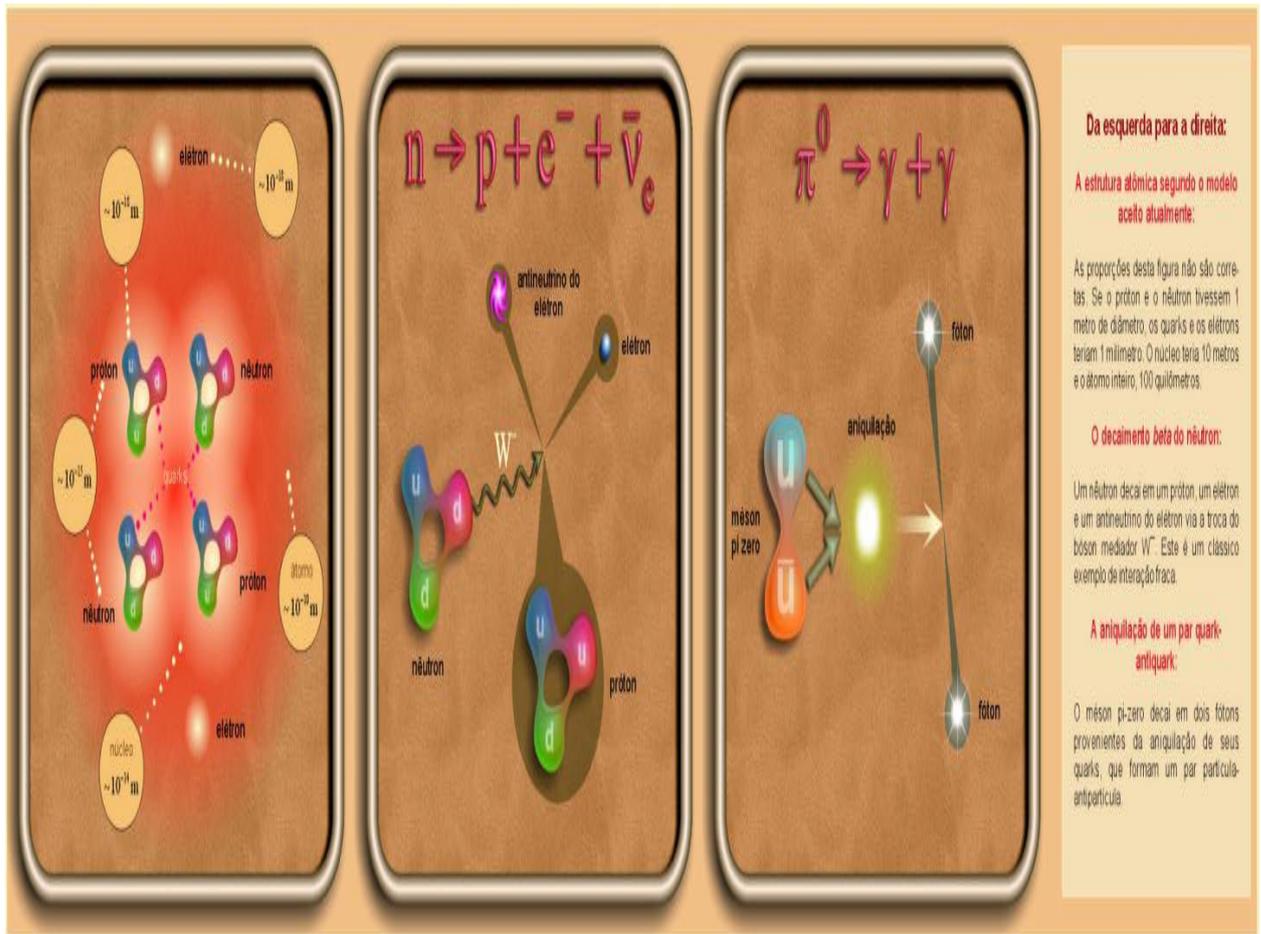
Figura 4. Conteúdo do setor 2 do pôster.



Fonte: Ostermann e Cavalcanti (2001).

No setor 3 é encontrado a estrutura atômica aceita atualmente - primeiro quadro da esquerda para a direita - os decaimentos do Nêutron e do Méson pi-zero segundo e terceiro quadro respectivamente. O nêutron decai em um próton, elétron e um antineutrino do elétron e o méson pi-zero decai em dois fótons através do processo de aniquilação de pares.

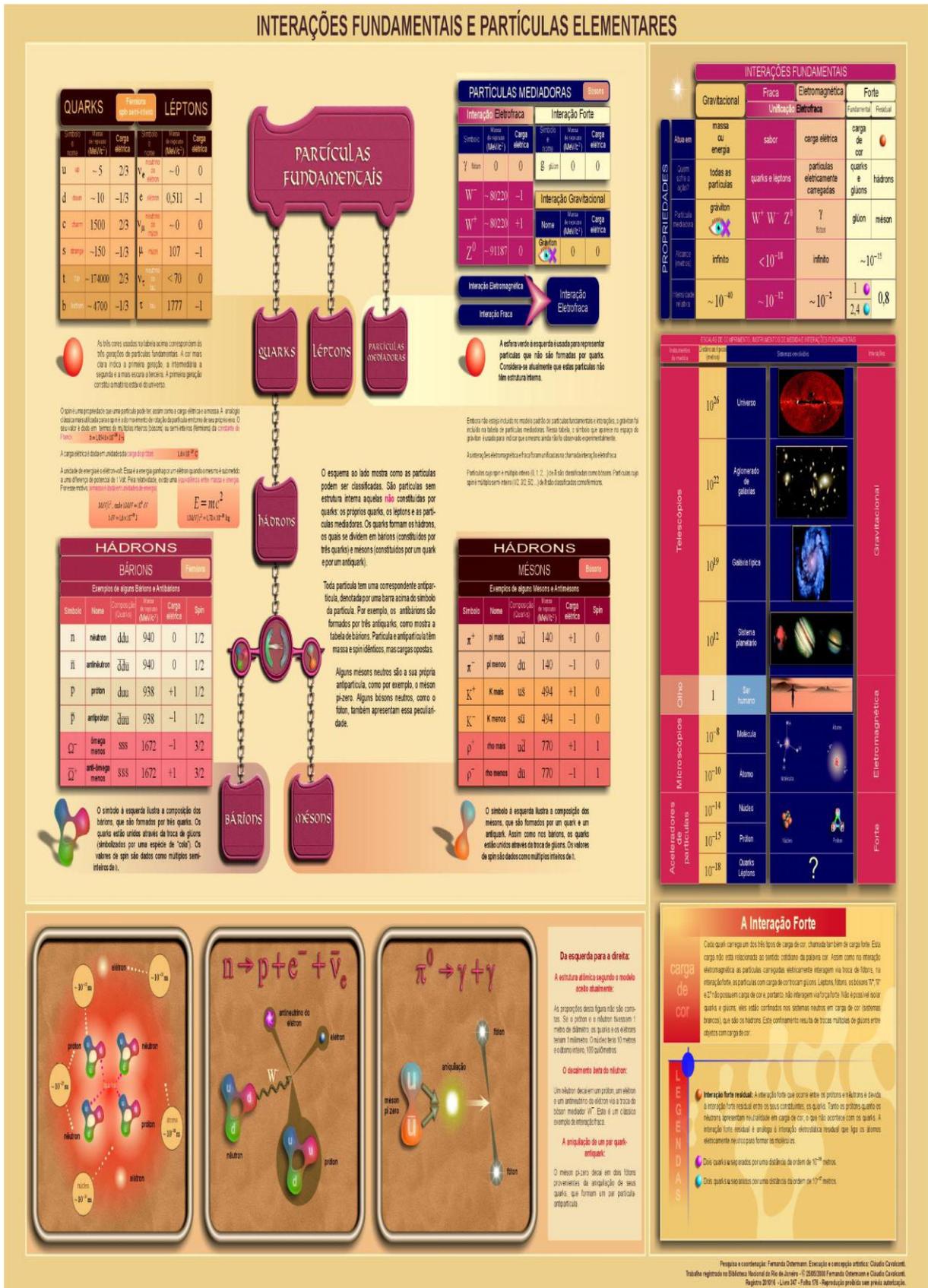
**Figura 5. O setor 3 do pôster**



Fonte: Ostermann e Cavalcanti (2001).

A seguir temos a visão geral do pôster com os três setores que foram detalhados neste trabalho.

Figura 6. Visão geral do pôster



### TELESCÓPIOS

Alcance (métrico)	Alcance (partículas)	Exemplos de eventos	Propriedade
10 <sup>26</sup>	Universo		Gravitacional
10 <sup>22</sup>	Aglomerado de galáxias		
10 <sup>19</sup>	Galáxia típica		Eletromagnética
10 <sup>12</sup>	Sistema planetário		
1	Ser humano		Forte
10 <sup>-8</sup>	Molécula		
10 <sup>-10</sup>	Átomo		Forte
10 <sup>-14</sup>	Núcleo		
10 <sup>-15</sup>	Próton		
10 <sup>-18</sup>	Quark Lépton		

### ACELERADORES DE PARTÍCULAS

Alcance (métrico)	Alcance (partículas)	Exemplos de eventos	Propriedade
10 <sup>-14</sup>	Núcleo		Forte
10 <sup>-15</sup>	Próton		
10 <sup>-18</sup>	Quark Lépton		

## A Interação Forte

Da esquerda para a direita:

A estrutura atômica segundo o modelo atualmente aceito.

As dimensões desta figura não são corretas. Se o próton e o nêutron fossem 1 metro de diâmetro, os quarks e os elétrons seriam 1 milímetro. O nêutron tem 10 metros e o próton tem, 100 quilômetros.

O decaimento beta do nêutron:

Um nêutron decaem um próton, um elétron e um antineutrino de elétrons via troca do bóson mediador  $W^-$ . Este é um clássico exemplo de interação fraca.

A aniquilação de um par quark-antiquark:

O méson pi-zero decaem em dois fótons provenientes da aniquilação de seus quarks que formam um par partícula-antipartícula.

**Interação forte residual:** A interação forte que ocorre entre os prótons e nêutrons é devido à interação forte residual entre os seus constituintes, os quarks. Tanto os prótons quanto os nêutrons, apresentam no interior em carga de cor, o que não ocorre com os quarks. A interação forte residual é análoga à interação eletromagnética residual que liga os átomos eletricamente neutros para formar as moléculas.

Dois quarks se ligando por uma distância da ordem de 10<sup>-16</sup> metros.

Dois quarks se ligando por uma distância da ordem de 10<sup>-15</sup> metros.

Pesquisa e concepção: Fernando Ostermann. Execução e concepção artística: Claudio Cavalcanti. Trabalho registrado na Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro - R. 5505/2008 Fernando Ostermann e Claudio Cavalcanti. Registro 2010/16 - Livro 347 - Folha 178 - Reprodução proibida sem prévia autorização.

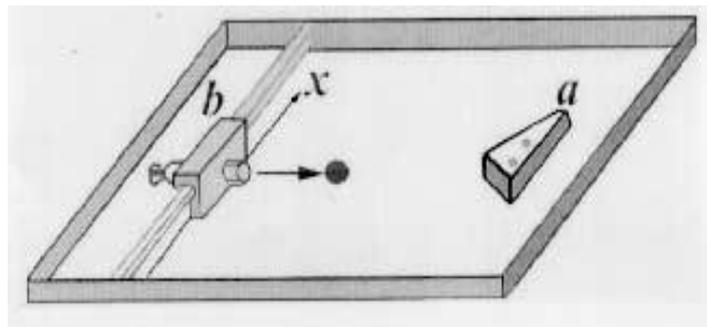
Fonte: Ostermann e Cavalcanti (2001).

Os autores concluem que a alternativa didática do pôster possibilita uma visão atualizada da estrutura da matéria.

Cavalcante, Piffer e Nakamura (2001), utilizaram recursos computacionais disponíveis na internet e os conceitos de espalhamento, para introduzir tópicos de Física Moderna no Ensino Médio. Os autores inicialmente propõem um experimento clássico de colisões a fim de mostrar para os alunos que através dos princípios de conservação podem estudar colisões e terem uma noção de como é o formato de um corpo que não conhecem.

O experimento clássico consiste na confecção de um dispositivo que dispara bolinhas em um alvo, de forma que serão analisados os resultados obtidos da colisão da bolinha com o alvo a fim de ser determinado o formato do alvo. A figura 7 apresenta o experimento clássico.

**Figura 7.a: Representação do dispositivo com o canhão e o alvo; b: Canhão que usa como projétil uma bolinha de aço.**

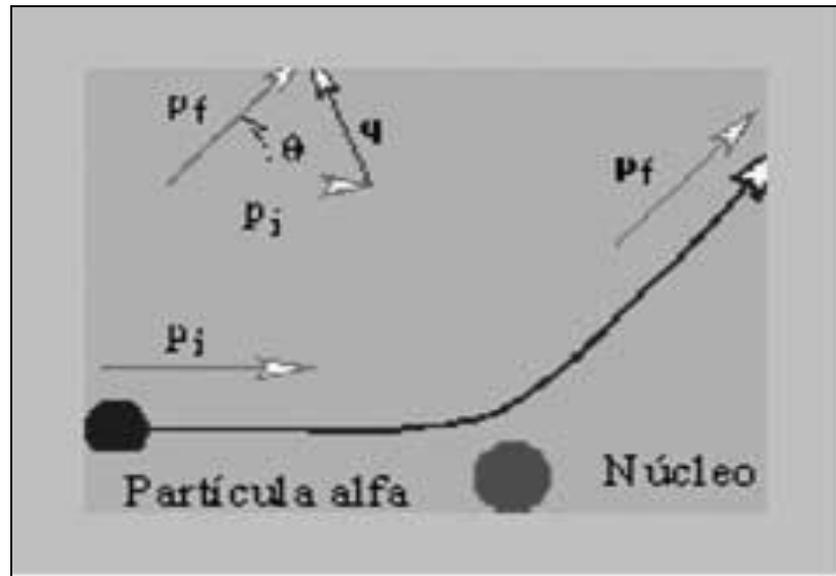


Fonte: Cavalcante, Piffer e Nakamura (2001).

Do experimento clássico os autores abrem uma lacuna para a inserção do modelo do átomo proposto por Rutherford. Para estudar o modelo do átomo de Rutherford os autores utilizam os recursos disponíveis na internet sobre simulação, com isso obtém-se inicialmente uma simulação sobre o processo de espalhamento de Rutherford.

A figura 8 que retrata o processo de espalhamento de Rutherford através de uma simulação disponível na internet.

**Figura 8.** As quantidades de movimento inicial e final da partícula alfa antes e depois da colisão com o núcleo



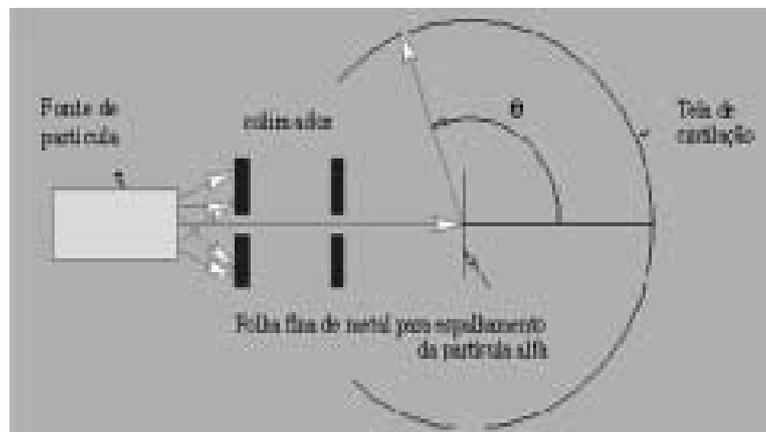
Fonte: Cavalcante, Piffer e Nakamura (2001).

Outra simulação proposta para a compreensão da estrutura atômica é a do experimento Geiger-Marsden, que consiste na colisão de um feixe de partículas alfa com um alvo, sendo assim defletido até uma tela de cintilação, onde o número de cintilações por segundo era então observada, para cada ângulo de desvio.

Nesse contexto Cavalcante, Piffer e Nakamura (2001), oferecem essa simulação com uma vantagem, ou seja, “tanto a energia da partícula quanto o número atômico do alvo podem ser alterados pelo aluno” (p. 111).

A figura 9 representa a simulação desse experimento.

**Figura 9.** Descrição do experimento de Geiger-Marsden.



Fonte: Cavalcante, Piffer e Nakamura (2001).

Os autores concluem que as simulações disponíveis na internet permitem aos alunos compreenderem tanto no experimento clássico quanto no experimento de Rutherford que as leis de conservação de momento e energia são válidas. As simulações computacionais e os recursos experimentais permitem aos alunos desenvolverem a capacidade de investigação científica através de diferentes técnicas de aprendizagem, permitindo assim aos estudantes compreenderem que assuntos de Física Moderna são importantes para o entendimento de muitos processos presentes no dia a dia.

Com a preocupação de abordar os temas de Física Moderna no Ensino Médio, Caruso e Freitas (2009), apresentam um trabalho baseado em tirinhas confeccionadas por um aluno da oficina de Educação através de Histórias em Quadrinhos e Tirinhas (EDUHQ), abordando os conceitos de massa, tempo, espaço e energia do ponto de vista relativístico.

A metodologia se baseia em uma interação direta aluno/professor, a leitura de textos e livros selecionados pelo orientador, a criação das tirinhas se dá após a compreensão do conteúdo lecionado por parte do educando. O projeto das tirinhas articula conteúdos cognitivos e incentiva a produção artística não apenas como instrumento didático, mas como um instrumento inserido na cultura e na sociedade. Pode-se ver essas ideias no seguinte trecho “a ideia básica da EDUHQ é aproveitar pontes entre Física e Arte e a bagagem cultural dos participantes”. (CARUSO; FREITAS, 2009, p. 356).

A figura 10 traz a noção de tempo e espaço do ponto de vista da mecânica clássica e do ponto de vista da teoria da relatividade especial.

**Figura 10. Noção de tempo e espaço do ponto de vista da mecânica clássica e do ponto de vista relativístico.**



Fonte: Caruso e Freitas (2009).

A figura 11 mostrada abaixo, traz a ideia da dilatação temporal, dilatação essa que permite a existência dos múons cósmicos.

**Figura 11. Dilatação temporal.**



Fonte: Caruso e Freitas (2009).

A figura 12 traz as ideias que estão por traz do conceito de massa e energia do ponto de vista clássico e do ponto de vista relativístico. Do ponto de vista clássico massa e energia são distintos, já do ponto de vista relativístico a massa e a energia passam a estar interligados logo uma partícula passa a ter energia de repouso expressa pela equação dada na figura abaixo.

**Figura 12. Massa e energia do ponto de vista clássico e do ponto de vista relativístico.**



Fonte: Caruso e Freitas (2009).

A Teoria da Relatividade Restrita provocou uma revolução científica tanto do ponto de vista histórico, como epistemológico.

Filho (2010) utiliza a definição de incomensurabilidade de Thomas Kuhn na Física, onde para este autor a Teoria da Relatividade Restrita e a Mecânica Newtoniana possuem conceitos localmente incomensuráveis, ou seja, as leis físicas das duas teorias são incompatíveis, e a própria concepção do que é o conhecimento é diferenciada.

Nesse contexto de incomensurabilidade entre as duas teorias Filho (2010), propõe a utilização da noção de perfil conceitual como referencial teórico para a compreensão do processo de aprendizagem da Teoria da Relatividade Restrita e os seus obstáculos epistemológicos. Para isso o autor examina o perfil conceitual de sistema de referência.

O autor define o conceito de referencial da mecânica clássica em termos da diferenciação metafísica entre absoluto e relativo, como revela o texto a seguir:

Os conceitos de espaço, tempo, lugar, movimento e matéria, a sua diferenciação metafísica entre absoluto e relativo, assim como as propriedades de composição de movimentos e a geometrização do espaço, com a sua identificação com os eixos coordenados cartesianos, compõem o conjunto de conceitos ontológicos que definem a noção abstrata de referencial na Física Newtoniana (FILHO, 2010, p. 161).

Para Panse, Ramadas e Kumar, citados em Filho (2010), um sistema de referência pode ser definido como uma “porção do espaço ligada a um corpo concreto, delimitado pela forma e pelo tamanho deste corpo, dentro do qual um observador ‘vê’ um determinado fenômeno” (p. 166).

Baseado na definição do perfil conceitual de sistema de referência, Filho (2010) diz que os obstáculos epistemológicos têm uma dupla origem, uma conceitual e outra heurística. O obstáculo conceitual tem sua origem quando o educando tenta encaixar uma nova teoria em uma região que não é a apropriada do seu perfil conceitual. O obstáculo heurístico surge em cima de uma argumentação que tenta explicar como essa teoria se encaixa em uma região que não é apropriada do seu perfil conceitual.

Partindo da ideia de que o conceito de evento e de sistema de referência são fundamentais para o entendimento da Teoria da Relatividade Restrita e que a evolução das ideias no sujeito se dá através da mudança de perfil conceitual, onde a teoria antiga não é esquecida, mas a nova teoria é acoplada, criando uma nova região no perfil conceitual, com as suas dimensões epistemológicas, ontológicas e metafísicas, o autor sugere uma sequência didática para ser desenvolvida em um curso introdutório a Teoria da Relatividade Restrita, conforme mostrada no quadro 7.

**Quadro 7 – Sequência didática a ser desenvolvida em um curso introdutório a Teoria da Relatividade Restrita.**

Explicitar as concepções dos alunos sobre adição de movimentos, sobre referencias e sobre as leis de Newton;

Revisar estas concepções no contexto da Mecânica Newtoniana, comparar as concepções dos alunos e as suas formas de argumentação com aquelas cientificamente aceitas no domínio da Mecânica. Dar ênfase a adição de movimentos, a descrição do movimento em termos de referenciais e ao papel dos conceitos metafísicos;

Apresentar os postulados da Teoria da Relatividade Restrita, o conceito de relativístico de referencial e as formas de argumentação centradas na noção de evento;

Buscar explicitar as concepções alternativas e as formas espontâneas de argumentação em Teoria da Relatividade Restrita;

Explicitar constantemente as diferenças que os conceitos e as formas de argumentação relativísticas guardam com a Mecânica Newtoniana e com o senso comum.

Fonte: Investigações em Ensino de Ciências, vol. 15, 2010, p. 175.

O surgimento da Mecânica Quântica e da Teoria da Relatividade serviu de base para a descrição de fenômenos na escala atômica e nuclear. Nesse contexto Souza e Dantas (2010) apresentam um estudo teórico sobre a importância da Física Nuclear para o Ensino Médio, focando os aspectos qualitativos, uma vez que essa parte da Física possui uma matemática mais complexa.

A fenomenologia nuclear é um tema rico no contexto educacional e pode ser abordada segundo os autores do ponto de vista histórico e do ponto de vista qualitativo, conservando, entretanto, seu caráter técnico. Baseado nessas ideias os autores apresentam uma abordagem breve e qualitativa dos fenômenos nucleares (Decaimento Alfa e Transmutação Nuclear, Decaimento Beta, Efeito Möessbauer, Força Nuclear Forte, Fissão Nuclear, Enriquecimento de Urânio, Reatores Nucleares e Fusão Nuclear). O motivo para a escolha desses fenômenos se deve a importância do ponto de vista histórico, sofisticação técnica e aplicabilidade prática.

O Decaimento Alfa consiste na transição radioativa de núcleos instáveis; essa transição ou transmutação nuclear de núcleos instáveis acarreta a emissão de uma partícula alfa. Os autores ressaltam que esse tema tem um potencial histórico, visto que a reação alfa-nêutron propiciou a descoberta do nêutron, levando assim os cientistas a concluir que o núcleo do átomo é composto por prótons e nêutrons.

Com a finalidade de trazer esse tema para o cotidiano dos alunos, Souza e Dantas (2010), apresentam um exemplo prático da aplicação do Decaimento Alfa e Transmutação

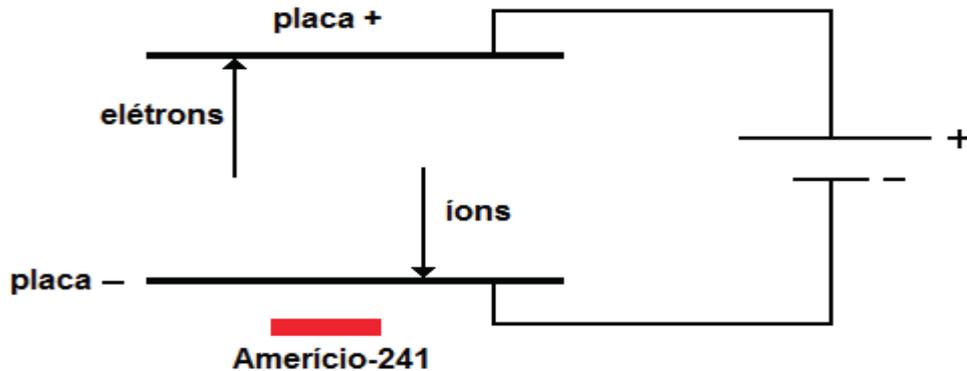
Nuclear. O exemplo se refere aos detectores de fumaça que podem ser de dois tipos: os fotoelétricos e os de ionização, no caso do exemplo fornecido pelos autores, o detector utilizado é o do tipo de ionização.

Esse detector possui em seu interior o elemento químico amerício que sofre aproximadamente 37 mil transmutações nucleares por segundo e, a cada transmutação é emitida uma partícula alfa, logo:

As partículas alfa ionizam os átomos de oxigênio e nitrogênio do ar no interior da câmara. Os elétrons liberados nesse processo são atraídos para a placa carregada positivamente e os átomos positivos são atraídos para a placa com carga negativa, estabelecendo, portanto, uma corrente elétrica entre as duas placas advindas da movimentação dos elétrons e dos íons. Em uma situação de incêndio, as partículas de fumaça entram na câmara de ionização, reagindo com os íons, tornando-os neutros, interrompendo a corrente entre as placas. O detector sente a diminuição na corrente e dispara o alarme. (SOUZA e DANTAS, 2010, p. 145).

A figura 1 que mostra o funcionamento da câmara de ionização descrita acima.

**Fig. 1 – Esquema de funcionamento da câmara de ionização de um detector de fumaça.**



Fonte: Souza e Dantas (2010).

A transição radioativa entre estados instáveis de alguns núcleos com a emissão de elétrons de alta energia é denominado de Decaimento Beta. O estudo desse fenômeno nuclear favorece a contextualização e a interdisciplinaridade, uma vez que o Decaimento Beta está presente na fisiologia humana e no desenvolvimento de tecnologias espacial e industrial. Logo esse tema da Física Moderna pode ser abordado do ponto de vista histórico, cultural e social através das Ciências Humanas, Linguagens e Códigos e Ciências da Natureza e Matemática.

Do ponto de vista da tecnologia espacial e industrial, podemos ver o potencial desse tema de estudo na passagem abaixo.

Temos a utilização do Promécio, elemento químico de número atômico 61, que é encontrado à temperatura ambiente no estado sólido. Ele é utilizado como emissor de partículas beta na construção de medidores de espessura, dentro da metrologia de precisão, na construção de ponteiros e mostradores de relógio. Na indústria aeroespacial é utilizado para fabricação de microbaterias de longa duração e, possivelmente, como uma fonte portátil de raios-X e de calor em sondas espaciais e satélites artificiais (SOUZA e DANTAS, 2010, p. 147).

Segundo Souza e Dantas (2010), o Decaimento Beta esta presente na fisiologia humana, como afirmam.

O potássio diluído no sangue, dentro dessas cavidades, sofre desintegração por emissão de elétrons (partículas beta) e esses elétrons, ao colidirem com as terminações nervosas das paredes das cavidades cardíacas, geram um estímulo que faz com que o músculo cardíaco se contraia e se expanda em ritmo determinado, o que faz com que o sangue seja bombeado por todas as partes do corpo. (p. 147 e 148).

Os autores concluem que os temas de Física Moderna (Decaimento Alfa e Transmutação Nuclear, Decaimento Beta, Efeito Möessbauer, Força Nuclear Forte, Fissão Nuclear, Enriquecimento de Urânio, Reatores Nucleares e Fusão Nuclear) podem ser abordados no nível do Ensino Médio e que estes temas possuem grande importância histórica e utilidade prática no mundo tecnológico de hoje. Com isso defendem a atualização do currículo de Física, com o intuito de criar cidadãos conscientes capazes de transformar a realidade.

## 5. O Ensino de Física Moderna nos livros didáticos avaliados pelo MEC

Neste capítulo faz-se uma avaliação sobre o ensino de Física Moderna em alguns livros didáticos selecionados pelo Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio PNLEM em 2006 (Portaria N° 366, de 31 de janeiro de 2006). Ao todo, foram selecionados 6 livros para a disciplina de Física, como mostra o quadro 8.

**Quadro 8 – Relação dos livros didáticos de Física selecionados pelo PNLEM.**

<b>Título</b>	<b>Autor</b>	<b>Volume</b>	<b>Editora</b>
Física	Alberto Gaspar	Volume Único	Ática
Física – Ciência e tecnologia	Carlos Magno Azinaro Torres e Paulo César Martins Penteadado	Volume 1, 2 e 3.	Moderna
Universo da Física	José Luiz Pereira Sampaio e Caio Sérgio Vasques Calçada	Volume 1, 2 e 3.	Saraiva
Física	José Luiz Pereira Sampaio e Caio Sérgio Vasques Calçada	Volume Único	Saraiva
Física	Antonio Máximo Ribeiro da Luz e Beatriz Álvares Alvarenga	Volume 1, 2 e 3.	Scipione
Física	Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano	Volume Único	Scipione

Fonte: Portaria N° 366, de 31 de janeiro de 2006.

Dos seis livros selecionados acima, serão analisados três deles, constituindo 50% dos materiais selecionados. Nos livros analisados, o tema investigado será o ensino de Física Moderna e Contemporânea. Os três livros abordados nesse trabalho são:

1. **Física**, Alberto Gaspar;
2. **Física – Ciência e tecnologia**, Carlos Magno Azinaro Torres e Paulo César Martins Penteadado;
3. **Física**, José Luiz Pereira Sampaio e Caio Sérgio Vasques Calçada.

No livro **Física – Ciência e tecnologia**, Penteadado e Torres (2005) abordam o ensino de Física Moderna focando os aspectos qualitativos e para isso utilizam muitas figuras e fotos coloridas. A unidade V do livro é dedicada ao ensino de Física Moderna e possui três capítulos relacionados a esse tema, que são Relatividade Especial, Física Quântica e Física Nuclear.

A fim de tornar o ensino mais contextualizado, cada capítulo do livro possui quadros em destaque com os títulos: Você sabe por quê?, O que diz a Mídia!, Ciência, Tecnologia e Sociedade, Aplicação Tecnológica.

No quadro “Você sabe por quê?” os autores visam aumentar o grau de aprendizado dos alunos, evitando assim um ensino de Física voltado apenas para a memorização de fórmulas.

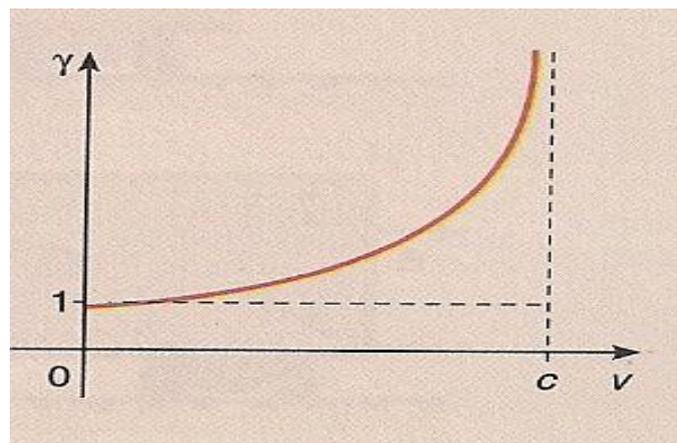
No quadro “O que diz a Mídia!” o objetivo é fazer com que o estudante analise o que a mídia diz a respeito sobre o assunto que o educando está aprendendo na escola e com isso desenvolver o senso crítico dos estudantes a respeito de informações vinculadas nos principais meios de comunicação.

No quadro “Ciência, Tecnologia e Sociedade” o objetivo é mostrar para os estudantes que a ciência está interligada a tecnologia que tem como finalidade o benefício da sociedade. No quadro “Aplicação Tecnológica” a finalidade é mostrar uma aplicação tecnológica do fenômeno físico que está sendo abordado em sala de aula.

No capítulo sobre Relatividade Especial os autores introduzem os dois postulados da Relatividade Restrita, depois definem o conceito de simultaneidade e logo em seguida na página 596 os autores obtêm a equação da dilatação do tempo. No mesmo capítulo também é deduzido a equação da contração do espaço e as equações da dinâmica relativística.

Como nas novas expressões que são mostradas aos alunos aparece um novo termo que se chama fator de Lorentz, para facilitar o aprendizado no presente capítulo os autores apresentam o gráfico do fator de Lorentz variando com a velocidade figura 13.

**Figura 13. Fator de Lorentz variando com a velocidade.**



Fonte: Penteado e Torres (2005).

Para ilustrar bem as ideias da dilatação do tempo, na página 597 os autores apresentam como exemplo um filme de ficção, com base científica correta. O filme do exemplo é o filme *O planeta dos macacos*, logo nesse problema pede-se para os estudantes calcularem o fator de Lorentz e a velocidade média da nave que viaja com um tempo próprio dado no problema e é

dado também o tempo que se passou na Terra. A figura 14 que ilustra o contexto do filme onde os homens passaram a ser dominados pelos macacos e o tempo foi dilatado.

**Figura 14. Ilustração do filme planeta dos macacos envolvendo a idéia de dilatação do tempo da teoria da Relatividade Especial.**



Fonte: Penteado e Torres (2005).

Vale a pena citar neste trabalho também o exercício 5 página 598 sugerido pelos autores. Nesse exercício é abordado o conceito de tempo próprio, e pede-se para o aluno justificar quem marcou o tempo próprio considerando dois amigos, sendo que um deles está dirigindo um carro que passa por dois cruzamentos sucessivos e o outro, está em repouso na rua marcando a passagem do veículo.

Outro exercício que merece ser citado é o exercício 13 página 600, que aborda a ideia de movimento e contração do espaço. O exercício apresenta uma medição feita por uma pessoa de um comboio interplanetário, sendo que o presente objeto possui outro comprimento que é registrado em um catálogo, logo pergunta-se sobre o movimento entre a pessoa e o objeto e qual a velocidade do objeto medida pela pessoa.

O capítulo sobre Relatividade Restrita termina com uma pequena abordagem sobre a Relatividade Geral, em que os autores citam o eclipse solar que foi observado em Sobral e na África que comprovou a teoria da Relatividade Geral.

No capítulo sobre Física Quântica é abordado o efeito fotoelétrico, o modelo atômico de bohr, a dualidade onda-partícula e o princípio da incerteza de Heisenberg.

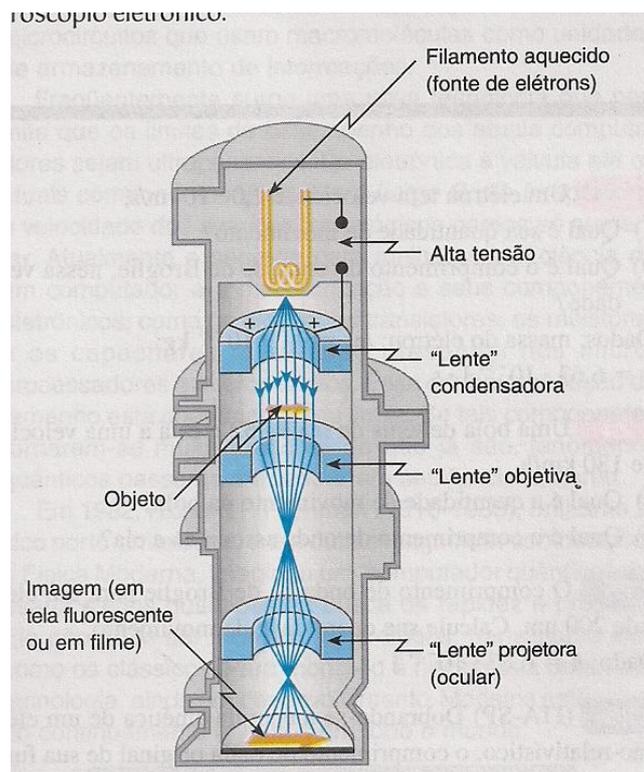
O exercício 15 página 617 aborda uma aplicação do efeito fotoelétrico em satélites artificiais devido à radiação solar. No modelo do átomo de Bohr os autores abordam os

aspectos quantitativos focando em uma demonstração matemática os postulados que o regem. Nos demais tópicos há uma descrição qualitativa com muitas figuras coloridas.

Merece destaque nesse capítulo os quadros com “aplicação tecnológica” e o quadro “O que diz a Mídia!”. Uma das aplicações tecnológicas citadas por Penteado e Torres (2005), se refere ao uso dos microscópios eletrônicos que se baseiam na dualidade onda-partícula, em que os elétrons teriam propriedades ondulatórias e seus comprimentos de onda seriam menores do que os da luz visível. Logo os microscópios eletrônicos direcionam um feixe de elétrons, em vez de luz.

A figura 15 mostra o funcionamento de um microscópio eletrônico de transmissão, em que um feixe de elétrons é emitido por um filamento de tungstênio ligado a uma alta tensão, e desviado por campos magnéticos que focam o feixe em um filme ou tela.

**Figura 15. Microscópio eletrônico de transmissão.**

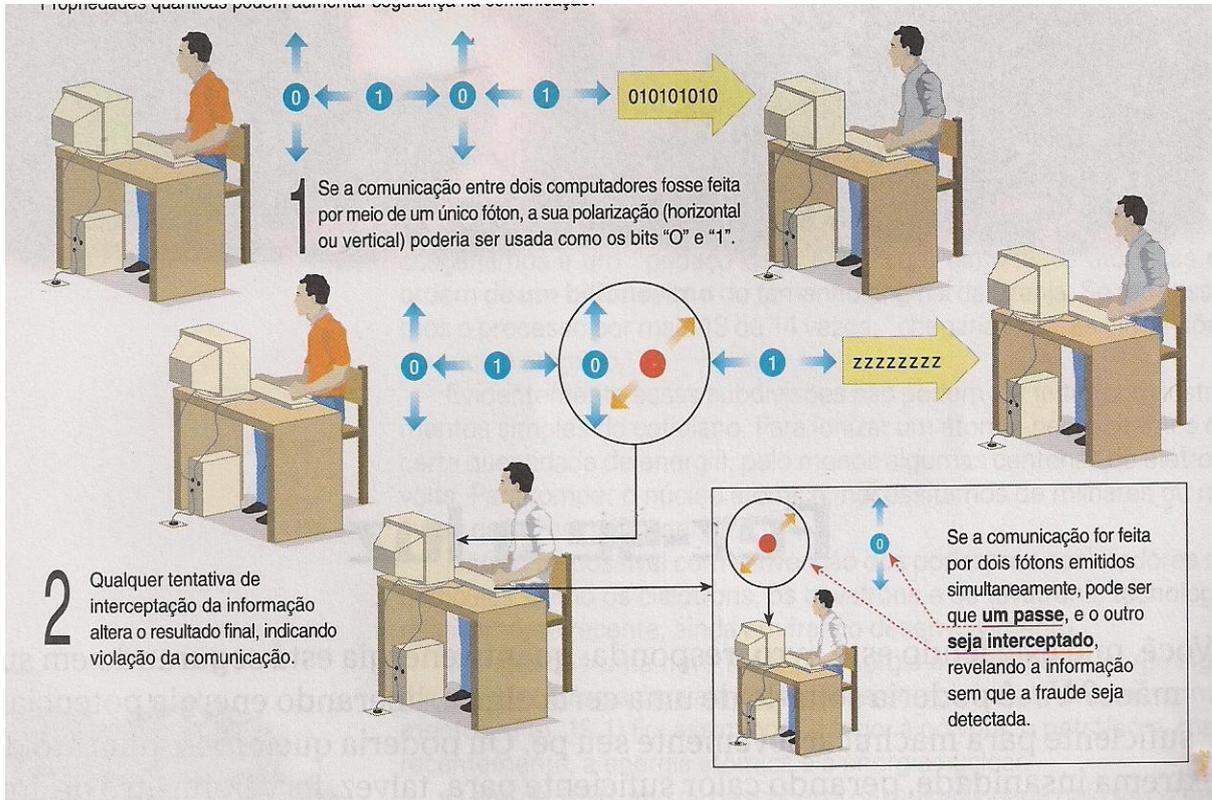


Fonte: Penteado e Torres (2005).

O princípio da incerteza de Heisenberg é abordado no quadro “O que diz a Mídia”, quando os autores trazem uma reportagem sobre a criptografia quântica a fim de proporcionar uma discussão por parte dos alunos sobre o Princípio da Incerteza. A reportagem se refere à criação de uma máquina que emite um único fóton por vez e com isso as informações enviadas, via computador, se fossem observadas seriam perdidas visto que o princípio da

incerteza nos diz que se conhecermos com precisão a posição do elétron nada saberemos a respeito do seu momento linear conforme mostrado na figura 16.

**Figura 16. Comunicação Quântica.**



Fonte: Penteado e Torres (2005).

No capítulo sobre Física Nuclear os autores tratam da Lei Radioativa focando os decaimentos alfa e beta, fusão e fissão nuclear, lixo nuclear, acidentes nucleares, forças fundamentais da natureza, partículas fundamentais da matéria e concluem falando um pouco de cosmologia.

O exercício 9 da página 640 aborda os conceitos de meia-vida e vida média do ponto de vista matemático, e pede-se ao aluno para mostrar com cálculos quem é maior. Outro exercício que merece destaque é o exercício 11 da página 640 que aborda o conceito de meia-vida.

No tópico sobre fusão e fissão nuclear os autores apresentam um exemplo resolvido sobre a energia liberada por 1 quilograma de urânio visando despertar curiosidades nos alunos, visto que essa energia seria suficiente para abastecer cerca de 3.300 residências durante um ano.

No quadro "O que diz a Mídia!" os autores mostram uma preocupação com a problemática ambiental, e para isso trazem uma reportagem que fala de pesquisas realizadas

pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) sobre energia por fusão termonuclear mostrando que esse tipo de energia não produz resíduos radioativos como a fissão.

No tópico sobre o Lixo Nuclear os autores abordam dois métodos para o armazenamento desses resíduos. O primeiro se refere ao confinamento desses resíduos em contêineres blindados e reforçados e o segundo é o confinamento em depósitos geológicos profundos.

No tópico sobre as Partículas Fundamentais da Matéria é dada uma visão moderna sobre a estrutura da matéria, e autores apresentam os seis tipos de *quarks* existentes e como os prótons, nêutrons e mésons são constituídos, como mostra o quadro 9.

**Quadro 9 – Os seis tipos de quarks existentes.**

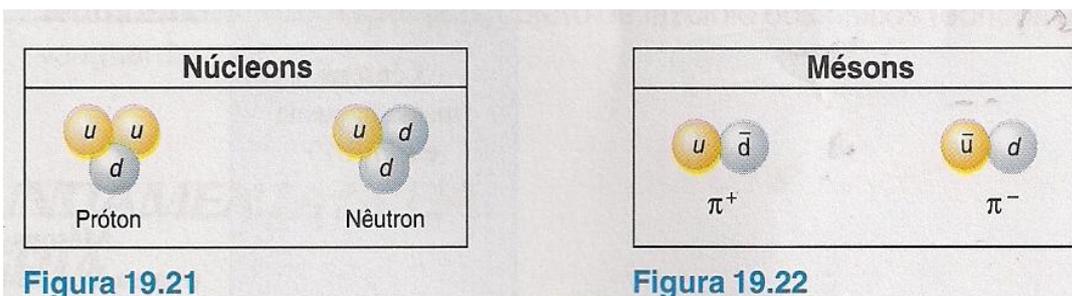
Quark	Símbolo	Carga	Quark	Símbolo	Carga
Up	$u (\bar{u})$	$+\frac{2}{3}e \left(-\frac{2}{3}e\right)$	Charmed	$c (\bar{c})$	$+\frac{2}{3}e \left(-\frac{2}{3}e\right)$
Down	$d (\bar{d})$	$-\frac{1}{3}e \left(+\frac{1}{3}e\right)$	Bottom	$b (\bar{b})$	$-\frac{1}{3}e \left(+\frac{1}{3}e\right)$
Strange	$s (\bar{s})$	$-\frac{1}{3}e \left(+\frac{1}{3}e\right)$	Top	$t (\bar{t})$	$+\frac{2}{3}e \left(-\frac{2}{3}e\right)$

Fonte: Penteadó e Torres (2005).

Vale lembrar que os *quarks* Charmed, Bottom e Top só tem presença em hádrons mais complexos, logo o presente material possui uma visão bastante moderna da estrutura da matéria.

A figura 17 mostra a constituição do próton, nêutron e de dois tipos de mésons ( $\pi^+$  e  $\pi^-$ ).

**Figura 17. Constituição do próton, nêutron e dos mésons  $\pi^+$  e  $\pi^-$ .**



**Figura 19.21**

**Figura 19.22**

Fonte: Penteadó e Torres (2005).

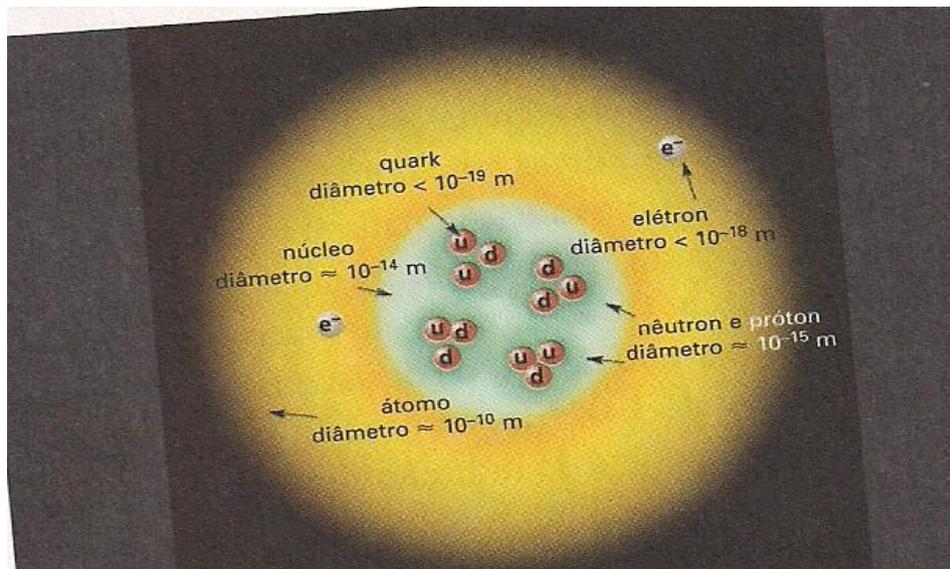
Gaspar (2005), em seu livro **Física** propõe um ensino de Física Moderna do ponto de vista histórico, iniciando com uma discussão histórica sobre a teoria eletromagnética de Maxwell e abordando o problema da emissão de elétrons através da incidência de radiação eletromagnética em chapas metálicas. Mostra, então, que para resolver esse problema Einstein considerou a ideia dos pequenos pacotes de energia, ou seja, os fótons. Depois faz uma breve discussão sobre o conceito de simultaneidade para então introduzir os dois postulados da Relatividade Restrita e fala rapidamente sobre o modelo atômico de Bohr e de Rutherford.

O livro **Física** não possui exercícios resolvidos e nem exercícios para os alunos, visto que o autor considera que o Tema Física Moderna é pouco abordado no ensino médio por falta de tempo e por falta de qualificação por parte dos professores.

Ao longo do texto o autor traz alguns boxes com informações complementares a respeito dos assuntos que estão sendo abordados, merecendo destaque alguns boxes como: Gramática da Física Quântica; História: A radiação térmica; Aprofundamento: Raios Cósmicos.

Ao final do capítulo o autor apresenta os seis tipos de quarks assim como (Penteado e Torres, 2005), porém traz uma figura sobre o modelo atômico atual diferentemente de Penteado e Torres (2005), como mostra a figura 18.

**Figura 18. Modelo atual do átomo.**



Fonte: Gaspar (2005).

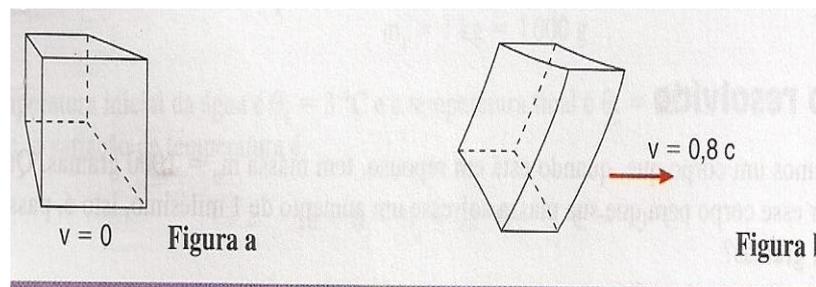
Vale lembrar que o núcleo nesse modelo é formado de “quarks” e que a parte amarela na figura 18 são os orbitais eletrônicos.

O último livro analisado nesse trabalho é o livro **Física** de Sampaio e Calçada (2005), em que os autores dedicam a unidade VI que possui três capítulos sobre o tema Física Moderna, assim como Penteadó e Torres (2005). O material possui exercícios resolvidos, exercícios propostos e sugestões de leitura.

No primeiro capítulo o tema abordado é a teoria da Relatividade Restrita, e os autores apresentam um texto claro e bastante ilustrativo, destacando uma visão quantitativa sobre a dilatação do tempo. Merece destaque nesse capítulo a figura 15 que apresenta uma simulação feita em computador sobre um corpo que se move próximo a velocidade da luz e os exercícios resolvidos das páginas 396 e 397.

A figura 19 mostra uma simulação feita em computador sobre a distorção provocada na imagem de um cubo que se move próximo a velocidade da luz.

**Figura 19. Distorção na imagem de um cubo que se move próximo de  $c$ .**



Fonte: Sampaio e Calçada (2005).

A figura 19 ilustra muito bem o que acontece com os corpos que se movem próximo a velocidade da luz, facilitando assim os conceitos de dilatação do tempo e principalmente contração dos espaços.

O exercício resolvido da página 396 ilustra bem o conceito de massa relativística, já que nesse exercício pede-se a velocidade que um corpo deveria ter para sua massa aumentar um milésimo. O exercício resolvido da página 397 aprofunda mais o conceito de massa relativística perguntando ao aluno qual a nova massa de um corpo que foi aquecido de uma temperatura inicial até uma temperatura final.

O capítulo termina com um breve aparato histórico da Relatividade Geral, citando o Brasil e a África como os locais de observação da validade da Teoria da Relatividade Geral, assim como fizeram Penteadó e Torres (2005).

O segundo capítulo trata da Mecânica Quântica, e inicia falando sobre a radiação do corpo negro e sobre a ideia que todos tinham a respeito da emissão de radiação contínua. O

capítulo mostra que Planck ao considerar a emissão da radiação de forma discreta, proporcionou uma revolução nas ideias da física. Logo em seguida é abordado o efeito fotoelétrico, o modelo atômico de Bohr e o princípio da incerteza de Heisenberg. (Sampaio e Calçada, 2005).

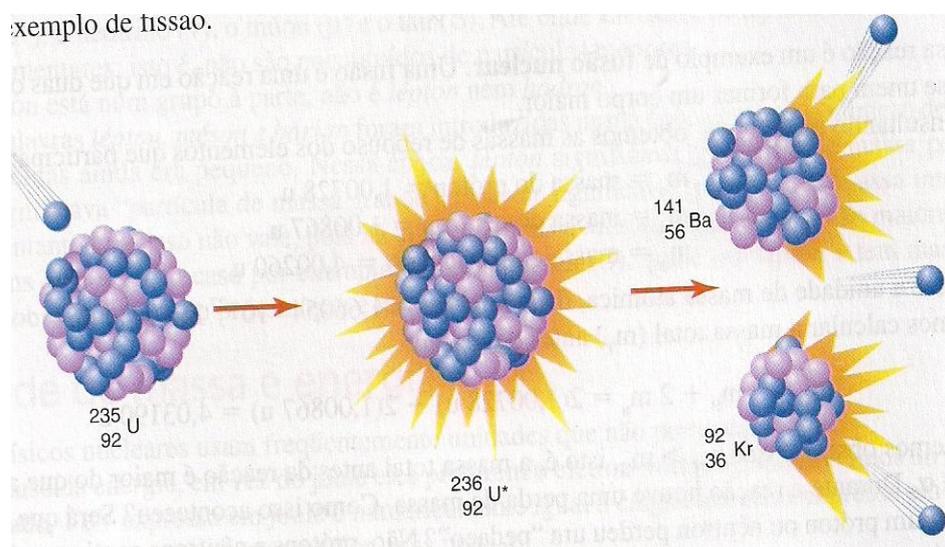
Merece destaque nesse capítulo o Princípio da Incerteza, uma vez que Penteadó e Torres e Gaspar (2005), abordam esse tema de uma maneira exclusivamente qualitativa. Ao contrário desses autores Sampaio e Calçada (2005), abordam esse tema de uma maneira qualitativa e quantitativa, visto que são os únicos que abordaram esse tema utilizando as expressões da incerteza da posição e momento e da incerteza da energia medida num intervalo de tempo.

O último capítulo aborda as partículas elementares, e os autores tratam dos léptons e hádrons trazendo assim uma visão moderna da estrutura da matéria, assim como os outros dois autores. Abordam também nesse capítulo as reações de Fusão e Fissão nuclear.

Merece destaque o exemplo resolvido da página 417 que mostra a transformação do pión ( $\pi^+$ ). O exercício 16 página 421 exige do aluno uma visão moderna da estrutura da matéria, visto que o exercício pede ao aluno que calcule a carga de uma partícula que é formada por um quark strange e um antiquark up. Esse exercício possibilita ao educando entender que as partículas são constituídas por quarks, dando assim uma visão mais profunda aos estudantes da Física Moderna.

No final do capítulo os autores abordam a fissão nuclear de uma maneira bem qualitativa e didática, como mostra a figura 20.

**Figura 20. Exemplo de Fissão Nuclear.**



Fonte: Sampaio e Calçada (2005).

A reação da figura 20 é descrita em detalhes por Sampaio e Calçada (2005), conforme o texto abaixo.

Um nêutron atinge um núcleo de urânio-235, que se transforma em um núcleo de urânio-236, o qual é instável (o símbolo \* significa instável). Esse núcleo começa a oscilar e num intervalo de tempo muito pequeno se quebra em dois núcleos (bário-141 e criptônio-92), emitindo ainda três prótons (p. 420).

## 6. Considerações Finais

Conclui-se que o presente trabalho teve seus objetivos alcançados, visto que foi feita uma análise sobre o ensino de Física Moderna no Ensino Médio, e para isso foi observado como este ensino está proposto nos PCN, nos periódicos nacionais e nos livros selecionados pelo PNLEM.

Dos três livros analisados neste trabalho nenhum deles abordaram a noção de perfil conceitual citada por Filho (2010), que considera a noção de perfil conceitual de sistema de referência como fundamental para o aprendizado da Teoria da Relatividade Restrita.

O livro **Física – Ciência e tecnologia** traz uma visão atual da Física Moderna apresentando elementos propostos nos PCN e PCN+, como por exemplo, os quadros “Ciência, Tecnologia e Sociedade”, “Aplicação Tecnológica” e “O que diz a Mídia!” presentes nos três capítulos que abordam o tema Física Moderna.

Já o livro **Física** de Gaspar (2005), apesar de trazer alguns boxes para complementar à teoria, deixa muito a desejar na perspectiva da contextualização e da interdisciplinaridade uma vez que apresenta apenas uma abordagem qualitativa e muito rápida sem nenhum exercício para estimular o raciocínio crítico dos estudantes, não atendendo, assim, as propostas dos PCN, PCN+ e Orientações Curriculares (2006).

O material **Física** de Sampaio e Calçada (2005) é bem parecido com o material de Penteado e Torres (2005), uma vez que ambos os autores dedicam três capítulos de seus materiais a física moderna, destacando uma visão quantitativa para os conceitos de dilatação do tempo e contração dos espaços da teoria da Relatividade Restrita, porém possui algumas diferenças como a abordagem da teoria da radiação sobre a meia-vida e vida média que está presente no material de Penteado e Torres. Em contrapartida, Sampaio e Calçada apresentam uma abordagem mais completa sobre o Princípio da Incerteza de Heisenberg, visto que apresentam uma visão matemática deste princípio.

A utilização dos materiais didáticos analisados neste trabalho possibilitam uma maior perspectiva de se trabalhar a contextualização e a interdisciplinaridade, uma vez que os materiais apresentam uma visão moderna da estrutura matéria e abordam as diversas formas de expressão e produção humanas.

A investigação feita nos periódicos nacionais mostra alternativas didáticas para o ensino de física moderna satisfazendo as recomendações propostas pelos PCN e ao mesmo

tempo traz uma preocupação, visto que, a noção de perfil conceitual de sistema de referência não foi observado nos livros didáticos avaliados neste trabalho.

Fica como sugestão para pesquisas futuras uma análise dos livros restantes selecionados pelo PNLEM afim de identificar se a noção de perfil conceitual citada por Filho (2010) está presente nesses materiais e como o ensino de Física Moderna está presente nesses materiais restantes.

## **Referências Bibliográficas**

ARAÚJO, M. S. T. ABIB, M. L. V. S. **Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 25, no. 2, junho (2003).

CAVALCANTE, M. A. PIFFER, A. NAKAMURA, P. **O uso da Internet na Compreensão de Temas de Física Moderna para o Ensino Médio.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 23, no. 1, Março, 2001.

CARUSO, F. FREITAS, N. **Física Moderna no Ensino Médio: O Espaço-Tempo de Einstein em Tirinhas.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, vol. 26, n. 2: p. 355-366, ago. 2009.

DONOSO, J. P. TANNÚS, A. GUIMARÃES, F. FREITAS, T. C. **A física do violino.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 30, n. 2, 2305 (2008).

FILHO, A. L. A. **A Construção de um Perfil Para o Conceito de Referencial em Física e os Obstáculos Epistemológicos a Aprendizagem da Teoria da Relatividade Restrita.** Investigações em Ensino de Ciências, vol. 15, pp. 155-179, 2010.

GASPAR, A. **Física.** São Paulo, SP: Ática: vol. único. 2005. p. 519-530.

GOBARA, S. T. GARCIA, J. R. B. **As licenciaturas em física das universidades brasileiras: um diagnóstico da formação inicial de professores de física.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 4, p. 519-525, (2007).

HOSOUME, Y. KAWAMURA, M. R. D. **A contribuição da Física para um Novo Ensino Médio.** Física na Escola, v. 4, n. 2, 2003.

MOREIRA, M. A. **Ensino de física no Brasil: Retrospectiva e Perspectiva.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 22, no. 1, Março, 2000.

MARQUES, A. J. SILVA, C. E. **Utilização da Olimpíada Brasileira de Astronomia como Introdução à Física Moderna no Ensino Médio.** Física na Escola, vol. 6, n. 2, 2005.

OSTERMANN, F. CAVALCANTI, C. J. H. **Um Pôster para ensinar Física de Partículas na escola.** Física na Escola, vol. 2, n. 1, 2001.

**Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias,** 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 03 de julho de 2011.

**Orientações Curriculares para o Ensino Médio – CNM,** 2006. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book\\_volume\\_02\\_internet.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf)>. Acesso em: 03 de julho de 2011.

**PCN - Bases Legais,** 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em: 03 de julho de 2011.

**PCN – CNM,** 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 03 de julho de 2011.

PENTEADO, P. C. M. TORRES, C. M. A. **Física - Ciência e Tecnologia.** São Paulo, SP: Moderna. Vol. 3. 2005. p. 586-652.

SAMPAIO, J. L. P. CALÇADA, C. S. V. **Física.** São Paulo, SP: Saraiva: vol. único. 2005. p. 390-421.

**PNLEM Catálogo.** Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/port366\\_pnlem.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/port366_pnlem.pdf)>. Acesso em: 3 de julho de 2011.

PIRES, M. A. VEIT, E. A. **Tecnologias de Informação e Comunicação para ampliar e motivar o aprendizado de Física no Ensino Médio.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 2, p. 241-248, (2006).

PEREIRA, A. P. OSTERMANN, F. **Sobre o Ensino de Física Moderna e Contemporânea: Uma Revisão da Produção Acadêmica Recente.** Investigações em Ensino de Ciências, vol. 14, pp. 393-420, 2009.

RAMAL, Andrea Cecília. **"As mudanças no Ensino Médio a partir das DCNEM"**. Revista Pátio Ano 2, janeiro/março de 1999. p. 13-17.

RICARDO, E. C. **Implementação dos PCN em Sala de Aula: Dificuldades e Possibilidades.** Física na Escola, v. 4, n. 1, 2003.

RICARDO, E. C. FREIRE, J. C. A. **A concepção dos alunos sobre a física do ensino médio: um estudo exploratório.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 2, p. 251-266 (2007).

RICARDO, E. C. ZYLBERSZTAJN, A. **Os Parâmetros Curriculares Nacionais para as Ciências do Ensino Médio: Uma Análise a Partir da Visão de Seus Elaboradores.** Investigações em Ensino de Ciências, v. 13, p. 257-274, 2008.

REIS, N. T. O. GARCIA, N. M. D. SOUZA, P. N. BALDESSAR, P. S. **Análise da dinâmica de rotação de um satélite artificial: uma oficina pedagógica em educação espacial.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 30, n. 1, 1401 (2008).

REZENDE, F. OSTERMANN, F. FERRAZ, G. **Ensino aprendizagem de física no nível médio o estado da arte da produção acadêmica no século XXI.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 31, n. 1, 1402 (2009).

ROCHA, J. F. M. **O conceito de ‘ campo ’ em sala de aula – uma abordagem histórico-conceitual.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 31, n. 1, 1604 (2009).

SCHROEDER, C. **A importância da física nas quatro primeiras séries do ensino fundamental.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 1, p. 89-94 (2007).

SISMANOGLU, B. N. GERMANO, J. S. E. AMORIM, J. CAETANO, R. **A utilização da filmadora digital para o estudo do movimento dos corpos.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 31, n. 1, 1501 (2009).

SOUZA, M. A. M. DANTAS, J. D. **Fenomenologia Nuclear: Uma Proposta Conceitual Para o Ensino Médio.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, vol. 27, n. 1: p 136-158, abr. 2010.

VEIT, E. A. TEODORO, V. D. **Modelagem no Ensino/Aprendizagem de Física e os novos Parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 24, no. 2, junho, 2002.

WERLANG, R. . SCHNEIDER, R. S. SILVEIRA, F. L. **Uma experiência de ensino de física de fluidos com o uso de novas tecnologias no contexto de uma escola técnica.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 30, n. 1, 1503 (2008).

