



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNABUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
NÍVEL MESTRADO

ROBSON RAABI DO NASCIMENTO

**ANÁLISE DAS TRANSFORMAÇÕES DO CONCEITO DE ENERGIA SEGUNDO A
TERMODINÂMICA NOS LIVROS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO**

Recife - PE,
2016

ROBSON RAABI DO NASCIMENTO

**ANÁLISE DAS TRANSFORMAÇÕES DO CONCEITO DE ENERGIA SEGUNDO A
TERMODINÂMICA NOS LIVROS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPGEC), da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção de título de Mestre em Ensino de Ciências, na área de concentração Ensino de Ciências e Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Vladimir Lira Veras Xavier de Andrade

Recife - PE,
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

N244a Nascimento, Robson Raabi do
Análise das transformações do conceito de energia segundo a termodinâmica
nos livros de física do ensino médio / Robson Raabi do Nascimento. – 2016.
127 f. : il.

Orientador: Vladimir Lira Veras Xavier de Andrade.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, Recife, BR-PE,
2016.

Inclui apêndice(s) e referências.

1. Transposição didática 2. Energia 3. Livro didático 4. Ensino de física
I. Andrade, Vladimir Lira Veras Xavier de, orient. II. Título

CDD 507

ROBSON RAABI DO NASCIMENTO

ANÁLISE DAS TRANSFORMAÇÕES DO CONCEITO DE ENERGIA SEGUNDO A
TERMODINÂMICA NOS LIVROS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPGEC), da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção de título de Mestre em Ensino de Ciências, na área de concentração Ensino de Ciências e Matemática.

Aprovada em 15 de dezembro de 2016

BANCA EXAMINADORA

Professor Dr. Vladimir Lira Veras Xavier de Andrade
1º examinador/Presidente/Orientador do PPGEC-UFRPE

Profa. Dra. Anna Paula de Avelar Brito Lima
2ª examinadora (membro interno) Dep. Educação/UFRPE

Prof. Dr. Alexandre Cardoso Tenório
3º examinador (membro interno) Dep. Educação/UFRPE

Prof. Dr. Marcus Bessa de Menezes
4º examinador (membro externo) UAEDUC/UFCG

AGRADECIMENTO

Agradeço ao povo brasileiro, que por meio do governo federal me permitiu participar deste programa de pós-graduação.

A reitora, pró-reitores desta universidade e a coordenadora do programa de pós-graduação em ensino de ciências por proporcionar um excelente programa de mestrado.

Ao meu orientador, que muito me auxiliou nas dúvidas e desafios na produção deste trabalho.

Aos professores do programa, por me incentivar e auxiliar neste percurso.

Mas não posso deixar de agradecer a minha noiva e meus familiares, por toda a paciência que demonstraram comigo durante este tempo.

E a Deus, pela vida e oportunidades.

RESUMO

A Transposição Didática descreve as transformações por que passa um saber da comunidade científica para os programas e livros didáticos. A concepção de energia é importante na sociedade contemporânea, por isso utilizamos a questão de pesquisa: como ocorre o processo de Transposição Didática do conceito de energia do saber científico para os documentos nacionais de orientação curricular e para os livros didáticos de física direcionados ao ensino médio que foram selecionados pelo PNLD 2015? Utilizamos a análise documental para verificarmos como a energia foi transposta do saber sábio para os documentos nacionais de orientação curricular. Encontrando características epistemológicas, metodológicas e de formação que utilizamos para descrever o conceito de energia presente nos documentos. Escolhemos oito coleções de livros didáticos que foram selecionados pelo PNLD e distribuídos para as escolas públicas do Recife-PE. Realizamos diversas análises nos documentos oficiais e livros didáticos, entre elas a Análise Estatística Implicativa e de similaridade. Com base nas análises realizadas encontramos o caráter estruturador e essencial do conceito de energia e de transformações energéticas. Estabelecemos as características epistemológicas do conceito de energia nos documentos curriculares e nos livros didáticos encontrando uma distância adequada do saber a ser ensinado do saber sábio. Percebemos o aspecto estruturador do conceito de energia para o ensino de física, considerado o conceito mais importante da física escolar. Vimos também que aparecem três interações para o ensino de energia nos livros: a Interação Epistemológica, a Interação Sociocultural e a Interação para a Prática Científica Escolar.

Palavras-chave: Transposição Didática, Energia, Livro Didático, Ensino de Física.

Abstract:

The Didactic Transposition describes the transformations through which a knowledge of the scientific community passes for the programs and textbooks. The conception of energy is important in contemporary society, so we use the question of research: how does the process of Didactic Transposition of the concept of energy of scientific knowledge for the national documents of curricular orientation and for textbooks of physics directed to high school Which were selected by PNLD 2015? We use the documentary analysis to verify how the energy was transposed from scholarly knowledge to the national documents of curricular orientation. Finding epistemological, methodological and training characteristics that we use to describe the concept of energy present in documents. We chose eight collections of textbooks that were selected by PNLD and distributed to public schools in Recife-PE. We performed several analyzes in the official documents and didactic books, among them the Statistical Analysis Implicative and of similarity. Based on the analyzes carried out, we find the structuring of essential character of the concept of energy. We have established the epistemological characteristics of the concept of energy in curricular documents and textbooks, finding an adequate distance from the knowledge to be taught of scholarly knowledge. We perceive the structuring aspect of the concept of energy for the teaching of physics, considered the most important concept of school physics. We have also seen three interactions for energy teaching in the books: Epistemological Interaction, Sociocultural Interaction and Interaction for School Scientific Practice.

Keywords: Didactic Transposition, Energy, Didactic Book, Physics Teaching.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	7
2	TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA.....	13
2.1	AS INSTITUIÇÕES E OS SABERES.....	15
2.2	TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA INTERNA E EXTERNA	19
2.3	POR QUE E COM OCORRE A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA?.....	21
3	POLO DO SABER: ENERGIA	25
3.1	HISTÓRIA DA ENERGIA.....	27
3.1.1	A ENERGIA A PARTIR DO MOVIMENTO	27
3.1.2	A ENERGIA A PARTIR DO CALOR	29
3.1.3	A ENERGIA A PARTIR DA TERMODINÂMICA	32
3.2	ESTADO EPISTEMOLÓGICO DO CONCEITO DE TRANSFORMAÇÃO ENERGÉTICA.....	35
3.3	O CONCEITO DE ENERGIA E SEU ENSINO.....	37
4	LIVRO DIDÁTICO NO ENSINO DE FÍSICA.....	44
4.1	TRAJETÓRIA HISTÓRICA DO ENSINO DE FÍSICA	44
4.2	ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA TECNOLÓGICA.....	48
4.3	LIVRO DIDÁTICO E ENSINO DE FÍSICA.....	51
4.4	PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO (PNLD).....	53
5	METODOLOGIA	56
5.1	FERRAMENTA DE ANÁLISE: ANÁLISE ESTATÍSTICA IMPLICATIVA.....	57
5.1.1	SOFTWARE CLASSIFICAÇÃO HIERÁRQUICA IMPLICATIVA E COESIVA (CHIC) ..	60
5.2	DESCRIÇÃO DO <i>CORPUS</i> DA PESQUISA.....	63
5.2.1	OS DOCUMENTOS NACIONAIS DE ORIENTAÇÃO CURRICULAR	64
5.2.2	OS LIVROS APROVADOS PELO PNLD.....	65
5.3	DESCRIÇÃO DA ANÁLISE DOS DOCUMENTOS NACIONAIS DE ORIENTAÇÃO CURRICULAR	75
5.4	DESCRIÇÃO DAS CATEGORIAS CRIADAS PARA A ANÁLISE DOS LIVROS ...	76
5.5	DESCRIÇÃO DA ANÁLISE DOS LIVROS.....	79
6	ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÃO	81
6.1	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DOCUMENTOS NACIONAIS DE ORIENTAÇÃO CURRICULAR	81
6.2	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS LIVROS DIDÁTICOS.....	87
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	115
	REFERÊNCIAS	118
	APÊNDICE A – QUADRO RESUMO DAS CATEGORIAS DE ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS.	124

1 INTRODUÇÃO

Quando estava no ensino médio, uma das minhas preocupações era como estudar todos aqueles conceitos científicos escolares que deveria aprender e de que maneira poderia utilizá-los no meu cotidiano. Quando estava na época de entrar no curso superior optei por licenciatura em física pois queria levar aquelas reflexões de uso e mudanças de práticas cotidianas para outras pessoas.

Durante a graduação fui reapresentado ao conceito de energia e o percebi como um conceito útil para a utilização da física escolar na interpretação dos fenômenos naturais e tecnológicos. Servindo para contextualizar a os conceitos físicos no dia a dia dos aprendizes.

Quando iniciei o mestrado inquietava-me com dois problemas: Como os estudantes tinham dificuldades em compreender o conceito de energia e como este conceito podia ser definido de tantas maneiras diferentes nos diversos materiais didáticos.

Vemos que um dos objetivos do ensino de física é proporcionar a formação de conceitos científicos aos estudantes (BRASIL, 1999), porém existe uma distância entre os saberes produzidos nos grandes centros acadêmicos e os conteúdos que são propostos para a sala de aula do ensino básico. Há diferenças nos objetivos dos saberes escolares e científicos. O saber científico tem por finalidade ampliar o que se sabe sobre esta área do saber, enquanto o saber escolar trata dos conceitos que já estão consolidados na comunidade acadêmica e são preparados para serem ensinados. Essas transformações pelas quais passam o saber das academias para o saber a ser ensinado nas escolas é denominado Transposição Didática.

A noção de Transposição Didática foi desenvolvida por Yves Chevallard (1991), no quadro da didática matemática Fundamental. A transformação que ocorre nos diversos conceitos científicos que incluem supressões, modificações, criações didáticas são necessários para adequar as finalidades impostas pelo meio didático.

Na física, podemos citar as modificações sofridas pela cinemática e pela termometria que não foram áreas de pesquisa na comunidade científica, porém assumem papel relevante no ensino (SIQUEIRA; PIETROCOLA, 2006). O próprio Chevallard (1991) aponta que a Transposição Didática não ocorre apenas na

educação matemática, onde o conceito se originou, ocorre também no ensino das ciências naturais. Desta maneira, vemos que os conceitos das ciências naturais e de outras áreas do saber também são transpostos para o ambiente escolar com a finalidade de ser ensinado.

Vimos que existem poucos trabalhos sobre transposição didática em ensino de física (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005; SIQUEIRA; PIETROCOLA, 2006; ASTOLFI; DEVELAY, 2012). Na pesquisa para produção deste trabalho encontramos apenas trabalhos sobre a transposição de conceitos da física moderna e contemporânea, neste trabalho optamos por realizar um estudo do conceito da física clássica.

Dentre os vários conceitos existentes na física clássica decidimos discutir sobre a energia¹, pois o autor apresenta certa afinidade com o conceito desde a graduação em licenciatura em física. Após a graduação a experiência de ensino mostrou que os estudantes apresentavam muitas dúvidas e confusão sobre o tema. Desta forma o autor acreditou ser pertinente desenvolver uma pesquisa sobre o tema que Consolidou-se no presente trabalho.

Mesmo o conceito de energia sendo amplo e sem uma definição muito precisa (SILVA, 2012) é apontado como um conceito interdisciplinar e necessário ao cidadão (BRASIL, 1999). O conceito de energia é um eixo norteador ao ensino de física segundo os Parâmetro Curriculares Nacionais (BRASIL, 1999). O ensino de física deve promover uma alfabetização científica tecnológica que possibilite aos estudantes uma atuação social com base em um pensamento crítico e autônomo, questionando os argumentos técnicos científicos apresentados sobre problemas sociais (AULER; DELIZOICOV, 2001), porém, o ensino de física no Brasil ainda encontra-se baseado na memorização de conceitos e algoritmos de forma descontextualizada (MARTINS, 2009) retirando dos estudantes a necessidade de pensar sobre a responsabilidade social relativa a ciência e tecnologia.

Martins (2009) ainda nos alerta sobre a necessidade de formar nossos estudantes com a capacidade de compreender as manchetes e notícias que vemos nos telejornais. Como reportagens sobre meios mais eficientes de consumo de energia elétrica, produção de energia limpa ou ainda o aumento do custo de produção de energia elétrica se multiplicam em noticiários, amplia-se a necessidade de uma

1 Energia é uma palavra de origem latina que significa trabalho (BUCUSSI, 2007).

posição do cidadão sobre tais questões técnicas. Neste sentido, torna-se importante notarmos que o conceito de energia e sua transformação (conservação e degradação) são importantes para que o indivíduo possa ter uma participação autônoma em discussões técnicas e científicas, compreendendo as alternativas propostas por especialistas de maneira a posicionar-se sobre o assunto.

Deve-se entender também qual é a importância do conceito de transformação energética para a comunidade científica, já que as transformações energéticas são centrais nas engenharias e em outros ramos tecnológicos, além de modelar as transformações naturais com uma teoria consistente para as ciências naturais. Esse tipo de saber influirá na preparação do estudante para tornar-se um futuro trabalhador, preparado ao uso de novas tecnologias e permitirá a continuação dos estudos de forma a contribuir com o desenvolvimento de novos saberes científicos.

Silva (2012) discorre sobre ensino do conceito de energia, postulando que o processo precisa estar associado ao ensino das transformações energéticas², devendo-se considerar dois aspectos fundamentais: A conservação da energia (conceito associado à 1ª lei da termodinâmica) e a degradação³ energética (conceito associado à segunda lei da termodinâmica).

Doménech; Limiñana e Menargues (2013) comentam sobre as dificuldades do ensino de energia e sobre as consequências destas dificuldades no ensino superior na Espanha. Dentre os problemas identificados neste trabalho os autores apontam a dissociação dos conceitos de conservação e degradação da energia e uma inadequação no entendimento da natureza da energia. Imaginamos que estes tipos de problemas, que acontecem na Espanha, também podem ocorrer no ensino brasileiro, pois pode-se encontrar problemáticas semelhantes em pesquisas em ensino de física realizadas no Brasil (ASSIS; TEIXEIRA, 2003).

Segundo Bucussi (2007) seria possível entender melhor o conceito de energia e de suas transformações acompanhado o seu desenvolvimento histórico pois, obstáculos epistemológicos associados à produção do saber (BACHELARD, 2013) assemelham-se a dificuldades de aprendizagem encontradas em pesquisas (SILVA, 2012), como exemplo destas adversidades de aprendizagens temos a dificuldade em

² Trataremos as transformações energéticas como definido por Silva (2012), onde as transformações energéticas são as mudanças nos sistemas e os diversos aspectos da energia e a conservação geral do valor da energia.

³ No presente trabalho trataremos a diminuição da capacidade de utilização da energia de um sistema como degradação energética.

perceber a diferença entre os conceitos de temperatura e calor que impedem uma melhor compreensão das relações entre energia interna e calor e torna-se uma barreira ao entendimento desta conexão de conceitos.

Para minimizar essas dificuldades de aprendizagem e desenvolver a formação adequada do conceito, se faz necessário observar a forma como as aulas são conduzidas e considerar a qualidade do material didático utilizado na formação (VILLATORRE; HIGA; TYCHANOWICZ, 2008). Dentre os materiais didáticos disponíveis vemos em destaque o livro didático. Doménech; Limiñana e Menargues (2013) aponta que a principal ferramenta didática usada pelos professores do ensino médio é o livro didático.

O ensino de física no Brasil é livresco (MOREIRA, 2000), isto é, o livro didático é a principal fonte de conceitos utilizado por docentes e discentes e a sequência dos temas utilizadas nos livros tornaram-se as principais referências para o currículo do ensino de física nacional. Desta forma, é importante pensarmos o livro didático como a principal ferramenta da educação em ciências.

Tendo em vista a relevância dada ao livro didático no território nacional é importante exigir a qualidade do livro, por isso o governo brasileiro criou um programa para definir os livros que poderão ser adotados pelas escolas públicas, o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Este avalia os livros didáticos que são publicados com a finalidade de verificar se os mesmos estão adequados ao uso nas escolas públicas no Brasil. Para isto utilizam como critérios de seleção a ausência de erros epistemológicos; a qualidade de impressão e imagens; havendo figuras, estas precisam favorecer a compreensão dos conceitos; o livro deve ser promotor de uma visão não deformada da ciência e da tecnologia e o texto não pode reforçar nenhum tipo de preconceito.

Os livros selecionados pelo PNLD poderão ser distribuídos para escolas de todo o país e devem ser utilizados por professores e estudantes durante um período de três anos. Assim, os livros aprovados pelo programa devem representar de forma significativa a produção de livros didáticos e, como passaram por avaliadores do governo, estes devem atender critérios de qualidade do programa.

O livro didático e os programas curriculares ou documentos nacionais de orientação curricular tem papel relevante na noção da Transposição Didática. A transformação do conceito desenvolvido na comunidade científica que aparece nestes

livros e documentos experimenta o que Chevallard (1991) chama de Transposição Didática externa, isto é, a transformação do saber sábio em saber a ser ensinado.

Portanto, propomos para questão de pesquisa: como ocorre o processo de Transposição Didática do conceito de energia do saber científico para os documentos nacionais de orientação curricular e para os livros didáticos de física direcionados ao ensino médio que foram selecionados pelo PNLD 2015?

De forma geral objetivamos analisar o processo de Transposição Didática do conceito de energia do saber sábio aos documentos de nacionais de orientação curricular para o ensino médio e para os livros didáticos de física para o ensino médio que foram selecionados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2015. Para nos subsidiar na tarefa que temos por objetivo buscaremos:

- Caracterizar o conceito de energia, tanto do ponto de vista didático quanto na forma que ele é abordado na academia;
- Analisar como o conceito de energia aparece nos programas oficiais, tais como: parâmetros curriculares nacionais (PCN), Normas complementares aos PCN (PCN+), Orientações Curriculares Nacionais Para o Ensino Médio (OCNEM) e Base Nacional Comum Curricular⁴ (BNCC);
- Verificar como esse conceito de energia aparece no livro didático.

O PNLD 2015 selecionou 14 coleções de livros de física para o ensino médio. Devido à extensão da análise desenvolvida neste trabalho, pretendemos utilizar uma amostra dos livros. Estes foram selecionados para compor o corpus desta pesquisa por terem sido adotados por escolas da rede estadual de ensino do estado de Pernambuco. Para examinar a amostra realizamos uma análise bibliográfica nos oito livros do segundo ano do ensino médio, pois o conceito de energia é discutido nos capítulos que tratam das leis da termodinâmica, conteúdo tradicionalmente abordado no segundo ano do ensino médio, que é o foco desta investigação.

Como os livros apresentados no PNLD são selecionados pelas escolas para uso trienal um estudo desta natureza pode servir de orientação para os autores, de forma que possam melhorar ainda mais os livros textos que produzirão para as próximas edições, além de subsidiar pesquisas futuras sobre o tema.

⁴ Documento que ainda tramita no congresso foi analisado nas suas versões provisórias disponibilizada ao público (1ª e 2ª versões).

O trabalho apresentará no segundo capítulo uma breve discussão sobre a Teoria Antropológica do Didático e a Noção de Transposição Didática, com uma apresentação sobre os elementos da Transposição Didática trazida a nós por Chevallard (1991, 1999, 2007).

O terceiro capítulo mostrará o atual estado do conceito de energia a partir de uma breve reconstrução histórica dos seus principais constituintes, caracterizando o conceito científico atualmente aceito pela comunidade científica e discorrendo sobre como as pesquisas em ensino de física orientam as práticas de ensino sobre este conceito.

O quarto capítulo trará uma breve contextualização do ensino de física no Brasil e como o livro didático se constituiu como uma ferramenta fundamental para a consolidação de um currículo no ensino de física, fazendo um breve histórico do ensino de física no Brasil. O capítulo se encerrará falando sobre o Plano Nacional do Livro Didático.

O quinto capítulo apontará como o corpus foi escolhido e quais as técnicas de análises foram aplicadas na pesquisa, indicando a forma de construção das categorias de análise dos dados e o recorte que deverá ser feito no campo de pesquisa bem como a caracterização do objeto de pesquisa.

O sexto capítulo mostrará como foi a análise dos dados obtidos na pesquisa, discutindo esses dados para caracterizar a Transposição Didática nos livros didáticos.

As considerações finais recapitulará os pontos importantes dos capítulos, conclusões da análise dos dados e trará as possibilidades de pesquisas futuras.

2 TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

No Brasil, a Constituição Nacional de 1988, no seu artigo 205, assegura a educação básica e gratuita a toda população “visando o pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho” (BRASIL, 1988, p. 104). Esta educação básica tem a finalidade de preparar os estudantes para exercerem a sua cidadania, para a tomada de decisão, para a vida profissional e para atuar frente aos problemas do dia a dia (BRASIL, 1996). Desta maneira as disciplinas propostas para componentes curriculares obrigatórios para o ensino básico devem ser pensadas de forma a promover o enriquecimento cultural da pessoa, preparando-os para o exercício da cidadania e o mercado de trabalho.

A disciplina escolar física, por ser um componente curricular obrigatório para o ensino médio desde 1988, deve ser promotora do aprimoramento do estudante como cidadão brasileiro, habilitando-o a participar de forma mais eficiente do mercado de trabalho e capacitando-o a continuidade dos estudos no ensino superior.

O ensino de física deve favorecer a construção de conceitos que permitam aos estudantes compreenderem a física enquanto ciência e perceberem que esta faz parte da cultura científica e tecnológica (AIKENHEAD, 2009) própria do hemisfério ocidental. Em outras palavras, o ensino da física escolar deve promover a alfabetização científica e tecnológica favorecendo a participação dos estudantes nesta cultura científica (SASSERON; CARVALHO, 2011) pela compreensão de modelos científicos de fenômenos naturais e aplicação destes modelos em componentes tecnológicos. Segundo Martins (2009) essa formação básica deve propiciar aos estudantes, que não seguiram carreiras técnico científica, a capacidade de leitura e compreensão de notícias sobre temas que envolvam a ciência e tecnologia e que possam julgar possíveis soluções de problemas propostas por especialistas de forma autônoma.

Para muitos os conceitos científicos escolares tratados no ensino médio são mera “simplificação” dos conceitos científicos que surgem nas pesquisas acadêmicas (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005). Porém, para Chevallard (1991) um conceito científico não pode ser ensinado sem sofrer transformações que permitam a atividade didática sobre ele. Sempre que um objeto do saber passa de uma instituição para outra esse objeto do saber sofre deformações que são chamadas de transposições

(CHEVALLARD, 1999) e quando esta transposição leva para o sistema de ensino é chamado de Transposição Didática.

As pesquisas em Transposição Didática têm sua gênese na Didática da Matemática, mas não é um fenômeno exclusivo desta. Chevallard (1991) aponta que existem algumas pesquisas realizadas demonstram que este fenômeno também ocorre em outras áreas do saber. Encontramos trabalhos que utilizam a Transposição didática em ensino de física (SIQUEIRA; PIETROCOLA, 2006; BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005; ASTOLFI; DEVELAY, 2012), desta forma é pertinente refletir sobre o uso deste referencial para o Ensino de Ciências.

Para Chevallard (2007) a matemática deve ser estudada como uma ação humana, isto é, considerar a matemática como cultura e descreve como o ensino de matemática tem práticas diferentes das apresentadas na pesquisa em matemática.

Para Laraia (1986), Cultura pode ser definido como tudo que permite ao ser humano exercer ação além das capacidades físicas do seu corpo. Por exemplo, o corpo humano permite que ele pense e elabore conjecturas, isto não é cultura, mas a fala organizada em linguagem permite que seus pensamentos e conjecturas alcancem outras pessoas, a linguagem é cultura. A Matemática é uma criação humana que permite ao homem entender e expressar-se sobre o mundo de maneira que excede as capacidades do corpo humano, caracterizando-a como cultura.

Dentro desta perspectiva de Cultura podemos afirmar que as ciências, de forma geral, e a física, de modo mais específico, são elementos da cultura de um povo ou uma comunidade científica (AIKENHEAD, 2009). A física permite ao ser humano que a conhece compreender relações e fenômenos naturais de maneira que os seus sentidos não permitem. A sociedade, as artes e a história são influenciadas pela física do seu tempo (MARTINS, 2009).

A matemática, assim como qualquer outra atividade científica, realiza-se dentro do conjunto de atividades humanas, portanto culturais, praticadas por indivíduos ou instituições (ALMOULOUD, 2007). Podemos analisar como os objetos do saber são criados e investigados em instituições e de que forma esses objetos se apresentam em diferentes instituições e a maneira como ele é transposto de uma instituição para outra (CHEVALLARD, 1999).

Desta forma acreditamos ser possível utilizar elementos da Noção de Transposição Didática, que foram desenvolvida para investigações em Didática da Matemática, também em pesquisas em ensino de física.

Como os objetos do saber se constituem em uma instituição é importante definirmos as instituições e sua relação com o saber e a noção de Transposição Didática.

2.1 AS INSTITUIÇÕES E OS SABERES

Antes de definirmos instituição, acreditamos ser importante esclarecermos as diferenças entre saber e conhecimento segundo o referencial teórico utilizado neste trabalho.

O conhecimento tem um caráter individual e subjetivo (MENEZES, 2010) estabelecendo-se a partir de uma relação do sujeito com o objeto do saber, enquanto “o saber é quase sempre caracterizado por ser relativamente descontextualizado, despersonalizado e mais associado a um contexto científico, histórico e cultural” (MENEZES, 2010, p. 24), em outras palavras, o objeto do saber é retirado da experimentação imediata do sujeito (BRITO MENEZES, 2006).

Brito Menezes (2006) diz que a distinção entre o saber e o conhecimento é um estatuto cultural e podemos entender o saber como um conhecimento institucionalizado. Resumidamente podemos dizer que o conhecimento está ligado ao indivíduo e o saber ligado à instituição.

O termo instituição pode ter diferentes significados, nós vamos apoiar na apresentação de Chevallard (1999) dentro da Teoria Antropológica do Didático⁵. Uma instituição é “um dispositivo social, total ou parcial, que impõe aos seus sujeitos formas de fazer e de pensar, que são próprias a cada ‘tipo ou forma’ de instituição” (MENEZES, 2010, p. 72) em outras palavras, as instituições normatizam o pensar e o agir dos indivíduos que fazem parte delas. Porém é importante notarmos que as pessoas fazem a instituição e as instituições fazem a pessoa (CHEVALLARD, 2007) tornando-se um sistema dinâmico no qual os pensamentos das pessoas são influenciados pelas instituições da qual elas fazem parte, mas as pessoas que formam uma instituição também reconstróem as prescrições institucionais.

⁵ A Teoria Antropológica do Didático (TAD) foi desenvolvida por Yves Chevallard no fim da década de 1990 em que o autor descreve a matemática e a didática da matemática como atividades humanas e propõe a análise ecológica do saber como ferramenta de pesquisa. A análise ecológica do saber faz um estudo sobre o *topos* do saber no nicho ecológico do saber em cada instituição (CHEVALLARD, 2007). Quando um objeto do saber migra de uma instituição para outra ele passa por uma transposição, quando a transposição leva o saber para o sistema de ensino está é uma transposição didática (CHEVALLARD, 1999).

Segundo o filósofo e historiador da ciência Thomas Kuhn (2013) o estabelecimento de uma área de estudo se define como ciência a partir da aceitação de um paradigma pela comunidade dos estudiosos. Em seu livro a estrutura das revoluções científicas, Kuhn (2013) esquematiza as chamadas revoluções científicas estabelecendo três fases para o estabelecimento da ciência: pré-paradigmática, onde um conjunto de ideias concorrentes sobre as explicações de fenômenos ou métodos de pesquisas devem ser utilizadas pela comunidade de pensadores; paradigmática, em que a comunidade de científica entra em consenso sobre qual deve ser o paradigma a ser utilizado na ciência e estabelece a ciência normal que serve para reforçar o paradigma e completar quebra-cabeças e revolucionária, fase em que as anomalias na pesquisa da ciência normal acumulam-se abalando as bases do paradigma vigente e concorrentes deste reforçam-se criando condições para a mudança do paradigma na ciência estabelecida. Desta maneira uma ciência é definida pela aceitação de um paradigma (KUHN, 2013). Segundo Kuhn (2013) um paradigma é um conjunto de crenças que norteiam as ações dos cientistas. Um paradigma vai determinar quais problemas poderão ser abordados, e a forma como este problema poderá ser resolvido, legitimando os métodos de pesquisa e as conclusões possíveis que são aceitas pela comunidade científica (KUHN, 2013). Podemos perceber que da mesma forma que um paradigma define formas de agir e pensar para um conjunto de indivíduos, a comunidade científica, sendo o equivalente a uma instituição, desta maneira podemos compreender a ciência como uma instituição (ZANARDI; KNEUBIL; PEREIRA, 2013).

Dessa forma, podemos perceber que as ciências e os centros de pesquisas podem ser consideradas instituições que norteiam as ações e pensamentos dos cientistas. Neste trabalho chamaremos a instituição científica de comunidade acadêmica ou ambiente científico. A ciência é uma instituição responsável pela produção de saberes, isto é, a criação de objetos do saber (CHEVALLARD, 1991). Os objetos do saber que habitam o ambiente científico são os saberes de referências à educação, que chamamos de saber sábio (Savoir savant, na forma origina em francês) (CHEVALLARD, 1991).

A produção do saber científico⁶ segue regras próprias que são objeto de estudo da epistemologia e da sociologia das ciências. A epistemologia é a área da filosofia

⁶ Neste trabalho utilizaremos o termo Saber Científico como sinônimo de Saber Sábio.

que estuda a gênese do saber e dos conceitos e a sociologia das ciências estuda a sistemática da aceitação e validação dos saberes produzidos pela comunidade científica. Porém está além dos objetivos do presente trabalho descrever ou estudar a descrição dos processos epistemológicos e sociológicos ligados a produção, aceitação e validação do saber sábio.

O sistema de ensino que busca transformar as formas de pensar e agir dos estudantes que passam por ele também promove uma forma própria de pensamento e ações, sendo outra instituição (CHEVALLARD, 1991). O saber ensinado (*savoir enseigné*, no original em francês) é o saber próprio desta instituição. O saber ensinado assemelha-se ao saber científico de referência, porém com deformações necessárias para que o objeto que surgiu no saber sábio possa habitar o saber ensinado (CHEVALLARD, 1991).

O sistema de ensino produz deformações no saber construído na comunidade acadêmica (saber sábio) formando um saber próprio desta instituição (o saber ensinado) que é epistemologicamente diferente do saber de referência de forma a atender as necessidades do ensino. Da mesma forma que a produção dos saberes científicos têm disciplinas próprias que a estudem, o saber ensinado também. A produção do saber ensinado é objeto de estudo da didática que estuda as técnicas e o conteúdo para o ensino.

O saber escolar⁷, mesmo sendo epistemologicamente diferente do saber sábio, utiliza os objetos do saber desenvolvidos nos centros acadêmicos como saber de referência para criar o saber ensinado, produzido deformações nos saberes necessárias a didatização do conceito. Não estamos dizendo que o saber escolar deve ser idêntico ou completamente distinto do saber científico, antes, cada nível de ensino estabelece uma aproximação diferente do saber de referência. No nível fundamental de ensino a distância adequada entre o saber sábio e o saber ensinado é maior que a distância entre os saberes no ensino superior. Os saberes devem está a uma boa distância que deve ser mantida através da vigilância epistemológica constante sobre a transposição dos conceitos. Isto é, o saber ensinado deve

⁷ Sabemos que Michel Henry (1991, apud BRITO MENEZES, 2006) utiliza o termo Saber Escolar (*savoir scolaire*, no original em francês) para indicar o saber que sofre a transposição do saber a ser ensinado, presente nos programas governamentais, para o livro didático. Em nosso trabalho utilizaremos a definição de Chevallard (1991), em que o saber presente nos programas curriculares e o saber presente nos livros didáticos apresentam o mesmo status epistemológicos. Com isso, utilizaremos o termo Saber Escolar como sinônimo de Saber Ensinado.

assemelhar-se ao saber sábio, já que “o saber torna-se mais legítimo quanto mais próximo ele for dos saberes de referência” (BRITO MENEZES, 2006, p. 79).

O processo de passagem de um objeto do saber de uma instituição a outra é chamado por Chevallard (2007) de transposição e quando o destino final desta mudança de instituição é o sistema de ensino chamamos de Transposição Didática (CHEVALLARD, 2007).

Esse saber ensinado no sistema de ensino se estabelece com a finalidade de promover mudanças na forma de pensar e agir dos estudantes. Neste país os conceitos ensinados na escola devem servir aos estudantes para que possam exercer sua cidadania, se preparar para o mercado do trabalho, como também possibilitar a continuidade dos estudos (BRASIL, 1988 e 1996). Estes estudos devem possibilita que os egressos do ensino médio possam entrar, caso queiram na continuação dos seus estudos fazer parte da comunidade científica. O processo de Transposição Didática deve atender as necessidades do sistema de ensino e da sociedade.

O sistema de ensino e a sociedade não apresentam necessariamente as mesmas necessidades, em alguns casos diferentes setores da sociedade apresentam necessidades contraditórias, por exemplo, para alguns setores da sociedade é melhor que a maior parte da população não compreenda os riscos do desmatamento indiscriminado em quanto outros setores esperam que a maior parte da sociedade saiba da necessidade da existência de áreas verdes para a manutenção da vida do planeta. Desta forma a relação entre o sistema de ensino e a sociedade não pode ser feita de forma direta. A relação entre estas instituições é mediada por uma outra chamada de Noosfera (CHEVALLARD, 1991). A Noosfera é uma instituição que medeia as tensões entre os desejos da sociedade e a necessidade do sistema de ensino, tornando a noosfera uma instituição política.

Os vários setores da sociedade que põem suas ânsias e necessidades de progresso no sistema de ensino vão compor esta instituição, para debate e decisões de natureza política deverão ser tomadas em relações aos pedidos feitos. “A noosfera é composta, em geral, por cientistas, educadores, professores, políticos, autores de livros didáticos, pais de alunos, entre outros” (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005, p. 3), quando estes criam expectativas para que o sistema de ensino atenda suas aspirações.

É importante entendermos que na noosfera as vozes são assimétricas e exercem uma pressão muda no sistema de ensino. Quando estudantes pensam em

prosseguir com estudos universitários (sendo a principal preocupação nesta linha os exames de seleção universitária⁸), carreira ou usos dos seus conhecimentos no seu dia a dia; quando os pais dos dissentes esperam que seus filhos tornem-se mais cultos e comportados; quando os donos de organizações esperam futuros funcionários capacitados ao trabalho com as novas tecnologias; quando professores universitários e pesquisadores de diversos centros de pesquisa esperam novos pesquisadores competentes em suas áreas de pesquisa; quando o governo espera cidadãos capazes de uma participação democrática na sociedade e no mercado de trabalho e tantas outras partes da sociedade impõem seus anseios ao sistema educacional, pressionam o sistema de ensino a satisfazer tais necessidades.

Dentro da noosfera, encontraremos os organismos governamentais que transformam os debates e anseios emergentes em documentos, transformando os saberes produzidos nos centros de pesquisa em currículos ou documentos de orientação curricular. Veremos também os autores dos livros didáticos que sistematizam esses documentos de orientação curricular ao produzirem os livros didáticos. Este saber produzido pela noosfera é o saber a ser ensinado (*savoir à enseigner*, no original em francês) (CHEVALLARD, 1991).

2.2 TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA INTERNA E EXTERNA

Quando um objeto do saber é transportado da comunidade científica para o sistema de ensino ocorre a Transposição Didática (CHEVALLARD, 2007) pois um objeto do saber que se constituiu no saber sábio não pode habitar o saber ensinado sem sofrer processos que permita sua dedetização (CHEVALLARD, 1991).

Pode-se dizer que a Transposição Didática é o processo de transformação do saber levando do saber sábio ao saber ensinado.

A Transposição Didática pressupõe a existência de um processo, no qual um conteúdo do saber, tendo sido designado como saber a ensinar, sofre, a partir daí, um conjunto de transformações adaptativas que o levam a tomar lugar entre os objetos de ensino. (SIQUEIRA; PIETROCOLA, 2006, p. 2)

É importante notarmos que este processo não é uma mera simplificação dos conceitos e métodos científicos adotados no meio acadêmico. “O saber científico vai

⁸ Segundo Luckesi (2011), Não só é a principal preocupação dos estudantes como tornam-se muito importante para os professores.

sofrer várias transformações [...] que implica deformações, supressões, acréscimos, criações didáticas” (BRITO MENEZES, 2006, p. 72). Tendo este conjunto de elementos a Transposição Didática permite ao saber deixar o domínio científico e passar ao ambiente escolar. “Esta suposta ‘simplificação’ gera, na verdade, um novo saber, com novo estatuto epistemológico, o Saber Escolar.” (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005, p. 4).

Chevallard (1991), descreve duas transposições didáticas, uma é a chamada Transposição Didática externa e a outra é a Transposição Didática interna.

A Transposição Didática externa, de forma sintética, é a transposição dos conceitos científicos para os currículos e livros didáticos, isto é, transforma o saber sábio em saber a ser ensinado. A Transposição Didática interna, de maneira resumida, é a transposição dos conceitos que estão nos currículos e nos livros didáticos para o conceito que é efetivamente ensinado, isto é, transforma o saber a ser ensinado em saber ensinado.

A Transposição Didática interna é um processo que ocorre dentro dos muros da escola, na sala de aula (BRITO MENEZES, 2006). Esta transposição acontece quando o docente, munido do programa curricular e o livro didático, prepara e executa suas aulas. Quando o processo de ensino se realiza o status epistemológico do saber é diferente daquele que apresenta-se nos livros

O saber presente nos livros e programas não, necessariamente, coincide com aquele produzido em sala de aula. Ou seja, quando o professor efetivamente ensina em suas aulas, tendo como base o Saber a Ensinar, ele então produz o Saber Ensinado (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005, p. 8).

É importante deixarmos claro que o saber ensinado é diferente do conhecimento⁹ desenvolvido pelo estudante com a aula (BRITO MENEZES, 2006). O conhecimento que os estudantes efetivamente aprendem depende do relacionamento do estudante com o objeto do saber ensinado. Estes conhecimentos desenvolvem-se de forma relativamente oposta ao desenvolvimento natural que ocorre no saber científico. O conhecimento é gerado de forma artificial, pois a gênese natural do saber ocorre quando este surge no meio acadêmico e a gênese artificial dá-se na redescoberta dos conceitos pelos estudantes, que é promovido pelo método de ensino que o professor utiliza (BRITO MENEZES, 2006).

⁹ Conhecimento pode ser entendido como Saber Aprendido (MENEZES, 2010).

O processo de Transposição Didática externa ocorre na Noosfera (CHEVALLARD,1991). Este processo acontece em duas etapas, a primeira etapa ocorre quando, através dos dispositivos políticos, a noosfera seleciona os conceitos que habitam o saber sábio e transforma-os em saber a ser ensinado, depositando-os nos programas curriculares. A segunda etapa ocorre quando os autores e editores dos livros didáticos sistematizam os conceitos elencados nos currículos nos livros didáticos.

2.3 POR QUE E COM OCORRE A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA?

A Transposição Didática ocorre por diversos motivos (CHEVALLARD, 1991). Um destes motivos é que o objeto do saber produzido na comunidade científica apresenta características próprias do saber científico que não corresponde as características do saber ensinado. Para que o saber sábio possa ser transmitido e legitimado pela comunidade científica é necessário uma despersonalização do saber para retirar do conceito as motivações e exemplos pessoais que foram necessários a ordenação do pensamento do pesquisador que o propôs (CHEVALLARD, 1991). Este conhecimento deverá ser descontextualizado e será retirado dele os conflitos e desafios que fizeram surgir este conceito (CHEVALLARD, 1991). E o conhecimento precisa ser dessincretizados para suprimir dele as crenças e expectativas do autor (CHEVALLARD, 1991).

Já o saber ensinado deve atender às necessidades próprias do sistema de ensino. Os conceitos escolares são didatizado ao serem recontextualizado e repersonalizado para que possam ser ensinado (BRITO MENEZES, 2006).

Desta maneira a ciência física é diferente da disciplina escolar homônima, pois a ciência tem seus problemas e métodos de pesquisa, caracterizando uma natureza epistemológica própria, e a física escolar busca o desenvolvimento de conceitos a uma distância adequada dos saberes científicos. Mostrando que a física e a física escolar são áreas do saber distintas. Segundo Chevallard (1991) não se pode ensinar o saber científico, pois ele não faz parte da didática, mas pode-se ensinar a transposição do saber sábio para o saber ensinado que faz parte da didática. Por isso os professores não podem ensinar física, tendo de ensinar seu análogo transposto, isto é, a física escolar.

Outro motivo para a realização da Transposição Didática é a necessidade da atualização curricular (CHEVALLARD, 1991). Chevallard (1991) fala de dois tipos de atualizações do saber: a atualização moral e a atualização biológica.

Uma é a atualização moral, onde o saber a ser ensinado deve atender os anseios e necessidades da sociedade, o objeto saber que será retirado do saber sábio deve responder às necessidades de uma modernização do saber para atender às demandas sociais e tecnológicas (CHEVALLARD, 1991). Desta forma podemos verificar que há orientação para contextualizar os conceitos científicos escolares por meio do uso de tecnologias contemporâneas (BRASIL, 2002; BRASIL, 2016).

A outra é a que Chevallard (1991) chamou de atualização biológica, onde o saber sábio para ser transformado em saber a ser ensinado deve relacionar-se com as necessidades atuais da ciência ou deve servir de base para a compreensão dos saberes científicos mais atuais e discussões contemporâneas (CHEVALLARD, 1991). O que é uma necessidade para a continuidade dos estudos e a introdução dos estudantes egressos do ensino médio (BRASIL, 1999).

A atualização do currículo escolar interfere na sobrevivência do objeto do saber no sistema escolar, com a atualização do saber muitos dos conceito que a alguns anos atrás eram tidos como fundamentais hoje podem ser conceitos dispensáveis ou que já não compõem o currículo (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005). Como exemplo podemos ver o conceito de velocidade de escape da gravidade terrestre que fazia parte dos currículos na década de 1940 e não faz parte do currículo nos dias atuais.

Além da atualização a sobrevivência do objeto do saber no ambiente escolar depende também da operacionalidade dos conceitos, isto é, a capacidade de construir exercícios e atividade (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005), mesmo que estes não sejam compatíveis com fenômenos cotidianos, mas devem propor tarefas que sistematizem uma organização praxeológica. Isto deve ser feito de maneira a minimizar as dificuldades próprias do conceito, tais como limites de validade¹⁰ e hermeticidade¹¹ (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005).

¹⁰ É comum que conceitos físicos tenham limites de validade (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005), como por exemplo tempo necessário para o equilíbrio de um sistema termodinâmico.

¹¹ A hermeticidade, é uma característica de sistemas herméticos, isto é, um saber fechado em si mesmo que exige domínio de léxico específico e da linguagem matemática (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005).

Desta maneira a construção do currículo escolar deve atender a necessidade de atualização curricular e a necessidade de escolher conceitos que proporcione operacionalidade, o que cria um dilema sobre essa renovação curricular. Pois a atualização trará novos conceitos para o sistema de ensino enquanto a operacionalidade mantém os conceitos que já estão no currículo a muito tempo desenvolvem a operacionalidade (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005).

A manutenção dos conceitos que se mantêm no currículo há muito tempo é preferível por já ter um grande conjunto de tarefas relacionadas ao conceito. Desta forma os currículos tendem a manter-se, apesar da falta de atualização ser um problema grave em relação as necessidades dos estudantes e da sociedade.

Se há uma necessidade de atualização curricular para que este atenda as demandas da contemporaneidade como é possível o currículo de física manter-se quase inalterado por tanto tempo? É fácil entender quando pensamos na operacionalidade e por isso esse currículo se cristaliza. A manutenção de conceitos que compõem classicamente o currículo e não perde espaço mesmo que o conteúdo “não tenha uma abordagem histórica, nem prática, nem conceitual, nem filosófica, mas simplesmente burocráticas, ou seja, é só para constar” (MARTINS, 2009, p. 31). Isto é, a operacionalidade impede a atualização do currículo em certos seguimentos do conteúdo a pesar da necessidade de atualização.

A Transposição Didática não pode se realizar de maneira que a transformação do objeto do saber o ponha a uma distância qualquer do seu posto no saber sábio. A Transposição deve se realizar mantendo distância adequada entre o saber a ser ensinado e o saber sábio de acordo com o nível de ensino esperado. Quando a Transposição Didática do saber sábio leva o objeto do saber ao saber a ser ensinado as transformações devem realiza-se sob **vigilância epistemológica** para que a distância adequada entre os saberes se mantenha (CHEVALLARD, 1991).

A Transposição Didática apresenta algumas características próprias. O saber pode sofrer deformações, supressões, acréscimos, criações didáticas (BRITO MENEZES, 2006). **Deformações**, são modificações sofridas pelo saber sábio de modo a didatizar os conceitos no saber a ser ensinado; **Supressões**, acontecem quando conceitos são suprimidos do saber a ser ensinado; **Acréscimos**, são classificações e conceitos que não existiam no saber sábio, mas foram postas no saber a ser ensinado e as **Criações Didáticas**, quando introduzem variações

modificando o saber de referência criando uma ferramenta para a construção do conceito no saber a ser ensinado.

Essas características da Transposição Didática devem ser verificadas quando o conceito de energia for transformado, retirando-se do saber sábio e sendo introduzido no saber a ser ensinado. Mas para que possamos verificar como se dá Transposição Didática do conceito de energia devemos fazer uma breve reconstrução do saber sábio no próximo capítulo.

3 POLO DO SABER: ENERGIA

Debates sobre fontes de energia, eficiência energética, economia de energia e outros similares surgem diariamente nos noticiários. Para que o cidadão possa ter uma participação autônoma em discussões sobre a problemática científica e tecnológica que envolvam estes temas é importante que haja compreensão adequada do conceito de energia e suas aplicações nas ciências e tecnologias que possam compreender e debater as possíveis soluções dadas por especialistas. Porém as concepções de estudantes sobre a palavra energia apresenta várias discordâncias em relação às visões cientificamente aceitas (MEDEIROS, 2001) por isso é importante que mantenha-se uma vigilância para que a Transposição Didática, ocorrida no conceito de energia, esteja a uma boa distância do saber de referência para promover uma mudança neste quadro.

A ideia de energia é muito abstrata, não tendo um consenso sobre sua definição. Segundo Silva (2012), alguns autores o tem como conceito abstrato e matemático, outros o põem como uma função de estado do sistema físico, mas todos concordam que a energia é uma propriedade que se conserva. A conservação da energia é o que põe a própria energia em relevo.

Mesmo a conservação energética sendo uma característica de grande importância, pode-se perceber um discurso sobre gasto e consumo de energia na mídia. Este gasto refere-se a energia que pode ser utilizada em um sistema físico, chamada de energia útil. É importante notarmos que apesar da energia se conservar, a energia útil em um sistema finito e aberto, não se conserva e por isso dizemos que ela degrada-se.

Não se deve ignorar que a degradação da energia útil em um sistema é uma característica relevante para as ciências e tecnologias, pois indica como ocorre uma reação reversível, ajuda a descrever as relações ecológicas da teia alimentar, define a eficiência de máquinas e caracteriza os estudos das engenharias.

Além da importância para as ciências e tecnologias, já citadas, é pertinente discorrer sobre o interesse deste tema para educação em ciências, segundo Doménech, Limiñana e Menargues (2013) e Silva (2012). Os autores advertem que a ausência da degradação energética no ensino médio causa uma barreira ao aprendizado e dificulta a compreensão sobre os custos e impactos da produção de

energia útil. A segunda lei da termodinâmica, ligada à degradação energética, deve fazer parte do ensino de física e do conceito de energia, por esse motivo quando falamos em transformações energéticas devemos considerar as leis da termodinâmica, a primeira lei que é ligada a conservação energética e a segunda lei que está ligada a degradação energética.

O Conceito de energia é interdisciplinar, pois é utilizado em diversas áreas de pesquisas acadêmicas, tais como física, química, engenharia, biologia e geografia. Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011) os coloca entre o que eles chamam de conceitos unificadores da ciência, isto é, alguns conceitos ligados ao de energia que atravessam as diversas disciplinas escolares criando um conector entre os conceitos próprios de cada disciplina. Notamos que o conceito de energia não é apenas um princípio físico, antes, é uma ideia que perpassa a física, química e biologia, tendo em vista que o princípio físico da conservação da energia é essencial na interpretação de fenômenos naturais e tecnológicos (BRASIL, 1999).

Para os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (BRASIL, 1999), o sistema escolar deve ensinar sobre energia, pois este conceito é necessário para uma formação cidadã. As pesquisas em ensino de física (BUCUSSI, 2007; CAMPOS, 2014; DOMÉNECH; LIMIÑANA; MENARGUES, 2013; JACQUES; ALVES FILHO, 2008; SILVA, 2009, SILVA, 2012; VELOSO, 2012) mostram que a melhor forma de construir o conceito de energia é dá sentido as transformações energéticas, descrevendo a sua conservação e degradação. Sabendo que as leis físicas que versam sobre as características citadas são a primeira lei da termodinâmica (conservação) e a segunda lei da termodinâmica (degradação) (BUCUSSI, 2007) essas serão vistas no presente trabalho.

Quando pensamos na Transposição Didática do conceito de transformação energética, notamos que esta deve ser feita de forma a manter uma boa distância epistemológica entre o saber a ser ensinado, que está presente no livro didático, e o saber sábio, que encontra-se nas produções da comunidade científica. Também consideramos relevante uma apresentação sobre o atual estado epistemológico do saber científico. Vamos buscar fazer uma breve reconstrução histórica e epistemológica do tema para contextualizá-lo e mostrar como está sendo debatido no círculo do ensino de ciências.

3.1 HISTÓRIA DA ENERGIA

Para chegarmos à atual conceituação de energia é importante que façamos uma retrospectiva do saber vendo como estes conceitos se desenvolveram historicamente, pois quando seguimos por esta breve reconstrução podemos perceber quais foram os desafios e obstáculos que os estudiosos tiveram de superar ao longo da história para chegarmos a um consenso que corresponda aos limites científicos e tecnológicos que definam o conceito.

Nota-se que o conceito de energia surge ao longo da história do movimento e do calor, quando formam um campo novo do estudo que chamamos hoje de termodinâmica. Historicamente encontramos três momentos sobre a construção deste conceito: O desenvolvimento nos estudos do movimento, que ganha força no século XVII; o estudo do calor com seu auge no século XVIII e a união desses dois campos na termodinâmica.

3.1.1 A ENERGIA A PARTIR DO MOVIMENTO

O movimento dos corpos chamava a atenção de filósofos desde a antiguidade sendo alvo de estudo desses pensadores, introduzindo as ideias de força e de velocidade e consolidando a física aristotélica como as fontes de saberes científicos. No século XVII, com o estabelecimento da ciência moderna surge uma nova questão: Qual é a verdadeira força de um corpo? Devemos deixar claro que nesta época o conceito de força era vago e ligado a ideia aristotélica de força, mesmo por que este conceito só viera a ser definido por Newton no fim daquele século (MEDEIROS, 2001). Na concepção aristotélica, força é a capacidade de manter a velocidade de um corpo com massa.

Neste período haviam três teorias concorrentes sobre a verdadeira força e a capacidade de transmitir essa força: o *momentum*¹² de Galileu, que se assemelhava a ideia aristotélica de *impetus*, que sendo uma concepção filosófica não trazia uma expressão matemática, mas serviu de base para o desenvolvimento da teoria dinâmica de Newton definindo as bases para o conceito de força aceito pela ciência

¹² Termo em latim que pode ser traduzido para Momento em português. Termo ainda usado atualmente no ambiente acadêmico (HALLIDAY, 2009).

até os dias de hoje; o *motus*¹³ de Descartes, que também era chamado de *vis motus*¹⁴ ou *quantitas motus*¹⁵ e a *vis viva*¹⁶ de Leibniz (MEDEIROS, 2001), esses pensadores eram concorrentes tão respeitáveis quanto Newton.

Descartes, estabeleceu o *quantitas motus* a partir de experiências de colisões de corpos e chegou à conclusão de que a expressão matemática que descrevia e modelava esta teoria era o produto da massa pela velocidade do corpo (RAMOS; PONCZEK, 2011).

Leibniz, estruturou a *vis viva* partindo de experimentos com queda dos corpos e propôs que a expressão matemática que a representaria seria o produto da massa do corpo com o quadrado da velocidade (RAMOS; PONCZEK, 2011).

A disputa entre as três teorias persistiria até a formulação da segunda lei de Newton (BUCUSSI, 2007) que define a força sobre um corpo como a variação do *momentum* no tempo. Desta forma, as duas teorias, a de Leibniz e a de Descartes, foram enfraquecidas.

Medeiros (2001) lembra-nos que no período em que houve a disputa entre essas duas teorias havia uma crença filosófica que favorecia a ideia da conservação do movimento. Vemos que o conceito de *quantitas motus* e *momentum* evoluem para o que conhecemos hoje como momento linear.

Christian Huygens que, finalmente, chegou (junto com Wallis e Wren), em 1669, ao 'Princípio de Conservação da Quantidade de Movimento Linear' [...] Em 1738, Daniel Bernoulli, acrescentava: '...a conservação da *vis viva* é a igualdade da descida real com a ascensão potencial' (BUCUSSI, 2007, p. 7)

Observamos que as teorias se perpetuaram e se desenvolveram, não morreram com o desenvolvimento e expansão da dinâmica newtoniana.

D'Alembert, em 1743, mostra que há diferença entre a evolução temporal e espacial do movimento de um corpo submetido a uma força, quando um corpo com massa "m" e velocidade "v" é submetido a uma resistência, atingindo o repouso depois de percorrer uma distância "s" e durante um tempo "t" (MEDEIROS, 2001). Diferenciando uma atuação temporal, que é o impulso de uma força, ligado ao

¹³ Termo em latim que pode ser traduzido para Motor em português.

¹⁴ Termo em latim que pode ser traduzido para Força Motora em português.

¹⁵ Termo em latim que pode ser traduzido para Quantidade de Movimento em português. Termo que usamos atualmente no ambiente acadêmico (HALLIDAY, 2009).

¹⁶ Termo em latim que pode ser traduzido para Força Viva em português.

conceito de quantidade de movimento, e uma atuação espacial que é o trabalho de uma força, ligado ao conceito de energia. “Assim, a concepção de Leibniz acabou evoluindo até nossa atual concepção de energia cinética enquanto que a de Decartes consiste em nossa atual concepção de quantidade de movimento” (BUCUSSI, 2007, p. 7).

No século XVIII, engenheiros franceses desenvolveram o conceito de efeito mecânico de uma máquina, descrevendo como um motor poderia exercer a força por uma distância. Este conceito evoluiu para o conceito de trabalho (KUNH, 2011).

“De todo modo, por volta de 1820, os tratados teóricos sobre a mecânica passaram a enfatizar o conceito de trabalho” (MEDEIROS, 2001, p. 7) que Coriolis relacionou com a *vis viva*, dizendo que o trabalho de uma força sobre o corpo é metade da variação da *vis viva* do corpo, o que é modernamente chamado de teorema do trabalho (BUCUSSI, 2007).

No século XIX, várias discussões aconteceram para consolidar o que hoje entendemos por energia. Em 1803, L. N. M. Carnot, Pai de Sadi Carnot, desenvolve a ideia de *vis viva* “latente”, que se tornaria a energia potencial. Em 1807, Young muda o nome da *vis viva*, que não é uma força, pela terminologia de energia que viria a ser modificada para energia cinética por Kelvin (BUCUSSI, 2007). Além disto temos a consolidação da termodinâmica como área de pesquisa.

Os estudos da termodinâmica, iniciados na segunda metade do século XVIII; desenvolveram vários equipamentos, construindo a necessidades de saberes mais precisos sobre como o calor gerava movimento nas máquinas a vapor e de como poderiam tornar as máquinas mais eficientes (MOSLEY; LYNCH, 2011).

3.1.2 A ENERGIA A PARTIR DO CALOR

A temperatura e o calor também faziam parte das reflexões filosóficas da Grécia clássica sobre o *cosmos*, os filósofos pré-socráticos já colocavam o fogo como um dos elementos do universo, mesmo tendo uma noção vaga da natureza do calor o associavam a este elemento (CIDRA; TEIXEIRA, 2004) ainda que este não ocorresse, por exemplo, o aumento da temperatura das fezes dos animais em um estabulo, indicavam o elemento fogo que existia no excremento (GREENBERG, 2009). É importante notarmos que os conceitos de temperatura e calor não se distinguiam de forma efetiva, neste período os termos eram sinônimos (BUCUSSI, 2007).

É conveniente deixarmos claro que fenômenos relacionados a vida também eram associados ao elemento fogo, tais como o vapor produzido pela respiração em dias frios, a temperatura de mamíferos e aves e o, já citado, aumento de temperatura produzido em substâncias em fermentação (GREENBERG, 2009). Todos esses fenômenos possuem explicações distintas na biologia contemporânea, mostrando como as concepções de calor e temperatura permeiam a biologia.

Apesar de filósofos da natureza, tais como: Roger Bacon, Francis Bacon e Kepler; defenderem que o calor tinha relação com o movimento das partículas (BUCUSSI, 2007) o viés substancialista¹⁷ era o paradigma vigente entre os séculos XVI e XVIII, com filósofos naturais renomados, tais como Telesius e Galileu, defendendo a existência de um fluido que seria o calor (CIDRA; TEIXEIRA, 2004). Nos anos iniciais da ciência moderna este fluido era chamado de calórico¹⁸ (BUCUSSI, 2007).

Ao longo dos séculos XVII e XVIII os conceitos de temperatura e calor separaram-se graças a melhora progressiva dos termômetros, a partir do termoscópio de Galileu e o aperfeiçoamento proposto por Fahrenheit (CIDRA; TEIXEIRA, 2004). O conceito de temperatura foi introduzido por Klingestjerna em 1729, porém a separação entre temperatura e calor só acontece de forma efetiva em 1760 por Black (CIDRA; TEIXEIRA, 2004).

Black foi um dos principais investigadores do calor o que foi importante para definição de alguns conceitos que utilizamos até hoje, como as ideias de calor sensível¹⁹, calor latente²⁰ e capacidade calorífica²¹ (BUCUSSI, 2007). As pesquisas

¹⁷ Este viés procura explicar os fenômenos naturais por meio do uso de substâncias de características comuns e/ou excepcionais, de forma a sintetizar todas as características relativas ao fenômeno.

O substancialismo é visto como um obstáculo epistemológico para Bachelard (2013). O substancialismo é “atribuir à substância qualidades diversas, tanto a qualidade superficial como a qualidade profunda, tanto a qualidade manifesta como a qualidade oculta” (BACHELARD, 2013, p. 121). Podemos ver que, para o autor, o viés substancialista impede o espírito científico de fazer novas perguntas.

¹⁸ O calórico era um fluido com características bem estranhas que eram usados para explicar como os fenômenos térmicos aconteceriam. (GOMES, 2012). Vemos o calórico como sendo o último fluido adotado pela alquimia para este fim, tal como o termógeno e o flogisto (BUCUSSI, 2007).

¹⁹ Propriedade que explica a mudança de temperatura dos corpos ao receberem calor (HALLIDAY, 2009).

²⁰ O calor latente é a quantidade de calor que é necessária para fazer uma certa massa de substância, que encontra-se em temperatura limite para mudança de estado físico (sólido e líquido, por exemplo), mudar de estado físico (HALLIDAY, 2009).

²¹ Também chamada de capacidade térmica é a propriedade da substância que explica porque substâncias diferentes que recebem a mesma quantidade de calor modificam sua temperatura de forma diferente (HALLIDAY, 2009).

de Black alicerçava-se no conceito de calórico, sendo este uma substância que possuía a propriedade da conservação. Com base nisto Black anunciou a lei da conservação do calor (GOMES, 2012).

O calórico como uma substância tinha um poder explicativo muito grande como Gomes (2012) deixa claro ao citar as explicações sobre a dilatação dos corpos, com o acréscimo de calórico os corpos ficavam inchados devido a presença do fluido. Ainda assim haviam críticas a teoria do calórico. Um dos principais cientistas que trabalharam contra a teoria substancialistas do calor foi o conde de Rumford (GOMES, 2012).

A mais famosa das experiências de Rumford foi realizada quando ele era responsável pela confecção de canhões na Baviera. A broca de perfuração dos canos dos canhões se aqueciam e quanto mais perfurassem mais tinham aumento de temperatura no corpo do canhão e do meio que o cercava, fosse o ar ou água corrente (MOSLEY; LYNCH, 2011), o que é incompatível com a quantidade limitada de calórico que deveria existir em um corpo, esse experimento foi um dos principais motivos da derrubada do paradigma substancialista (GOMES, 2012).

Com a superação da teoria do calórico a chamada teoria dinâmica do calor²², onde a temperatura de um corpo é devida a movimentação de partículas e o calor é a transferência deste movimento por meio de colisões (GOMES, 2012), difunde-se no meio acadêmico ganhando adeptos em muitos dos centros de estudos da época. Esta nova abordagem teórica conquistou defensores famosos como Davy, que atritando pedras de gelo mostrou como elas derretiam; Joule, com uma máquina que movia pás em água de forma a aquecê-la, e Sadi Carnot, que escreveu o livro “Reflexões sobre o poder motor do fogo” (BUCUSSI, 2007). O autor ainda alerta-nos que o declínio da teoria do calórico ocorreu paralelamente à emergência do conceito de energia.

Ainda no século XVIII, tradados médicos sobre a cor do sangue venoso e arterial de pessoas que estavam em atividade física em comparação com pessoas que estavam em repouso apresentavam resultados semelhantes a estudos médicos sobre a cor do sangue de pessoas em ambientes frios e quentes (KUHN, 2011), criando um paralelo entre a manutenção da temperatura corporal com o esforço físico, uma pista da primeira lei da termodinâmica que foi identificada na biologia. O estudo

²² Esta teoria foi favorecida pela criação contemporânea da teoria atômica. As leis ponderais e o desenvolvimento da lei dinâmica do calor formam uma base teórica do conceito atômico (GREENBERG, 2009).

do calor abriu caminho para o desenvolvimento de conceito de energia na química, biologia e áreas afim.

3.1.3 A ENERGIA A PARTIR DA TERMODINÂMICA

No início do século XVIII, houve o surgimento e desenvolvimento da máquina a vapor e com isso a necessidade de aprofundar os estudos sobre como o calor e o movimento relacionavam-se (MOSLEY; LYNCH, 2011) fomentando a termodinâmica. Neste contexto encontramos a criação do princípio da conservação da energia, que é chamado de primeira lei da termodinâmica (BUCUSSI, 2007).

Kuhn (2011) mostra que neste período haviam muitos estudos de áreas científicas e tecnológicas distintas, começavam a mostrar vários princípios de “convertibilidade” entre grandezas diferentes. Estes princípios de convertibilidade tornavam-se o princípio de conservação. Bucussi (2007) alerta que nesta perspectiva muitas pesquisas mostravam que o calor²³ e o trabalho²⁴ eram quantidades imutáveis e convertíveis.

Kuhn (2011) diz que o surgimento da primeira lei da termodinâmica deve-se a três fatores que haviam na época: disponibilidade de muitos processos de conversão, preocupação com motores e a filosofia da natureza. Os processos de conversão de grandezas estavam aparecendo nas pesquisas da época criando uma matriz de conversão de manifestações²⁵ da energia, tais como: a conversão de energia térmica em cinética, apresentado por Watt; a conversão de energia elétrica em energia magnética, como mostrado por Oersted; e a conversão da energia térmica em elétrica como mostrado por Seebeck. A preocupação com motores mais eficiente e robustos que eram voltados para a produção industrial financiavam pesquisas na área de termodinâmica e proporcionavam interação de vários pesquisadores. A filosofia da natureza na época desenvolvia-se ainda em uma perspectiva religiosa, proporcionando uma crença na conservação dos fenômenos (MEDEIROS, 2001).

Bucussi (2007) aponta como a primeira lei da termodinâmica emerge da rede de conversão das áreas do saber que encontravam-se em desenvolvimento na época.

²³ Aqui refiro-me a calor como sendo elemento de mudanças de estados térmico do sistema.

²⁴ Trabalho é um elemento do sistema que fala sobre efeitos mecânicos do sistema (BUCUSSI, 2007).

²⁵ Neste trabalho diferenciaremos formas de energia (cinética e potencial) de manifestações de energia (térmica, solar, eólica etc) segundo a diferenciação usada por Bucussi (2007). Que será tratada posteriormente.

No início do século XIX, já existia um conjunto diverso de conversão entre características do sistema físico.

Tem-se Joule como o principal nomes da física deste período, em seus estudos ele mostrou que as “forças” (é importante lembrar-nos que durante estes séculos os conceitos de energia e força confundiam-se) elétricas e térmicas se convertiam e com isso “Podemos dizer que de certa forma já havia uma concepção qualitativa da conservação da energia, contudo, a quantificação desta conservação revelou-se” (BUCUSSI, 2007, p.12).

A preocupação com o desenvolvimento de motores melhores permitiu a quantificação do trabalho produzidos por eles. Mayer calculou o trabalho de um sistema físico através dos calores específicos das substâncias que o compunham.

O trabalho de Mayer, contudo, não alcançou a mesma repercussão que o de Hermann Helmholtz (1821-1894) que em 1847 generalizou o princípio de conservação da energia em uma lei universal e que mais tarde veio a ser conhecida como a Primeira Lei da Termodinâmica (BUCUSSI, 2007, p. 13)

Clausius demonstra matematicamente o trabalho de Mayer, dando ao conceito de energia um *status* de função de estado ligado aos conceitos de calor e trabalho, permitindo um desenvolvimento de uma teoria que modela os processos de transformações energéticas (BUCUSSI, 2007).

Depois do estabelecimento da lei da conservação da energia Kelvin e Clausius desenvolvem a chamada segunda lei da termodinâmica que versa a irreversibilidade dos fenômenos espontâneos. Kelvin enuncia que em processos espontâneos o calor não transforma-se completamente em trabalho e Clausius propõe, como enunciado da lei física, que quando ocorre uma transformação de estado de forma espontâneas a entropia²⁶ do sistema sempre permanece constante ou aumenta (BUCUSSI, 2007). Esses dois enunciados compõem a segunda lei da termodinâmica que é considerada lei da degradação da energia, pois mostra que a energia não tem a capacidade de converter-se completamente de uma manifestação à outra.

Boltzmann, principal nome da mecânica estatística, estendeu a segunda lei da termodinâmica de forma que em “qualquer sistema físico, a tendência natural é o aumento da desordem; o restabelecimento da ordem só é possível mediante o

²⁶ Entropia é um termo derivado do grego e significa transformação. A entropia de um sistema tende a aumentar com o recebimento de energia e diminuir com a perda de energia. (BUCUSSI, 2007)

dispêndio de energia” (BUCUSSI, 2007, p. 14). Boltzmann e Maxwell aperfeiçoam a ideia dos fenômenos térmicos como sendo movimento randômico dos átomos (MOSLEY; LYNCH, 2011)

Nernst, já no século XX, desenvolve a terceira lei da termodinâmica que versa sobre impossibilidade, por nenhuma série finita de processos, a temperatura de zero absoluto²⁷ (BUCUSSI, 2007), criando um limite teórico à física experimental e destrói a possibilidade de desenvolver tecnologias que não promova perdas de energia útil.

Com o estabelecimento da física moderna o conceito de energia torna-se ainda mais amplo, pois quando a equivalência massa-energia, proposta por Einstein, e a quantização energética, proposta por Planck, (BUCUSSI, 2007) são aceitas no paradigma dominante da física, as manifestações energéticas deixam de ser clássicas, voltadas a eventos macroscópicos de baixa energia e passam a modelar eventos subatômicos e cósmicos.

O conceito de energia mais aceito entre os físicos atualmente é o de Feynman (SILVA, 2012). Ele define desta forma:

“Há certa quantidade, denominada energia, que não muda nas múltiplas modificações pelas quais passa a natureza. Trata-se de uma ideia extremamente abstrata, por ser um princípio matemático; diz que há uma grandeza numérica que não se altera quando algo acontece. Não é a descrição de um mecanismo ou de algo concreto; é apenas um fato estranho de que podemos calcular certo número e, quando terminamos de observar a natureza em suas peripécias e calculamos o número de novo, ele é o mesmo” (FEYNMAN, 2009, p. 91)

Podemos notar que Feynman define energia através de suas transformações. Com isso podemos ver como as transformações energéticas criam um cenário necessário para a compreensão do conceito de energia, é preciso que se estude esta ideia através das leis da termodinâmica.

Com esta breve reconstrução histórica do desenvolvimento do conceito de energia podemos ver que a transformação energética encontra-se ligada a primeira e a segunda lei da termodinâmica e expressa o centro do conceito de energia.

Para entendermos quais as transformações ocorreram com a Transposição Didática do conceito de energia que acontece do saber sábio para o saber a ser ensinado devemos observar qual é o estado epistemológico do saber científico para

²⁷ A temperatura de zero absoluto (zero Kelvin) é a temperatura do zero termodinâmico e corresponde a -273,14°C. É o limite inferior da temperatura no universo segundo a terceira lei da termodinâmica (HALLIDAY, 2009).

podermos comparar com o estado que observamos no saber a ser ensinado nos programas governamentais e nos livros didáticos.

3.2 ESTADO EPISTEMOLÓGICO DO CONCEITO DE TRANSFORMAÇÃO ENERGÉTICA

Bucussi (2007) define cinco tópicos que estabelecem o estado epistemológico do conceito de energia, caracterizando o saber sábio e devendo nortear a boa distância do saber a ser ensinado, lembrando que o conceito de transformação energética está intimamente ligado ao conceito de energia, por isso entender o estado do conceito de energia nos fará entender o estado de transformações energéticas.

Definindo o estado epistemológico do conceito de energia o autor pontua os seguintes pontos basilares:

1. “A energia pode ser vista como uma propriedade que expressa as alterações ocorridas nos sistemas devido aos processos de transferência e transformação realizados através de interações” (BUCUSSI, 2007, p. 23)

Tomando as quatro forças fundamentais²⁸ em suas interações, isto é, quando os campos interagem com as partículas dentro do limite do que chamamos de sistema físico essa relação cria uma configuração (parte potencial) e movimento (parte cinética) que se corresponde com a energia. Estas configurações e movimentações, tanto macroscópicas quanto microscópicas, alteram-se durante as mudanças na natureza. Desta forma, as transformações energéticas ocorridas no sistema devido as interações das forças com as partículas, poderão ser avaliadas pelas mudanças ocorridas no sistema (BUCUSSI, 2007).

2. “Quatro formas básicas da energia podem se manifestar nos mais diversos tipos de sistemas” (BUCUSSI, 2007, p. 23)

Nesta condição devemos entender que a energia tem quatro formas: cinética (ligado ao movimento), potencial (ligado à configuração), de repouso (ligado a massa relativística) e de campo (ligado ao campo gravitacional e eletromagnético), apesar das duas últimas poderem ser integradas as duas primeiras vamos considerar as

²⁸ As forças fundamentais são as forças de campo bosônicos*. As quatro forças fundamentais são: Força eletromagnética, força gravitacional, Força nuclear fraca e força nuclear forte (HALLIDAY, 2009).

*Apesar de chamarmos de campos bosônicos o bóson da força gravitacional não existe na física (CHERMAN, 2005).

quatro. Além das formas ela tem diversas manifestações (elétrica, térmica, eólica, etc), existem possibilidades de transformações energéticas em suas formas ou manifestações (BUCUSSI, 2007), as formas são intercambiáveis entre si e as manifestações são igualmente.

3. “Energia com uma grandeza sistêmica e relativa” (BUCUSSI, 2007, p. 23).

A energia não pertence a um corpo ou objeto e sim a um sistema, a interação de campo e partículas que compõem um sistema é que promoverá a existência da energia. Além disso o valor da energia é relativo, já que só temos acesso a sua variação e não ao valor total (BUCUSSI, 2007, p. 23).

4. “A energia e seu relacionamento com os conceitos de calor e trabalho” (BUCUSSI, 2007, p. 24).

A energia é uma função de estado que se modifica através de sua relação com o calor e trabalho.

Desta forma é importante definir energia cinética antes de definir trabalho, podendo defini-lo de forma qualitativa como sendo a forma de modificar a natureza com a aplicação de força.

A definição de calor deve ser feita a partir da transferência energética de um ponto a outro do sistema tomando cuidado em diferenciar temperatura de calor, deixando claro também que o calor não é uma forma de energia e sim um processo de transferência e que a temperatura está associada a energia interna de um sistema.

5. “Energia e os princípios de conservação e degradação” (BUCUSSI, 2007, p. 25).

A primeira lei da termodinâmica estabelece que em um sistema isolado a energia tem valor constante, mas pode ocorrer transformações naturais no sistema com as transformações de uma manifestação energética em outra. Neste caso, as transformações energéticas são estabelecidas e rastreadas pela lei de conservação da energia.

Porém as manifestações da energia não são igualmente conversíveis. “Sabemos ser possível a transformação total da energia mecânica em energia térmica, contudo, o processo inverso, de térmica em mecânica nunca terá rendimento máximo” (BUCUSSI, 2007, p. 26).

Nesta condição é preferível definir entropia a partir da degradação da energia nas transformações energéticas no lugar da definição tradicionalmente encontrada

nos livros didáticos que define a entropia como o grau de desordem do sistema (BUCUSSI, 2007).

Com esta reflexão surge alguns questionamentos sobre: Como podemos transpor este conceito para o saber a ser ensinado? Quais os motivos para tornar-se um conteúdo escolar ou ainda quais os principais problemas apresentados no ensino do conceito de transformação energética segundo a literatura especializada em ensino de física?

3.3 O CONCEITO DE ENERGIA E SEU ENSINO

No âmbito social notamos que a necessidade de motores melhores e mais eficientes, historicamente, foi um dos principais fatores para o desenvolvimento e estudo do conceito de energia. Isso pode servir de base para entender o motivo deste tema ser recorrente nos noticiários atuais. A sociedade ainda busca motores melhores, combustíveis mais eficientes e formas de baratear a produção de bens de consumo.

No dia a dia encontramos noticiados nos meios de comunicação diversos problemas, tais como: necessidade de maior produção de energia, custo de produção e transmissão de energia elétrica, eficiência energética de equipamentos, valor energético de alimentos etc.

Para que os estudantes possam ter uma participação consciente na sociedade contemporânea, que é permeada de conceitos científicos e tecnológicos em suas práticas e necessidades, é importante deixar o paradigma de uma educação bancária (FREIRE, 2014), também chamado de paradigma tradicional, que é pautado na memorização de conteúdo (MARTINS, 2009) por um novo paradigma educacional que se contrapõe a este, o paradigma da alfabetização científica tecnológica (AULER, 2003), que é pautado pelo posicionamento crítico.

Como o conceito de energia é um conceito muito vago e definido por sua transformação não é difícil entender quando Bucussi (2007) afirma que o termo energia se difunde na cultura de forma a compartilhar a terminologia com ideias não científicas, tornando-se polissêmico. Mesmo nos casos em que a terminologia científica é utilizada encontramos adjetivos a energia (tais como: energia nuclear, energia eólica, energia solar, energia alimentar, energia de ativação, etc) que dificultam a compreensão do conceito de energia (NASCIMENTO; ANDRADE;

REGNIE, 2016, No Prelo). Talvez por isso Doménech; Limiñana e Menargues (2013, p.2) advertem que “o ensino de energia é um problema recorrente na investigação em didática da ciência”²⁹.

Para definir quais são as principais dificuldades no ensino do conceito de energia realizamos uma pesquisa complementar em trabalhos sobre o tema que descreveremos a seguir.

Encontramos diversos trabalhos na pesquisa em ensino de ciências que discutem as dificuldades dos estudantes no aprendizado do conceito de energia. Realizamos uma pesquisa nas revistas com classificação Qualis A e B, publicada nos últimos quinze anos e no banco de tese e dissertações da CAPES. Encontramos vários trabalhos, porém apenas sete deles apresentaram as dificuldades apresentadas por estudantes. Encontramos uma tese: a de Campos (2014); três dissertações: a de Silva (2009), a de Silva (2012) e a de Veloso (2012), e três artigos: Assis e Teixeira (2003), Hülsendeger (2007) e o Doménech, Limiñana E Menargues (2013).

Fizemos uma leitura exploratória do material e procuramos os problemas e dificuldades na aprendizagem do conceito de energia apontadas nos textos. Construímos as categorias de análise através do sentido do problema discutido nos trabalhos, para isso aglutinamos na mesma categoria dificuldades mesmo que nos textos não estivessem usando a mesma terminologia. Listamos a seguir as dificuldades ao aprendizado (NASCIMENTO; ANDRADE; REGNIE, 2016, No Prelo):

a) Concepção Alternativa antropocêntrica (CAant) - associar a vida à atividade e criação humana.

b) Concepção Alternativa depositária (CAdep) - Que a energia é algo que se deposita no corpo, armazena-se em quantidade absoluta.

c) Concepção Alternativa produto (CAprd) - a energia é o produto de uma obra ou fenômeno.

d) Concepção Alternativa atividade (CAatv) - a energia existe apenas quando há atividade.

e) Concepção Alternativa funcional (CAfuc) - a energia é a manifestação útil ao homem.

²⁹ Tradução nossa.

f) Concepção Alternativa Materialista (CAmat) - que a energia é algo material, um fluido, combustível.

g) Concepção Alternativa causal (CAcau) - que a energia é a causa de algo e deixa de existir depois da atividade.

h) Equívoco conceitual sobre energia ser capacidade de realizar trabalho (ECcrt) - desconsiderar a degradação energética.

i) Equívoco conceitual sobre energia ser grandeza do corpo e não do sistema (ECgds) - falar sobre a energia de um corpo.

j) Equívoco conceitual sobre energia ser ligado apenas a vida (ECelv) - confundir a energia com outras grandezas físicas como força ou eletricidade.

k) Confundida com outra grandeza física (ECogf) - confundir a energia com outras grandezas físicas como força ou eletricidade.

l) Equívoco conceitual sobre o valor absoluto da energia (ECvae) - achar que podemos saber o valor total da energia de um sistema ou o valor absoluto ser transferido.

m) Equívoco conceitual sobre a conservação energética (ECcsv) - desconsiderá-la ou acreditar que é apenas quantitativa.

n) Equívoco conceitual sobre a degradação energética (ECdgd) - Desconsiderá-la, acreditar que ela apenas qualitativo.

o) Dificuldade sobre temas ligados a energia – entropia (DTent)

p) Dificuldade sobre temas ligados a energia – Trabalho e calor (DTtec)

q) Dificuldade sobre temas ligados a energia – manifestações da energia (DTmne)

r) Dificuldade sobre temas ligados a energia – Classificação de sistemas (DTcls)

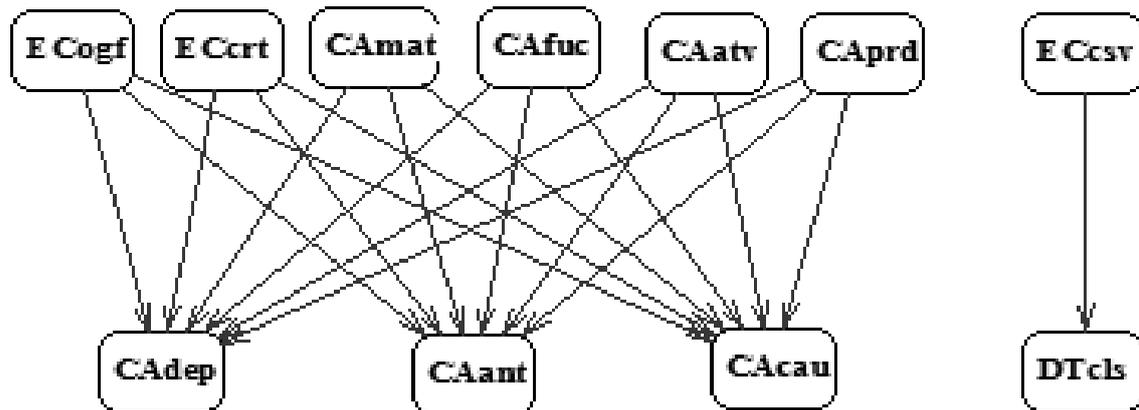
s) Dificuldades epistemológicas (visões deformadas da ciências) (DEvdc)

Utilizando a análise estatística implicativa investigamos como as dificuldades de aprendizagem surgiram nos trabalhos sobre o ensino de ciências.

Com o auxílio do software CHIC³⁰ construímos o grafo implicativo dos problemas que foram apresentados nos trabalhos pesquisados encontrando este grafo utilizando o limiar de exigência de 0,75 (ou seja uma probabilidade de no mínimo 75%).

³⁰ O software é designado pelo nome CHIC que é um Acrônimo de Classificação Hierárquica, Implicativa e Coesiva (ISAIA et al, 2014).

Figura 1 – Grafo implicativo das dificuldades encontradas nas pesquisas em ensino de ciências com a temática de energia.



Fonte: Construção nossa, produzida com o software CHIC.

Neste Grafo implicativo podemos ver que existem dois blocos de dificuldades encontradas nos trabalhos de pesquisa em ensino de ciências.

No primeiro bloco, temos que nas pesquisas que são apresentadas existem: confusão da energia com outra grandeza física (ECogf), acreditar que energia é a capacidade de realizar trabalho (ECcrt), a concepção Materialista (CAmat), a concepção funcional (CAfuc), a concepção funcional (CAatv) e a concepção que é um produto (CAprd) implicam em citar também as concepções antropocêntrica (CAant), a concepção depositária (CAdep) e a concepção causal (CAcau). Podemos ver que o aparecimento de concepções alternativas espontâneas provocam a possibilidade do surgimento de outras concepções alternativas (NASCIMENTO; ANDRADE; REGNIE, 2016, No Prelo).

No segundo bloco encontramos o equívoco conceitual sobre a conservação energética (ECcsv) implicando também em se observar o aparecimento da dificuldade sobre a classificação de sistemas físicos (DTcls).

Significa que os trabalhos apresentam duas preocupações em relação as dificuldades no aprendizado do conceito de energia. A primeira preocupação é o desenvolvimento das concepções alternativas espontâneas e a segunda está ligada a erros na compreensão dos conceitos de conservação e sistemas (NASCIMENTO; ANDRADE; REGNIE, 2016, No Prelo).

Silva (2012) reflete que além destas concepções alternativas deve-se evitar também a definição: energia é a capacidade de realizar trabalho. Designação comum nos livros do ensino médio (SILVA, 2012), porém é uma Interpretação equivocada,

pois esta não leva em consideração a degradação energética prevista na segunda lei da termodinâmica.

Como vimos anteriormente, as pesquisas em ensino de ciências indicam que há dificuldade em compreender o que é e quais são os limites e características de um sistema físico. Os trabalhos apontam que esta dificuldade de compreensão da conservação e da degradação da energia está ligada a esta barreira em entender a classificação do sistema físico (se isolado ou aberto).

Em contraponto a estas dificuldades Doménech; Limiñana e Menargues (2013) elencaram quais características conceituais de energia deveriam ser abordados no ensino médio, segundo os professores do ensino superior. Podemos compreender estas peculiaridades como sendo orientações à Transposição Didática em uma boa distância do saber sábio. Estas características³¹ postas pelos autores espanhóis são:

1. A introdução ao conceito de energia deve ser ligada as transformações da matéria e procurar as conexões entre elas.
2. Pode-se associar energia a capacidade de produzir transformações, deixando claro que o termo é associado a um sistema particular e não há algo material.
3. A energia pertence a um sistema formado por dois ou mais corpos.
4. Não é possível determinar o valor absoluto de um sistema. Só podemos determinar suas variações.
5. Podemos conceber qualitativamente o modo como funciona a alteração da energia de um sistema devido às forças que se movem.
6. O calor é a forma como a energia de um sistema modifica-se usando diferenças de temperaturas. A energia interna é a energia das partículas constituintes da matéria. Os corpos não tem calor e sim energia interna.
7. As variações energéticas de um sistema pode ser devido ao desempenho de trabalho e/ou de calor.
8. Destacar elementos históricos que levou a integração da mecânica e do calor, que permitiu o estabelecimento da conservação da energia.
9. As mudanças experimentadas pelo sistema devem-se a transformações de uma forma em outra de energia e/ou a “transferência” de poder de um

³¹ Tradução e adaptação das 10 características propostas para o ensino do conceito de energia é de nossa responsabilidade.

sistema para outro (ou de uma parte do sistema para outra parte), mas a energia de um sistema isolado permanece constante.

10. Como resultado das interações e transformações subsequentes em sistemas de partículas, a energia se dispersa, ela é degradada. A dispersão de energia diminui a possibilidade de futuras alterações macroscópicas. Quando falamos de "custo de produção da energia", "crise energética", etc., não queremos dizer que a energia desaparece, mas é dissipada e não é mais útil à utilização de alguma manifestação específica. O fato de que a energia é conservada, mas não a capacidade de produzir transformações, a noção de degradação energética afeta a compreensão qualitativa do conceito energia, e os alunos devem estar cientes disso e serem preparados para cursos posteriores e capacitados para uma concepção mais adequada de energia.

Percebemos que nestas indicações de Doménech; Limiñana e Menargues (2013) para o ensino do conceito de energia há cuidados que devem ser tomados para que não surjam ou desenvolvam-se concepções alternativas do conceito de energia, Essas indicações são Orientações de vigilância epistemológicas na Transposição Didática deste conceito. Podemos indicar também que os documentos nacionais de orientação curricular apresentam indicações semelhantes ao longo dos textos.

De forma sintética podemos dizer que:

- O estudo de energia deve ser feito através de suas transformações, evidenciando que a energia é uma característica de um sistema e que não podemos ter acesso a seu valor absoluto, acessando apenas os valores de suas variações durante as transformações.
- Deve-se mostrar que trabalho, calor e energia interna são conceitos distintos e têm diferentes papéis nas transformações energéticas.
- Esclarecer que em um sistema isolado o valor da energia é constante, mas este valor varia se o sistema estudado relacionar-se com outro sistema (DOMÉNECH; LIMIÑANA e MENARGUES, 2013).
- Por fim, é muito importante mostrar que a conservação e degradação da energia existem de maneira que os estudantes possam compreender como pode haver uma "crise energética" se a energia se conservar.

Neste estudo, Doménech; Limiñana e Menargues (2013) concluem que a ausência dos elementos citados anteriormente provocam uma superficialidade e

fragilidade nos conhecimentos dos estudantes de ensino médio³² e no ensino superior em relação ao tema e os próprios professores apresentam fragilidades em seu entendimento do conceito, compreendemos que isto é um afastamento entre o professor e o saber de referência.

Doménech; Limiñana e Menargues (2013) mostraram, ainda, que os professores utilizam as definições de calor, trabalho energia interna e energia baseados no que eles encontram nos livros didáticos. Desta maneira, podemos concluir que parte da superficialidade com que se aborda o tema deve-se a uma ausência da abordagem adequada no livro texto.

Neste capítulo desenvolvemos a historicidade e a atual posição epistemológica do conceito de energia e suas principais dificuldades de aprendizado. Apresentamos a construção histórica do conceito para que pudéssemos compreender que este conceito evoluiu ao longo do tempo de acordo com a necessidade humana e poderá modificar-se no futuro. Posicionamos este conceito no atual contexto epistemológico para podermos comparar o saber a ser ensinado com o saber sábio contemporâneo. Por fim, tratamos das dificuldades de aprendizado para podemos elencar as propostas de ensino deste conceito segundo as pesquisas em ensino de ciências.

No próximo capítulo falaremos sobre o uso do livro didático no ensino de física e como está o cenário do ensino de física. Também faremos uma breve reconstrução histórica, não só do ensino de física, mas também do uso do livro didático e de como o livro didático influenciou o ensino de física no Brasil.

³² Quando referimo-nos a ensino médio devemos entender que é o equivalente espanhol ao nosso ensino médio brasileiro.

4 LIVRO DIDÁTICO NO ENSINO DE FÍSICA

A literatura de pesquisa em ensino de física (KRASILCHIK, 2000; MOREIRA, 2000; AULER e DELIZOICOV, 2001; AULER, 2003 e MARTINS, 2009) aponta que este ensino está baseado na memorização de conceitos e equações, o que muitas vezes não produz significação para os estudantes dos conceitos estudados. Muitas vezes as aulas são realizadas de forma que a linguagem é inacessível aos discentes (MARTINS, 2009). Desta maneira as disciplinas (e carreiras) científicas tornam-se desinteressantes aos jovens (FOUREZ, 2003).

Para entendermos melhor como o livro didático encontra-se neste cenário do ensino de física brasileiro é pertinente entendermos como o ensino das ciências e mais especificamente o ensino de física, constituiu-se historicamente culminando na forma como apresenta-se hoje, e notamos qual foi o papel do livro didático nesta jornada e como está o livro didático de física depois do acréscimo desta disciplina no programa nacional do livro didático (PNLD).

4.1 TRAJETÓRIA HISTÓRICA DO ENSINO DE FÍSICA

Dentro da história da ciência percebemos que muitos grupos de cientistas e técnicos desenvolviam seus conhecimentos (produziam saber) e transmitiam secretamente a um pequeno grupo de iniciados através de códigos herméticos (GREENBERG, 2009). Estes segredos estavam ligados ao desenvolvimento técnico e econômico das nações e grupos de pessoas que tinham acesso a eles (MOSLEY; LYNCH, 2011). Para os estudiosos e filósofos do fim do século XIX e início do século XX, a ciência tornou-se o motor do desenvolvimento econômico e social, desenvolvendo o chamado pensamento positivista, onde o desenvolvimento científico sempre é benéfico e puro (CAZELLI; FRANCO, 2001).

Com a difusão do pensamento positivista cria-se e fortalece-se o que Auler e Delizoicov (2001) vão chamar de mitos tecnocráticos. Os mitos tecnocráticos são crenças do senso comum em relação à ciência e à tecnologia. Para muitos a decisão dos cientistas são sempre as melhores escolhas, pois eles estudam para isso – Mito da decisão do especialista. Acredita-se que a ciência só trará benefícios, mesmo que algo de ruim resulte da ciência é pela ciência que será possível reparar o mal feito – Mito da ciência salvacionista. Por fim, tem-se a ideia de que a ciência e a tecnologia

sempre avançará independente da vontade do homem e das sociedades – Mito do avanço inexorável da ciência e da tecnologia.

O crescimento industrial nas ditas sociedades civilizadas era o modelo de desenvolvimento social para as colônias. Com a crescente industrialização dos países imperialistas gerou uma demanda de mão de obra técnica e uma elite científica para pensar o uso e desenvolvimento desta indústria. Neste contexto inicia-se o ensino de ciências nas sociedades europeias e norte americana (CAZELLI; FRANCO, 2001).

A educação científica permaneceu restrita a uma pequena elite econômica até a metade do século passado. Com o fim da segunda guerra mundial e o estabelecimento da guerra fria, um novo modelo de ensino de ciências surgiu na Europa e nos Estados Unidos da América: o ensino baseado em projetos, tais como o BSCS (Biological Science Curriculum Study) em ensino de biologia, CBA (Chemical Bond Approach) em química e PSSC (Physical Science Study Committee) em física (KRASILCHIK, 2000). A importação destes projetos deu-se com a tradução direta sem levar em conta as diferenças culturais entre as nações desenvolvedoras e utilizadoras dos mesmo (MOREIRA, 2000).

O ensino baseado em projetos teve sua gênese em países que permitiram o uso de laboratórios e fenômenos do cotidiano dos estudantes como base para a formação de conceitos científicos e desenvolveu-se objetivando a popularização do ensino das ciências no período da corrida espacial (KRASILCHIK, 2000). No Brasil, o acesso a laboratórios era menor e como os livros foram traduzidos os exemplos não faziam parte do dia a dia dos alunos, o que estabeleceu uma abordagem livresca no ensino de física em âmbito nacional (MOREIRA, 2000).

Durante o período da corrida espacial e a disputa da guerra fria no Brasil vivíamos um período de grande incentivo à industrialização. Levados pelo pensamento positivista a ampliação do acesso à escolarização era uma forma de gerar melhorias econômicas e de qualidade de vida. Neste momento histórico as escolas se abrem para a população e os professores que recebiam dezenas de novos alunos por ano passaram a receber centenas de novos estudantes anualmente (CHIQUELLO; KRAPAS, 2012). Os professores não estavam preparados para lecionar à turmas tão grandes buscando refúgio nos livros didáticos.

Na década de 1960 a educação nacional é reestruturada e o ensino de ciência passa a ter um objetivo tecnicista. As escolas públicas estavam com seu ensino médio formando técnicos em diversas áreas com poucas delas preparando o aluno para o

acesso ao nível superior do ensino (KRASILCHIK, 2000). A formação científica ficou para as escolas e cursinhos da rede privada que produzia seu material didático e currículo voltado ao vestibular (CHIQUELTO; KRAPAS, 2012).

Podemos notar que o ensino de ciências tinha como objetivo uma educação propedêutica³³ que intencionava preparar uma elite intelectual para os cursos de nível superior de ensino, tornando-se uma forma de ensino baseada na memorização de conceitos e aplicação de equações e taxonomias (MARTINS, 2009). No ensino de física os laboratórios foram sendo deixados de lado, pois os livros traziam o que era necessário para passar no vestibular ou para exercer a profissão técnica escolhida (MOREIRA, 2000; CHIQUELTO; KRAPAS, 2012).

No cenário internacional a educação científica baseada em projetos não durou muito, iniciando o movimento de pesquisa em ensino de ciências e promovendo uma abordagem construtivista para este campo do conhecimento (DELIZOICOV, 2004). No Brasil os grupos pioneiros em pesquisas em ensino de ciências foram o de ensino de física da USP e o de ensino de física da UFRGS (DELIZOICOV, 2004) defendendo a aplicação do construtivismo também no ensino nacional.

A partir deste momento a narrativa se bifurca na trajetória do ensino de física e na história da pesquisa em ensino de física. Nas escolas ocorre o estabelecimento do paradigma tradicional de ensino (AIKENHEAD, 2009) caracterizado pela ênfase na memorização de conceitos e equações depositadas pelo professor na cognição do estudante (FREIRE, 2014), com trabalho de repetição de exercícios semelhantes e apoiado no livro didático com pouco texto e muito exercício (LIMA; AGUIAR JÚNIOR; DE CARO, 2011).

A pesquisa em ensino de física seguiu pelo construtivismo cognitivo, isto é, desenvolvendo estudos sobre a construção de conceitos e avanço cognitivos com pesquisas na área de mudança conceitual/concepções alternativas, uso de história e filosofia da ciência para o ensino de física no cotidiano/aplicação prática (DELIZOICOV, 2004). Desenvolveu-se um conjunto de métodos e técnicas de abordagem para a educação científica, além de estudos sobre novas formas de avaliação em física (VILLATORRE; HIGA; TYCHANOWICZ, 2008). A pesquisa em ensino de física aponta para uma forma de ensino que gere significado para os

³³ Por educação propedêutica entendemos uma forma de educação que serve de base para uma educação mais avançada. A construção de conceitos que servirão de base para outros conceitos mais rebuscados.

estudantes e que estes desenvolvam o uso dos saberes científicos para melhorar a qualidade de vida.

Com a ampliação do ensino de ciências e a divulgação dos estudos em pesquisa em ensino de física, um novo plano de fundo começa a apresentar-se no Brasil. A Constituição Federal garante uma educação gratuita promovida pela família e pelo estado, “visando o pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho” (BRASIL, 1988, Art. 205) Esta educação básica tem finalidade de preparar os estudantes para exercerem a sua cidadania, para a tomada de decisão, para a vida profissional e para atuar frente aos problemas do dia a dia (BRASIL, 1996).

Este cenário que se estabeleceu no Brasil foi reflexo da mudança da perspectiva mundial em relação à educação científica. Segundo Krasilchik (2000), entre as décadas de 1950 e 1970 tinha-se o objetivo de formar uma elite intelectual com programas rígidos, entre as décadas de 1970 e 1990 objetivava-se formar um cidadão-profissional com propostas curriculares regidas pelo estado e entre as décadas de 1990 até os dias atuais temos como objetivo a formação de cidadão-trabalhador-estudante com uma proposta nacional de currículo.

Este é apenas uma das anomalias do paradigma do ensino tradicional, pois a pesquisa em ensino de ciências buscava técnicas de ensino e aprendizagem voltadas para pequenos grupos de estudantes enquanto a realidade do país pedia um ensino voltado a maioria dos jovens do território nacional. Segundo Kuhn (2013), o paradigma é um conjunto de ideias, procedimento, objetivos e formas de ver o mundo compartilhados pelos estudiosos de uma área do conhecimento. Para o estabelecimento de um paradigma deve existir um conjunto de pessoas que defendam e estejam neste paradigma. Quando um paradigma torna-se hegemônico ele dita a forma de fazer e pensar o assunto estudado. As pesquisas começam a apresentar anomalias em algumas áreas e quando o conjunto de anomalias torna-se insustentável o paradigma entra em crise, quando um paradigma entra em crise outros candidatos a paradigma hegemônico aparecem.

No caso do paradigma tradicional de ensino de ciências as anomalias que se acumulam tem relação com: a finalidade da educação média, pois estão focadas em preparar uma minoria para o estudo no nível superior de ensino; técnicas de ensino, apontando para formas de memorização mais eficientes; compreensão dos conceitos

ligado ao uso prático sem reflexão e uso cotidiano do saber aprendido ligado a profissão.

Segundo Fourez (2003) o ensino tradicional de ciências está em crise. A pesquisa aponta que a visão dos alunos em relação à ciência e aos cientistas afastam os estudantes das disciplinas científicas, pois para muitos discentes estas não tem importância. Como consequência disto os estudantes não procuram as profissões ligadas a ciências e tecnologias, como as carreiras nas ciências puras, aplicadas e engenharias. Em relação aos futuros docentes a formação dos licenciados aparenta ser inadequada para função de professor de ciências, porque “a formação dos licenciados esteve mais centrada sobre o projeto de fazer deles técnicos de ciências do que de fazê-los educadores. Quando muito, acrescentou-se à sua formação de cientistas uma introdução à didática de sua disciplina” (FOUREZ, 2003 p. 3), não os preparando para os desafios encontrados em salas de aulas modernas. Os professores de ciências não devem ser pseudobacharéis em suas áreas específicas, antes devem ter conhecimentos conceituais da ciência que lecionará e conhecimento profundo da didática das ciências.

A crise no paradigma do ensino de ciências ainda está refletida na disputa entre quantidade e qualidade na educação em ciências. O ensino de ciências deve atender a todos os cidadãos e com qualidade, mas esta qualidade entra em outra controvérsia, este ensino deve permitir uma alfabetização científica ou prover técnicas e conhecimentos científicos (FOUREZ, 2003). Em outras palavras, a educação científica deve pensar o que ensinar (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011): mostrar conceitos científicos ou construir compreensão sobre fenômenos científico e tecnológicos cotidianos?

Na superação desta crise que se estabeleceu na educação em ciências encontramos o paradigma da alfabetização científica que tem se difundido no ensino de física (MOREIRA, 2000) devendo entender melhor o que essa alfabetização científica tecnológica defende.

4.2 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA TECNOLÓGICA

Sasseron e Carvalho (2011) indicam que o conceito de alfabetização científica tecnológica não é um conceito muito claro e por este motivo é difícil de determinar sua origem e seu estado atual, mas as pesquisadoras enfatizam que no cerne do conceito

de alfabetização científica tecnológicas³⁴ estão as preocupações em relação ao ensino de ciências que proporcionam benefícios práticos do uso dos conhecimentos científicos: para a pessoa, tais como a leitura e compreensão de manuais técnicos e bulas de medicamentos com todos os termos técnicos-científicos; para a sociedade, tais como desenvolvimento de processos mais eficientes de produção de alimentos ou riquezas, e para o meio ambiente.

Na literatura especializada em ensino de ciências as principais características da alfabetização científica tecnológica são: a apropriação de conceitos e terminologias, quando os estudantes podem ler e entender os termos e as formas utilizadas em textos técnico científico; compreender a produção e uso social da ciência e da tecnologia, enxergar a ciência e a tecnologia como obra humana; reconhecimento limites do uso da ciência, perceber que a ciência e a tecnologia tem limites e não podem resolver todos os problemas; apreciar as ciências e a tecnologia pela estimulação intelectual que elas suscitam, o aprendiz torna-se capaz de aproveitar da ciência e da tecnologia como elemento cultural, e compreender que a produção dos saberes científicos dependem do conhecimento teórico e da pesquisa, o saber científico evolui através de pesquisa a partir do que já se sabe e de testes experimentais (SASSERON; CARVALHO, 2011).

A alfabetização científica tecnológica visa uma participação em uma cultura científico tecnológica que permeia a sociedade contemporânea (AIKENHEAD, 2009). O professor deve esperar que o estudante esteja apto a ler e compreender uma reportagem sobre temas científicos (MARTINS, 2009) e fruir de literatura e outras expressões artísticas que usam ou apoiam-se na ciência ou na tecnologia. De forma resumida o objetivo humanista da enculturação científica e tecnológica é dá ao estudante a capacidade de “poder participar da cultura do nosso tempo” (FOUREZ, 2003, p. 5).

³⁴ Alfabetização Científica Tecnológica, Letramento Científico Tecnológico, enculturação científica tecnológica (SASSERON; CARVALHO, 2011) e Literacia Científica tecnológica (AIKENHEAD, 2009). São diferentes traduções para o mesmo conceito. Alfabetização científica tecnológica é normalmente a escolha dos pesquisadores que leram o conceito originalmente de textos em francês ou espanhol e se baseiam na obra de Paulo Freire, os pesquisadores que utilizam o termo letramento ou literacia científica tecnológica traduzem os textos do inglês e baseiam a escolha na obra de Kleiman e Soares e a enculturação científica tecnológica vem da tradução dos documentos da UNESCO do inglês para o português (SASSERON; CARVALHO, 2011). Letramento e literacia se diferem pelo primeiro ser o termo usado no português brasileiro e o segundo utilizado no português de Portugal.

O letramento científico tecnológico é uma das formas de romper com os mitos tecnocráticos (AULER, 2003), através de abordagens como o uso de história e filosofia da ciência na educação que auxiliam na compreensão dos limites da ciência cooperando com a superação do mito salvacionista da ciência e da tecnologia. O emprego de estratégias como o uso de laboratórios, auxilia a superação do mito do determinismo tecnológico. Por fim, uma abordagem que favoreça a compreensão das relações de Ciência Tecnologia Sociedade e Meio Ambiente (CTSA) que ajudam na superação do mito da decisão tecnocrática (AULER, 2003; VILLATORRE; HIGA; TYCHANOWICZ, 2008; SASSERON; CARVALHO, 2011). Existem várias técnicas de ensino que apoiam este paradigma e o uso de apenas uma destas estratégias de ensino é tão maléfica quanto o ensino tradicional ao padrões esperados para o ensino de física contemporâneo (ASTOLFI; DEVELAY, 2012).

O ensino de física deve se renovar tendo como base os princípios da alfabetização científica (BRASIL, 1999) e para isso o educador deve entender a educação para física como uma aculturação dos estudantes à cultura científica tecnológica (AIKENHEAD, 2009), permitindo que o estudante transite entre a cultura popular e a cultura científica e tecnológica da sociedade ocidental, para esta aculturação é necessário que a memorização de conceitos não deva ser o fator central do ensino, antes deve incorporar as aplicações tecnológicas e sociais do saber científico as práticas diárias do estudante.

As pesquisas apontam que entre as dificuldades para a superação do paradigma da educação tradicional encontra-se o fato dos professores terem sido educados neste paradigma de ensino e repetem a forma como aprenderam (MOREIRA, 2000), mesmo os professores que pretendem mudar suas práticas têm dificuldade por não fazerem parte da construção do currículo (AIKENHEAD, 2009) e sentem falta de materiais didáticos na nova perspectiva de ensino (AULER; DELIZOICOV, 2001).

O ensino de física para a educação básica no Brasil tem como referência alguns documentos nacionais, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (BRASIL, 1999), Normas Complementares aos PCN (PCN+) (BRASIL, 2002) e as Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (OCNEM) (BRASIL, 2006) que estabelecem as formas e conteúdos que devem ser ensinados na disciplina de física para o ensino médio. Estes documentos nacionais direcionam o ensino de física no paradigma da alfabetização científica (BRASIL, 1999, 2002, 2006). Desta forma os

programas governamentais que norteiam as produções de materiais didáticos também deveriam ser norteadas por esse paradigma, porém não há obrigação legal para o alinhamento à perspectiva da alfabetização científica tecnológica.

Moreira (2000) aponta o ensino tradicional de física com uma abordagem livresca que se construiu ao longo da história. Quando falamos do atual estado do ensino de física, sua relação com os livros didáticos e como este se tornou ferramenta fundamental na criação do atual contexto em ensino.

4.3 LIVRO DIDÁTICO E ENSINO DE FÍSICA

A relação entre o Ensino de Física e o Livro Didático é muito forte no Brasil. Mesmo o Livro Didático não sendo o único material didático disponível para o sistema de ensino, este se constituiu como a principal fonte de conceito científico para os professores e educandos (MOREIRA, 2000).

Entendemos que é importante que o estudante tenha acesso a um conjunto variado de fontes de informação para que possa desenvolver a capacidade de pesquisar de maneira autônoma (VILLATORRE; HIGA; TYCHANOWICZ, 2008), porém o Livro Didático se consolidou como principal fonte de conceito científico (DOMÉNECH; LIMIÑANA e MENARGUES, 2013) ao longo de um processo histórico que impõe o uso do Livro Didático como referência única no Brasil.

Para compreender o papel do Livro Didático no Ensino de Física no Brasil devemos começar a refletir sobre o desenvolvimento histórico do livro didático de física para o ensino médio brasileiro.

O ensino superior de física consolidou-se no Brasil a partir de uma abordagem livresca afastando-se um pouco de sua abordagem experimental (MOREIRA, 2000). No Brasil, a física básica na Universidade baseia-se no livro *Fundamentos da Física* escrito por David Halliday e Robert Resnick que “além de extremamente utilizado, tornou-se o patriarca de uma família de textos de física geral produzidos desde 1960” (MOREIRA, 2000, p. 3), e como falamos que os professores que lecionam no ensino básico tendem a repetir a forma como aprenderam, o ensino básico também alicerçaram-se numa no uso do livro didático de forma semelhante ao ensino universitário.

Em geral, os primeiros manuais didáticos de física para o que hoje entendemos como ensino básico no Brasil, foram importados da França e posteriormente o uso

PSSC na década de 1960 marcaram o ensino de física no Brasil (MOREIRA, 2000). Esses livros eram bons e atendiam às expectativas do ensino de física no período, que era a constituição de uma elite intelectual, que precisavam dos conhecimento de física de forma propedêutica (KRASILCHIK, 2000).

Quando o governo brasileiro integrou o ensino técnico ao ensino secundário a física secundária tornou-se pragmática, só deveria ser ensinado nas escolas técnicas aquilo que pudesse ser aplicado de forma prática e irrefletida. Como as escolas públicas assumiram o ensino técnico o ensino preparatório para a universidade ficou sob os cuidados da rede privada de ensino (CHIQUETTO; KRAPAS, 2012).

Cada instituição privada começou a produzir sua apostila baseada nos conteúdos pedido no vestibular das grandes universidades. Quando ainda não havia um currículo ou orientação curricular os professores dos cursos e escolas preparatórias produziam apostilas de partes específicas da física de acordo com a especialidade de cada professor, o que tornou os textos didáticos de física ainda mais fragmentados e desconexos (CHIQUELETO; KRAPAS, 2012).

Então na década de 1970, Ramalho Jr, Ferraro, Toledo e Santos, escreveram a coleção de livros didáticos de física chamado *fundamentos da física*³⁵, que baseava-se nas apostilas produzidas na época. Este livro tinha um formato muito simples constituído em capítulos com pequenos textos explicativo do conteúdo que centravam-se nas equações, com alguns exemplos de exercícios resolvidos e uma vasta lista de exercícios para memorização dos algoritmos apresentados (CHIQUELETO; KRAPAS, 2012). Podemos notar que aconteceu no ensino básico o que já acontecia no ensino superior, o livro modelou a forma de ensino.

Este livro tornou-se sucesso de vendas e com isso as editoras concorrentes começaram a produzir livros semelhantes e este formato de livro tornou-se um padrão no ensino de física no Brasil. Não se tornou apenas o formato de livro texto ele definiu também a sequência e o currículo brasileiro de física (CHIQUELETO; KRAPAS, 2012). Desta maneira o livro de física cristalizou um currículo que contém conceitos e conteúdo que “não tem uma abordagem histórica, nem prática, nem conceitual, nem filosófica, mas simplesmente burocráticas, ou seja, é só para constar” (MARTINS, 2009, p. 31).

³⁵ Este livro ficou muito conhecido pelo sobrenome do primeiro autor, sendo facilmente reconhecido hoje entre os professores de física pelo nome: “livro do Ramalho”.

Porém o paradigma tradicional de ensino de física entrou em crise na mudança de uma perspectiva de formar uma elite intelectual para uma formação que visa uma alfabetização científica (KRASILCHIK, 2000).

Aikenhead (2009) alerta que mesmo em situações em que os professores têm acesso a livros didáticos em uma concepção de alfabetização científica tecnológica os docentes não aderem ao programa por diversos motivos, mas a existência de livros na nova perspectiva são essenciais à mudança paradigmática.

As orientações governamentais indicam esta mudança de paradigma (BRASIL, 1999) como norteadora ao ensino de física, os programas governamentais para a educação nacional deve estar comprometida com a mudança indicada. Desta forma o programa nacional de distribuição de livros didáticos para estudantes de escolas públicas devem buscar esta orientação.

Como o governo brasileiro é o maior comprador de livros em território nacional espera-se que os critérios de produção exigidos por ele torne-se referência para a produção de textos didáticos no Brasil (MEGID NETO; FRACALANZA, 2003). Esses critérios de produção estão posto no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD).

4.4 PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO (PNLD)

O Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) iniciou-se em 1994 visando a distribuição do livro didático a estudantes do ensino fundamental estabelecendo critérios técnicos em relação a estrutura, concepções, atividades e orientações ao professor (MEGID NETO; FRACALANZA, 2003). Em 2004 o livro didático para o ensino médio começou a ser avaliado pelo Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio (PNLEM) que iniciou-se avaliando livros de português e matemática. Nas edições de 2008 e de 2010 do PNLEM os livros de física também foram avaliados pelo Programa (BRASIL, 2014). Em 2010 os livros do ensino médio foram inseridos no PNLD, a primeira edição de distribuição de livros de física para o ensino médio foi em 2012 e a edição de 2015 foi a segunda distribuição de livros do PNLD para o ensino médio (BRASIL, 2014).

O PNLD é um programa trienal, que compra e distribui livros para o ensino básico (o fundamental I, o fundamental II e o ensino médio) em anos alternados. Onde as escolas podem escolher os livros que serão adotados nos próximos anos a partir do guia do livro didático do PNLD 2015 (BRASIL, 2014).

A distribuição dos livros selecionados pelo Programa é realizada pelo Governo Federal em conjunto com as secretarias de educação dos estados da federação. Os livros aceitos no PNLD são avaliados pelos professores que escolhem quais desses livros serão usados na escola. Os livros escolhidos pelos professores são pedidos as secretárias de educação do estado que determina o número de exemplares necessários para a distribuição a seus estudantes nos próximos três anos e envia esses números para o Governo Federal que compra as peças das editoras para atender à necessidade dos estados e criar uma reserva técnica (BRASIL, 2014).

É importante dizer que os livros utilizados nas escolas são de escolhas dos professores e não das secretárias da educação ou o ministério da educação e cultura. Os docentes estabelecem seus próprios critérios na triagem dos livros que usaram nos anos seguintes. O PNLD não estabelece um paradigma de ensino que orienta a escolha dos livros para o ensino médio, não privilegia a alfabetização científica tecnológica ao ensino tradicional, essa orientação é escolha dos educadores.

Entre os critérios de seleção utilizado pelo Programa Nacional do Livro Didático, encontramos a necessidade de uma adequação cultural dos conteúdos do livro a realidade brasileira, além de um cuidado para não haver conteúdos ideológicos inadequados, tais como preconceito ou sexíssimo (MEGID NETO; FRACALANZA, 2003), além de ser necessário uma qualidade gráfica de textos e imagens.

Muitos professores acreditam que os livros aprovados no PNLD obedecem as propostas e diretrizes curriculares governamentais e os autores das publicações didáticas utilizam como estratégia mercadológica o fato de serem aprovados nos critérios técnicos do programa (MEGID NETO; FRACALANZA, 2003), criando uma ideia de que esses livros estão acima do erro conceitual e representam o saber sábio ou os currículos oficiais em sua plenitude, sem considerar as transformações necessárias à atividade docente.

Apesar de todo o cuidado que a comissão governamental tem com a qualidade do livro didático, esses ainda contém erros conceituais (MEGID NETO; FRACALANZA, 2003), e ocorre algumas inadequações da Transposição Didática.

Porém existem algumas críticas sobre a forma como o programa se constitui. Atualmente os critérios técnicos, tais como diagramação, qualidade das imagens, assumiram importância maior que a qualidade do texto produzido. A transposição que o saber sofre com a produção do texto didático deve manter uma boa distância epistemológica do saber sábio e está boa distância não é avaliada como critério da

classificação do livro pelo PNLD. O governo brasileiro, por ser o maior consumidor de livros didáticos do país, deveria exigir a qualidade epistemológica nas obras (MEGID NETO; FRACALANZA, 2003).

Além disso, entendemos que o fato do programa ser classificatório, quer dizer os livros são considerados aptos ou inaptos a serem usados no ensino público, livros que são considerados inaptos pelo PNLD podem ser publicados e vendidos sem restrições a rede privada de ensino; é um problema a ser considerado.

No PNLD 2015 foram enviadas à análise vinte coleções de física das quais quatorze foram aprovadas para a distribuição e seis foram reprovadas (BRASIL, 2014). Das obras que foram reprovadas o guia do livro do PNLD não cita ao público qualquer informação, nem mesmo o motivo pelo qual estas obras foram consideradas inadequadas para o uso nas escolas públicas.

Apesar das críticas, o PNLD é uma forma de controle à Transposição Didática dos conceitos científicos que devem ser ensinado no ensino médio, resumidamente podemos dizer que o PNLD é uma ferramenta de vigilância epistemológica e por isso é sobre os livros de física que foram aceitos no PNLD 2015 que este trabalho será feito.

5 METODOLOGIA

Este trabalho segue os princípios de pesquisa quanti-qualitativo, tendo em vista que estes princípios possibilitam utilizar procedimentos que permitam atender melhor aos objetivos da pesquisa sem julgar uma realidade dicotômica (GÜNTHER, 2006). Segundo Gil (2008) a pesquisa bibliográfica e a documental são semelhantes, “a única diferença entre ambas está na natureza das fontes” (GIL, 2008, p. 51) utilizando os mesmos procedimentos metodológicos. No caso da pesquisa bibliográfica as fontes se constituem, sobre tudo de livros e artigos científicos. Enquanto na pesquisa documental as fontes podem ser cartas, contratos, gravações documentos oficiais entre outros (GIL, 2008).

A presente pesquisa procura analisar o processo de Transposição Didática do conceito de energia do saber sábio aos documentos nacionais de orientação curricular para o ensino médio e para os livros didáticos de física voltados ao ensino médio que foram selecionados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2015.

Utilizamos as orientações governamentais para o currículo do ensino médio criadas depois da Lei de Diretrizes e Bases da educação (BRASIL, 1996) que são: os Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino médio (PCN) de 1999, Normas complementares aos PCN (PCN+) de 2002, as Orientações Curriculares Nacionais do Ensino Médio (OCNEM) de 2006 e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) de 2016 (2ª versão). Nestes documentos investigamos os capítulos destinados ao conteúdo geral e ao ensino de física.

No PNLD 2015, das vinte coleções de física que foram submetidas à análise quatorze coleções foram aprovadas pelo programa. Para formarmos o *corpus* desta pesquisa escolhemos uma amostra de oito coleções, devido à limitação temporal e impossibilidade de executar uma análise exaustiva em todos os livros aprovados pelo programa. Os livros que foram analisados são do segundo ano do ensino médio das coleções selecionadas, pois nestes contém as leis da termodinâmica, esta escolha sobre a lei da termodinâmica é devido a necessidade da compreensão sobre a degradação da energia apontada por Silva (2012) que está ligada a segunda lei da termodinâmica.

Na escolha das coleções para comporem o *corpus* da pesquisa fomos em escolas da rede estadual na cidade de Recife e buscamos as coleções utilizadas pelos

professores destas. Verificamos que essas coleções foram distribuídas para as escolas da cidade do Recife e compõem uma amostra significativa dos livros de física aprovados pelo PNLD.

Para construirmos os dados do trabalho fizemos uma revisão bibliográfica em revistas qualificadas como Qualis A1, A2 e B1 na área de ensino de ciências e livros que tratam sobre o conceito de energia e a transformação energética, com a finalidade de produzimos a caracterização do polo do saber presente no capítulo 2 deste trabalho.

Fizemos uma análise documental nos documentos nacionais de orientações curriculares comparando os elementos presentes nos mesmos e em seguida realizamos um comparativo do saber científico de referência com a forma como o conceito se manifesta nos programas curriculares, categorizamos os resultados obtidos definindo as categorias que utilizaremos na análise da Transposição Didática para os livros didáticos. Depois de definidas as categorias epistemológicas e didáticas utilizadas na análise dos livros aplicamos uma análise documental utilizando como ferramenta o quadro teórico de estudo a análise estatística implicativa nos livros didáticos de forma a reconhecer como os autores apresentam as leis da termodinâmica nos livros.

Assim, tivemos como etapas do trabalho: a caracterização do saber científico, a análise dos documentos nacionais de orientação curricular em relação a Transposição Didática externa do conceito de transformação energética e das propostas de ensino para física encontrado nestes documentos, criamos as categorias de análises e utilizamos estas categorias para analisar os livros didáticos.

Para construirmos as categorias de análise usamos como referência as características da Transposição Didática: Deformações, Supressões, Acréscimos, Criações Didáticas e Vigilância Epistemológica, como já definido no capítulo 2. E as características epistemológicas do saber científico que já foram levantadas na revisão de literatura que deixamos explícitos no capítulo 3. Além das orientações didáticas presentes também no capítulo 3 e com orientações na perspectiva da alfabetização científica como descrito no capítulo 4.

5.1 FERRAMENTA DE ANÁLISE: ANÁLISE ESTATÍSTICA IMPLICATIVA

Como ferramenta de análise utilizamos a Análise Estatística Implicativa (*analyse statistique implicative* no original em francês que tem por abreviação ASI) que é um método estatístico desenvolvido por Régis Gras e seus colaboradores (COUTURIER, 2009). É um instrumento estatístico que permite avaliações de características qualitativas e quantitativas e podem ser usadas em pesquisas que utilizam dados abertos e fechados de forma sistemática (GRAS; ALMOULOUD, 2002). Sendo um dispositivo útil à pesquisa em ensino (ISAIA; REGNIER; BISOGNIN; BISOGNIN; ACIOLY-RÉGNIER, 2014).

A ASI é um sistema estatístico que permite a análise de um conjunto de dados multidimensional (GRAS; KUNTZ, 2009) e com medidas não-linear (COUTURIER, 2009). Quando comparado a outros métodos estatísticos a capacidade de tratamento destes dados atendem a critérios que permitem a criação do índice de implicação que mede o grau de coocorrência entre o conjunto de dados (COUTURIER, 2009).

Na implicação lógica, quando P implica em Q, podemos afirmar que toda vez Q é verdadeira P também é verdadeira. Quando saímos da lógica e vamos analisar outras situações podemos observar contra exemplos que não invalidam uma regra. No caso da língua, algumas exceções podem não invalidar uma regra geral. Por outro lado quando o número de exceções é muito grande podemos descartar uma regra. Em situações de ensino isso é muito importante, sobretudo quando se pensa em analisar certos padrões de comportamentos ou medir o desempenho dos alunos e avaliar a complexidade de determinadas situações. Através da ASI se desenvolve uma ferramenta estatística para avaliar determinadas implicações indicando a probabilidade delas ocorrerem. Esse instrumento possibilitou o enriquecimento de inúmeras pesquisas na área de ensino. Desta forma, podemos observar que quando em um conjunto de objetos ou eventos a característica “B” tende a acontecer quando ocorre também a característica “A” e podemos medir a probabilidade dessa ocorrência, podemos afirmar que “A” implica em “B” (GRAS; KUNTZ, 2009). Na implicação estatística temos um valor no intervalo de 0 e 1 indicando a probabilidade de acontecer a quase-implicação (GRAS; KUNTZ, 2009).

A formulação do índice de implicação se baseou na estatística binária, isto é, as equações admitiam que uma variável binária poderia assumir apenas dois valores: a ausência de uma características (assinalada com o valor 0) ou a presença de uma característica (Marcada com o valor 1) (GRAS; KUNTZ, 2009).

Com a evolução da ASI, a metodologia expandiu-se para utilizar também variáveis modais que permitem a pesquisa de intervalos contínuos (que podem assumir valores no intervalo entre 0 e 1) (GRAS; KUNTZ, 2009), ideal à amostra quantitativa e contínua.

Essas variáveis que geram o índice de implicação são chamadas de variáveis primárias. Além destas, o arcabouço teórico permite a utilização das variáveis suplementares que são atributos extrínsecos que não interessa diretamente as relações construídas no conjunto de variáveis, antes representam categorias do sujeito (idade, sexo e nível de instrução) (GRAS; KUNTZ, 2009).

Para o presente trabalho é conveniente descrevermos dois tipos de relações que podem ser estudada com a Análise Estatística Implicativa: Implicação e Coesão. Além dessas, também podemos estudar a similaridade.

A Similaridade é definida a partir do cruzamento do conjunto de variáveis com os sujeitos ou objetos da pesquisa (GRAS; ALMOULOU, 2002), “Este tipo de análise permite ao usuário estudar e interpretar, em termos de tipologia e de semelhança (e não semelhança) decrescente, classes de variáveis, constituídas significativamente a certos níveis da árvore e se opondo a outras nestes mesmos níveis” (GRAS; ALMOULOU, 2002, p. 3).

Como critério de similaridade utiliza-se as variáveis binárias (presença-ausência) na coocorrência das variáveis que estão sendo testadas e do contra exemplo, isto é, a ocorrência de uma e a não ocorrência da outra (GRAS; ALMOULOU, 2002). Medimos a semelhança pela probabilidade de que a relação entre a coocorrência e o contra exemplo seja superior ao número aleatório esperado nesta situação (GRAS; ALMOULOU, 2002). Definindo o valor da similaridade entre as variáveis é possível criar um gráfico de similaridade.

Quanto maior o índice de implicação mais estatisticamente significativo são os resultados. Desta forma, um índice de 0,80 indica uma probabilidade de 80%. Quanto menor o índice de implicação maior chance de a implicação ser fruto do acaso. Cabe ao pesquisador selecionar o índice em função dos seus dados e das exigências. Em Gras e Almoloud (2002) foi considerado, para análise dos dados o índice de 0,70 por considerar que até esse índice era possível obter uma estrutura interessante para a pesquisa e ainda significativa. Com índice menores pode-se obter um número maior de relações implicativas, contudo estas relações não seriam estatisticamente relevantes (GRAS; ALMOULOU, 2002). Com o índice de implicação definido

podemos expressar as relações entre as variáveis de forma gráfica por meio de um grafo implicativo criando caminhos de implicação entre as variáveis que indica a probabilidade de aparecimento de uma característica se outra surgir (GRAS; KUNTZ, 2009).

A Coesão é o desequilíbrio estatístico entre a união dos conjuntos formados pela ausência da característica “A” com a presença da característica “B” em relação a intersecção do conjunto presença da característica “A” com a ausência da característica “B” (GRAS; KUNTZ, 2009). Definindo a Coesão podemos representar graficamente a relação entre as variáveis por meio de uma árvore coesitiva que indica a proximidade na ocorrência das variáveis que pertence ao mesmo ramo do gráfico (GRAS; ALMOULOU, 2002).

Para todas essas relações é possível calcular o risco dos valores obtidos serem encontrados ao acaso (GRAS; KUNTZ, 2009). O valor do risco indica qual a probabilidade da relação encontrada surgir ao acaso. Valores baixos de risco aponta que as relações são estatisticamente confiáveis, porém valores elevados de risco indica que a relação pode surgir sem que exista.

Com a utilização das variáveis suplementares é possível analisar as relações de Implicação, Similaridade e Coesão tendo em vista os descritores suplementares através da Tipicidade e Contribuição dos das categorias dos sujeitos.

A Tipicidade é uma relação entre o sujeito da pesquisa e o sujeito ótimo, isto é, como agiria o sujeito com a característica suplementar. Quanto maior o valor da Tipicidade (valor que pertence ao intervalo de 0 a 1) de uma variável mais próximo do comportamento ótimo foram os dados (GRAS; KUNTZ, 2009).

A Contribuição indica quanto o sujeito com o atributo suplementar contribuiu na formação da relação estatística. Quanto maior o valor da Contribuição (valor que está presente no intervalo entre 0 e 1) mais aquela característica apareceu na formação da relação (GRAS; KUNTZ, 2009).

O crescimento do número de estudos na ASI permitiu a criação de um software que auxilia nos cálculos estatísticos, a confecção dos gráfico e a definição do sujeito maior tipicidade e contribuição. Este software é o CHIC.

5.1.1 SOFTWARE CLASSIFICAÇÃO HIERÁRQUICA IMPLICATIVA E COESIVA (CHIC)

O CHIC³⁶ é um software divulgado e distribuído pela ARDM (Associação para a Pesquisa em Didática da Matemática) (COUTURIER; BODIN; GRAS, 2002) que realiza os cálculos estatísticos em um conjunto de dados para ASI e tem sido utilizado em um grande número de trabalhos deste arcabouço teórico (COUTURIER, 2009), isto é, o software de Classificação Hierárquica Implicativa e Coesiva tem por funções essenciais extrair de um conjunto de dados, cruzando sujeitos e variáveis, fornece um índice de qualidade de associação e de representar uma estruturação das variáveis obtida por meio das regras da ASI (COUTURIER; BODIN; GRAS, 2002).

Para a utilização do CHIC como ferramenta de pesquisa existe a necessidade de um conhecimento das regras da Análise Estatística Implicativa, para poder fazer a interpretação adequada dos resultados, e familiaridade com o ambiente Windows para preparar adequadamente a planilha (COUTURIER, 2009).

Na preparação para a planilha eletrônica que será analisada pelo CHIC deve ser salva no formato CSV com vírgula (COUTURIER, 2009). Na planilha, a primeira coluna deve estar os sujeitos da pesquisa e na primeira linha as variáveis que serão avaliadas. A tabela mostrará o cruzamento do sujeito com as características apresentadas (marcando 1 para a presença e 0 para a ausência da característica no sujeito).

Nesta preparação da base de dados é importante a marcação do tipo de variáveis como principal, suplementar, modal ou intervalar. Uma variável intervalares permite particionar um conjunto numérico em subconjuntos com intervalos de mesmo tamanho de forma automática (COUTURIER, 2009).

Além da preparação da planilha é necessário que se determine quais as configurações o software deve usar na resolução dos cálculos. Na janela opções permite-se a configuração geral do software.

Na Figura 2 apresentamos o layout da janela opção do software. Vamos descrever as opções de configurações que a janela apresenta para podermos entender qual é a melhor configuração para o uso nesse trabalho.

³⁶ No presente trabalho utilizamos a versão 6.0 do software.

Figura 2 - Janela "Opção" do software CHIC versão 6.0

Fonte: layout da janela do CHIC 6.0

Na área superior da janela encontramos três opções de cálculo para a marcar as desejadas. A opção “nó significativo” serve para que o software evidencie as relações mais significativas nas árvores hierárquicas, a opção “cálculo longo” é útil para ter acesso aos cálculos realizados pelo software e a opção “cálculo dos intervalos” serve para calcular variáveis intervalares (COUTURIER; BODIN; GRAS, 2002).

A escolha do tipo de implicação permite escolher entre a implicação segundo a teoria clássica, indicada a uso em pesquisa com pouca rigorosidade no índice de implicação, ou a implicação entrópica, útil para uso em estudos com inclusão conjuntista na base de dados (COUTURIER; BODIN; GRAS, 2002).

A escolha entre o tipo de lei de implicação dá como opção a lei binomial, adequada ao uso de poucos sujeitos de pesquisa, ou a lei de Poisson, apropriada ao uso de muitos sujeitos de pesquisa (COUTURIER; BODIN; GRAS, 2002).

Depois que prepara o banco de dados e configura o software pode-se iniciar a análise. Inicia-se o tratamento banco de dados escolhendo a relação a ser operada: Similaridade, Implicação e Coesão.

Realizando o exame de Similaridade ou de Coesão o software apresenta três janelas: uma delas tem tabela com as relações entre as variáveis, a segunda com um relatório da delação e a terceira mostra o gráfico da árvore da relação escolhida.

No tratamento da Implicação, o programa, de forma análoga as relações anteriormente descritas, mostra três janelas: uma com a tabela de implicação entre as categorias, a segunda com um relatório da implicação entre as categorias de análise e a terceira expõe um grafo implicativo com uma configuração própria, como vemos na figura 3.

Figura 3 - Painel de configuração do grafo implicativo do CHIC.



Fonte: layout da janela do CHIC 6.0

Os valores do índice de implicação apontados no layout do painel de configuração está relacionado a níveis de quase-implicação representados no grafo implicativo por uma seta de ascendência e descendência.

Com a janela gráfica aberta o usuário pode encontrar a tipicidade e contribuição de cada sujeito ótimo.

5.2 DESCRIÇÃO DO *CORPUS* DA PESQUISA

O *corpus* da pesquisa foi formado pelo conjunto de livros e de documentos analisados para responder a pergunta de pesquisa. Desta forma existem dois grupos de textos que foram analisados.

A primeira análise foi feita nos documentos nacionais de orientação curricular para o ensino médio direcionado a componente curricular física.

A segunda análise foi realizada nos capítulos referente as leis da termodinâmica de livros de física para o segundo ano do ensino médio que foram aprovados pelo PNLD e adotados em escolas públicas da cidade do Recife-PE.

Vamos seguir descrevendo mais detalhadamente os documentos que foram analisados.

5.2.1 OS DOCUMENTOS NACIONAIS DE ORIENTAÇÃO CURRICULAR

Utilizamos os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), documento espedido pelo Ministério da Educação e Cultura no ano de 1999. Primeiro documento curricular de caráter nacional expedido depois da atual lei de diretrizes e base da educação. Divide as disciplinas do ensino médio em três áreas do conhecimento (Matemática e Ciências da Natureza, Linguagens e Ciências Humanas). A física encontra-se na área de matemática e ciências da natureza.

Os PCN estão centrados em um ensino que desenvolvam habilidades e competências por meio de uma abordagem interdisciplinar e contextualizada. Os conceitos tradicionalmente centrais no ensino tornam-se ferramentas para o desenvolvimento das competências listadas no documento.

Utilizamos também PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, documento expedido pelo ministério da educação e cultura no ano de 2002. Este documento é um conjunto normativo complementar aos parâmetros curriculares nacionais. Permanece com a mesma divisão de áreas do conhecimento que os parâmetros traziam.

Os PCN+ são complementos aos PCN relacionando de forma mais clara os conceitos tradicionalmente ensinados com as habilidades e competências. Ainda sistematizam os eixos temáticos de forma a dividir os 6 semestres do ensino médio para abordar todo o conteúdo e habilidades propostas.

Utilizamos as Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (OCNEM), documento expedido pelo ministério da educação e cultura no ano de 2006.

O documento foi confeccionado com a finalidade de promover orientações teórico-metodológicas sobre o novo paradigma do ensino.

As OCNEM trazem poucas referências a conceitos, mas trazem muitas indicações metodológica e desenvolvem tópicos teóricos da forma de ensinar, alinhando as indicações didáticas com os desenvolvimentos das pesquisas em ensino. Dentro das indicações metodológicas recomenda-se o cuidado com a transposição didática e a utilização da alfabetização científica tecnológica.

Por fim, utilizamos a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento distribuído pelo Ministério da Educação no ano de 2016 para análise pública (1ª versão) e revisado para análise do congresso (2ª versão), o texto da segunda versão da BNCC é provisório e espera aprovação do legislativo, mas utilizamos a base por ser a provável orientação curricular nos próximos anos. O documento tem caráter diferente dos demais, este será de implantação obrigatória enquanto os outros eram de implantação facultativa. Na BNCC as disciplinas foram divididas em quatro áreas do conhecimento (linguagens e suas tecnologias, matemática e suas tecnologias, ciências humanas e suas tecnologias e ciências da natureza e suas tecnologias), e física encontra-se entre as disciplinas de ciências da natureza e suas tecnologias.

A BNCC elenca o conhecimento mínimo necessário à formação do cidadão brasileiro, segundo o ministério, sendo uma lista de conhecimentos básicos e cada rede de ensino pode complementar a lista que existe no documento. O documento integra os conceitos disciplinares que devem ser tratados em 6 eixos temático com as habilidades e competência que devem ser desenvolvidas.

5.2.2 OS LIVROS APROVADOS PELO PNLD

O *corpus* para a análise dos livros foi formado pelos capítulos referentes as leis da termodinâmica dos livros selecionados pelo PNLD 2015 e distribuído para as escolas estaduais da cidade do Recife-PE.

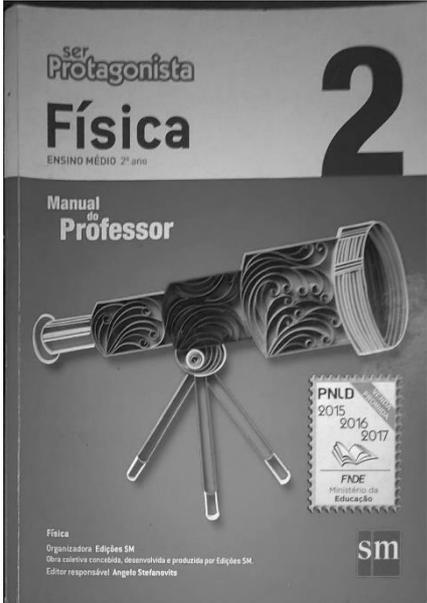
No quadro 1, apresentamos os livros selecionadas na composição do material a ser analisado na pesquisa e o código que o identificará ao longo do texto.

Quadro 1 - Identificação dos livros que compõe o corpus da pesquisa.

Código	Autores	Título	Editora
LD-01	Ângelo Stefanovits (Editor)	Ser protagonista – Física, ensino médio, 2º ano	Editora SM
LD-02	Newton Villas Boas; Ricardo Helou Doca; Gualter José Biscuola.	Física 2 – termologia, ondulatória e opticao, 2º ano	Saraiva
LD-03	Osvaldo Guimarães; José Roberto Piqueira; Wilson Carron.	Física 2, 2º ano	Ática
LD-04	Carlos Magno A. Torres; Nicolau Gilberto Ferraro; Paulo Antônio de Toledo Soares; Paulo Cesar Martins Penteadado.	Física – Ciência e Tecnologia 2: Termologia, óptica e ondas. 2º ano.	Moderna
LD-05	José Roberto Bonjorno; Regina de Fátima Souza Azenha Bonjorno; Valter Bonjorno; Clinton Marcico Ramos; Eduardo de Pinho Prado; Renato Caseiro.	Física: termologia, óptica e ondulatória, 2º ano	FTD
LD-06	Kazuhito Yamamoto; Luis Felipe Fuke.	Física para o ensino médio, 2º ano	Saraiva
LD-07	Alysson Ramos Artuso; Marlon Wrublewski.	Física 2, 2º ano	Positivo
LD-08	Aurelio Gonçalves Filho; Carlos Toscano.	Física 2: interação e tecnologia, 2º ano	Leya

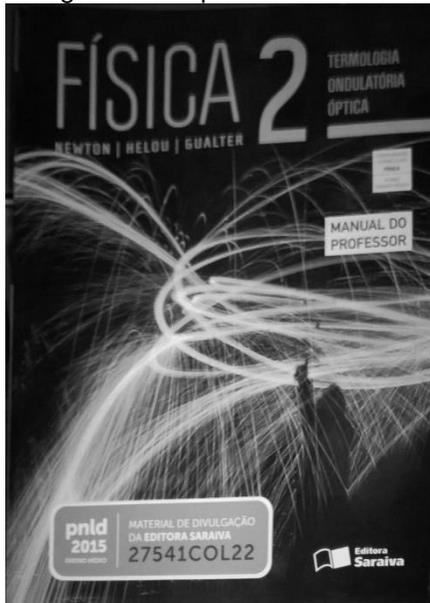
Faremos uma breve descrição dos livros analisados e apresentaremos do quadro 2 ao 9.

Quadro 2 – Descrição do Livro LD-01 que foi analisado.

Figura 4 – Capa do livro LD-01	<u>LD-01</u>
	<p>Quantidade de capítulos no livro: 10 Capítulo analisado: Capítulo 4. Percentual de capítulos analisados: 10% Quantidade de páginas no livro: 312 Quantidade de páginas analisadas: 36 Percentual de páginas analisadas: 11,5%</p> <p>Destaque da Coleção: O livro estabelece algumas relações interdisciplinares, mas seu maior destaque é o grande número de exercícios propostos e resolvidos trazendo um número razoável de problemas abertos, mas a maior parte são exercícios de resolução algorítmicas. (BRASIL,2014)</p>
<p>Fonte: Capa LD-01 digitalizada</p>	
<p>Estrutura do capítulo: O capítulo está dividido em 6 tópicos.</p>	
<p>A introdução do tema é feita com debate histórico cultural. No desenvolvimento do tema encontramos a diversas ilustrações de sistemas físicos e o algoritmo que o modela seguido de definição verbal e diversos gráficos. Ao longo do capítulo encontramos diversos exercícios resolvidos e exercícios propostos com bom número de exercícios algorítmicos encerrando-se com exercícios retirados das provas do ENEM e de diversos vestibulares.</p>	
<p>Ao longo do texto encontramos diversos boxes com propostas experimentais, aprofundamento histórico, indicação de leitura e uma proposta de roteiro de projeto coletivo.</p>	
<p>Como foi tratado o tema energia: Encontramos o conceito baseado nos diversos tipos de energia e como podem ser utilizado na compreensão de fenômenos naturais e tecnológicos. Mas concentra-se na resolução de exercícios algorítmicos.</p>	
<p>Ainda vemos que boa parte do livro é dedicada a termodinâmica, e relativamente o capítulo tem mais páginas que a média por capítulo.</p>	

Quadro 3 – Descrição do Livro LD-02 que foi analisado.

Figura 5 – Capa do livro LD-02



Fonte: Capa LD-02 digitalizada

LD-02

Quantidade de capítulos no livro: 13

Capítulo analisado: Capítulo 5.

Percentual de capítulos analisados: 7,7%

Quantidade de páginas no livro: 320

Quantidade de páginas analisadas: 21

Percentual de páginas analisadas: 6,6%

Destaque da Coleção: O livro tem um conjunto de bons textos suplementares ao conteúdo, buscando contextualizações, e apresentando potencial para a ativação de debates, reflexões e discussões que levam ao posicionamento crítico e iniciativa dos estudantes (BRASIL, 2014).

Estrutura do capítulo: O capítulo está dividido em 12 tópicos.

Inicia com uma introdução com temática sócio-científica. Seguido de definições preocupada com a rigurosidade e precisão dos termos utilizados. Traz muitas figuras esquemáticas, porém poucos gráficos e muitos algoritmos. Traz um bom número de exercícios resolvidos e alguns exercícios propostos.

Ao longo do texto e principalmente concentrado no fim do capítulo encontramos boxes com contextualização histórica-social do tema, mas percebemos uma aproximação maior com tecnologia nos textos.

Como foi tratado o tema energia: Percebemos que há muito enfoque no uso social da energia através da tecnologia e no desenvolvimento tecnológico de artefatos. Não vemos referências a uma abordagem experimental que reforça um aspecto algorítmicos dos conceitos físicos.

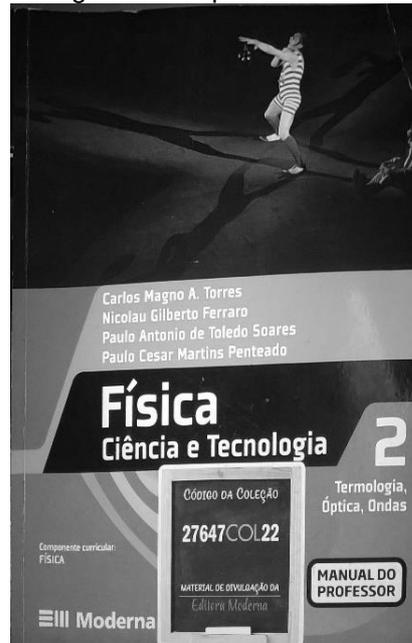
Vemos que uma pequena parte do livro é dedicado a termodinâmica e o conceito de energia. Tendo o número de páginas inferior à média por capítulo.

Quadro 4 – Descrição do Livro LD-03 que foi analisado.

Figura 6 – capa do livro LD-03	<u>LD-03</u>
	<p>Quantidade de capítulos no livro: 10 Capítulos analisados: Capítulos 3 e 4. Percentual de capítulos analisados: 20% Quantidade de páginas no livro: 312 Quantidade de páginas analisadas: 39 Percentual de páginas analisadas: 12,5%</p> <p>Destaque da Coleção: Conteúdos tradicionais desenvolvidos por meio de textos, experimentos, exercícios resolvidos e propostos e exercícios de síntese com apoio em documentários, quase sempre da BBC (BRASIL, 2014).</p>
<p>Fonte: Capa LD-03 digitalizada</p>	
<p>Estrutura do capítulo: os dois capítulos totalizam 9 tópicos, 4 no capítulo 3 e 5 no 4.</p>	
<p>Os capítulos iniciam com uma pergunta motivadora, seguida do texto denso em termos técnicos bem definidos definindo os conceitos a partir de algoritmos. O texto principal traz ideias quantitativas com muitas ilustrações esquemáticas e gráficos. É notório a escarces de exercícios, apesar dos exercícios resolvidos.</p>	
<p>Os boxes “a física explica” e “física tem história” são encontrados ao longo do texto e informam curiosidades sobre fenômenos naturais e tecnológicos na contextualização histórica. No fim de cada capítulo temos boxes que suscitam debates sobre o tema em contexto sócio-culturais diferentes, propostas experimentais e discussões de temas sócio-científicos em textos e documentários indicados.</p>	
<p>Como foi tratado o tema energia: o texto é muito voltado a conceitos da física com poucas ligações interdisciplinares ou com artefatos tecnológicos. É rigoroso na exatidão dos termos, mas foca nos algoritmos.</p>	
<p>Vemos que boa parte do livro é dedicado a abordagem do tema. Com menos páginas que a média esperada.</p>	

Quadro 5 – Descrição do Livro LD-04 que foi analisado.

Figura 7 – Capa do Livro LD-04.

**LD-04**

Quantidade de capítulos no livro: 10

Capítulo analisado: Capítulo 4.

Percentual de capítulos analisados: 10%

Quantidade de páginas no livro: 272

Quantidade de páginas analisadas: 40

Percentual de páginas analisadas: 14,7%

Destaque da Coleção: O livro é caracterizado pela abordagem contextualizada de conteúdo a partir de experiências cotidianas e pela variedade de atividades proposta (BRASIL, 2014).

Fonte: Capa LD-04 digitalizada

Estrutura do capítulo: O capítulo está dividido em 9 tópicos.

A introdução é feita com a discussão sobre a relação existente entre o conceito e uma pintura (expressão artística/cultural). O texto inicia com uma contextualização histórica usando diversos esquemas de artefatos tecnológicos e do desenvolvimento técnico do uso da energia. Boa parte das figuras apresentadas no capítulo traz esquema e elementos históricos. Poucos gráficos e muito algoritmos. Com muitos exercícios resolvidos e propostos.

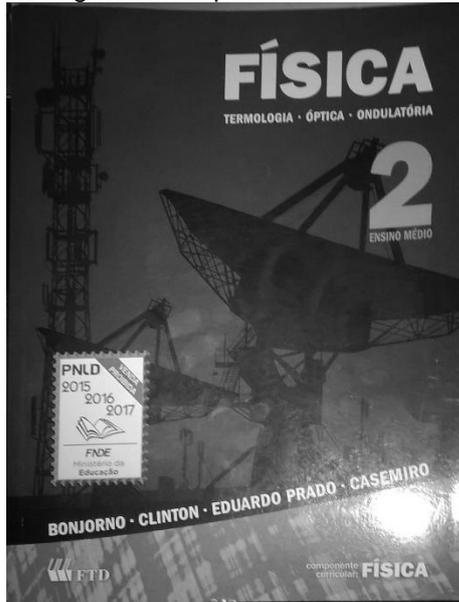
Ao longo do texto encontramos muitos boxes com contextualização histórica, social e tecnológica do tema energia. Além da contextualização encontramos propostas de leitura e debate, atividades em grupo e atividade experimental. Encerra o capítulo com indicações de leituras em livros e na internet.

Como foi tratado o tema energia: o livro apresenta o conceito de energia por meio de contextualização e ligações com outros conceitos. Vemos um conceito versátil e com aplicações no cotidiano e constrói o conceito de forma coletiva por meio de debate e atividades coletivas.

Percebemos que o uma boa parte do livro é dedicada a tratar da termodinâmica e vemos que tem bem mais páginas que a média esperada por capítulo.

Quadro 6 – Descrição do Livro LD-05 que foi analisado.

Figura 8 – Capa do livro LD-05



Fonte: Capa LD-05 digitalizada

LD-05

Quantidade de capítulos no livro: 15

Capítulo analisado: capítulo 7.

Percentual de capítulos analisados: 6,7%

Quantidade de páginas no livro: 288

Quantidade de páginas analisadas: 27

Percentual de páginas analisadas: 9,4%

Destaque da Coleção: A contextualização dos conteúdos, por meio de referências a aspectos do cotidiano uso de tecnologia, é marcante no livro em box ao longo do texto principal (BRASIL, 2014).

Estrutura do capítulo: O capítulo está dividido em 8 tópicos.

Inicia-se o texto com definições de conceitos relacionado ao conceito de energia e segue-se com muitos gráficos e esquemas de sistemas físicos como auxílio a definição de energia por meio do algoritmo. Encontramos um bom número de exercícios resolvidos e um volume excelente de exercícios propostos.

Traz boxes com indicações de atividades experimentais e desafios aos estudantes. O box “saiba mais” aprofunda o tema de maneira contextualizada com a tecnologia contemporânea. O capítulo termina com uma contextualização histórica do desenvolvimento do conceito.

Como foi tratado o tema energia: Vemos um conceito de energia voltado a estruturar a física escolar mostrando a relação deste conceito com diversos outros. A contextualização nos boxes cria ligações do conceito com a tecnologia cotidiana.

Mesmo dedicando pouco espaço no livro para o conceito de energia vemos que este é dedicado a criar contato entre eles. Vemos que ele apresenta uma média de páginas por capítulo maior que a quantidade esperada.

Quadro 7 – Descrição do Livro LD-06 que foi analisado.

Figura 9 – Capa do livro LD-06



Fonte: Capa LD-06 digitalizada

LD-06

Quantidade de capítulos no livro: 16

Capítulo analisado: Capítulo 6.

Percentual de capítulos analisados: 6,3%

Quantidade de páginas no livro: 320

Quantidade de páginas analisadas: 31

Percentual de páginas analisadas: 9,7%

Destaque da Coleção: O conteúdo da física é apresentado estabelecendo relações com aspectos históricos, sociais, econômicos e culturais, dando ênfase na interdisciplinaridade para a construção dos conceitos (BRASIL, 2014).

Estrutura do capítulo: O capítulo está dividido em 6 tópicos.

O tema é introduzido com uma contextualização de caráter social, cultural e histórica. Define conceitos relacionados ao de energia. Vemos que Definindo energia por meio do algoritmo relacionado com gráficos. Apresenta muitos exercícios resolvidos e alguns exercícios propostos.

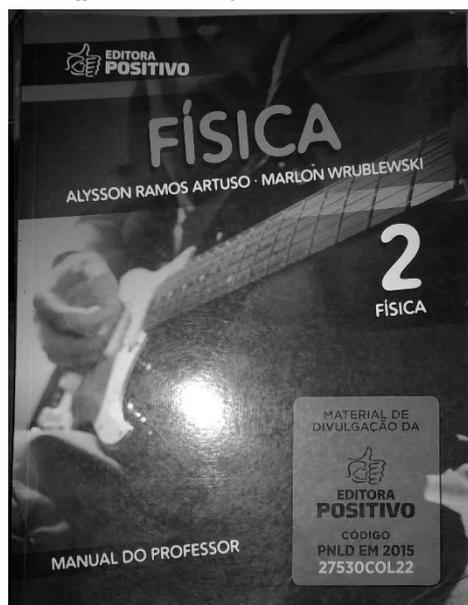
Traz vários boxes com curiosidades e aprofundamentos do assunto. Nos boxes “a física na história” encontramos um pouco de história da física. No “para saber mais” encontra-se indicações de leituras em livros e sites. No “outras palavras” encontra-se um texto de caráter científico sobre o tema do capítulo.

Como foi tratado o tema energia: neste capítulo o conceito de energia é apresentado a partir da relação com outros conceitos, principalmente a relação de trabalho e calor, criando um conceito muito próximo da aplicação tecnológica.

Vemos que temos poucas páginas dedicadas ao tema, porém está acima da média esperada para o capítulo.

Quadro 8 – Descrição do Livro LD-07 que foi analisado.

Figura 10 – Capa do livro LD-07



Fonte: Capa LD-07 digitalizada

LD-07

Quantidade de capítulos no livro: 11

Capítulo analisado: Capítulo 5.

Percentual de capítulos analisados: 9%

Quantidade de páginas no livro: 320

Quantidade de páginas analisadas: 43

Percentual de páginas analisadas: 13,4%

Destaque da Coleção: Apresenta um conjunto de linguagens, a partir de diversos tipos de textos. O envolvimento com outras disciplinas, é uma característica da coleção (BRASIL, 2014).

Estrutura do capítulo: O capítulo é dividido em 4 tópicos.

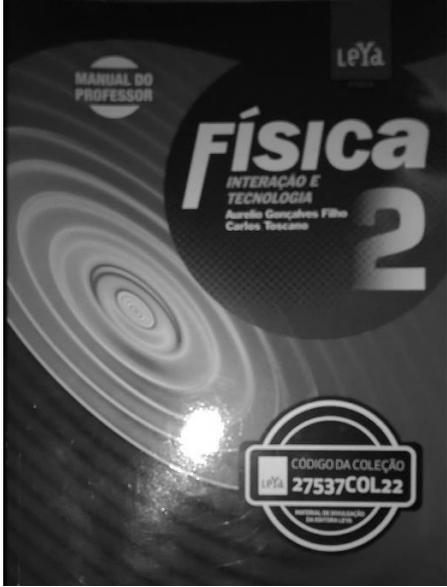
Uma introdução realizando a contextualização histórico-social com belas imagens (Expressão artística/cultural) que mostram diversas aplicações tecnológicas da energia. Define energia de forma verbal e constrói os algoritmos por meio de esquemas tecnológicos e naturais. Tem alguns exercícios comentados e um bom número de exercício proposto e traz questões do ENEM e de vestibulares. Relaciona a física com a biologia e com a arte.

Temos os boxes “Viajem no tempo”, com um pouco da história da física. No “investigação científica” propõe atividades e discursões em grupo. No “+física” encontra-se um aprofundamento do tema. No “conexões” encontramos discursões interdisciplinares. No “espaço da tecnologia” vemos discursões sobre as aplicações tecnológicas do saber científico de referência.

Como foi tratado o tema energia: O livro apresenta o conceito de energia relacionado a diversos outros de maneira que possível compreender diversos fenômenos naturais e tecnológicos.

Vemos que o livro dá um espaço razoável para o debate do tema, principalmente por te muito mais páginas que o esperado pela média de páginas por capítulo.

Quadro 9 – Descrição do Livro LD-08 que foi analisado.

<p>Figura 11 – Capa do livro LD-08.</p> 	<p style="text-align: right;">LD-08</p> <p>Quantidade de capítulos no livro: 9 Capítulos analisados: Capítulos 2 e 3. Percentual de capítulos analisados: 22,2% Quantidade de páginas no livro: 232 Quantidade de páginas analisadas: 55 Percentual de páginas analisadas: 23,7%</p> <p>Destaque da Coleção: Os conteúdos são organizados em sequência que possibilita a retomada das ideias ao longo de todo o livro com diferentes níveis de aprofundamento. O livro ainda privilegia uma abordagem contextualizada dos conceitos e fundamentos, tanto no contexto científico escolar, quanto social (BRASIL, 2014).</p>
<p>Fonte: Capa LD-08 digitalizada</p>	
<p>Estrutura do capítulo: Os capítulos totalizam 10 tópicos, 6 no capítulo 2 e 4 no 3.</p>	
<p>Os capítulos iniciam com uma retomada dos capítulos anteriores para contextualizar uma pergunta motivadora. Definem conceitos relacionados à energia e mostra aplicações tecnológicas destes conceitos. A partir de esquemas tecnológicos desenvolvem a definição algorítmica do conceito. Com alguns exercícios resolvidos e muitos exercícios propostos.</p>	
<p>Traz diversos boxes com atividade experimental e com contextualização e aprofundamento do conteúdo. Indicam textos e debates, além dos sites propostos.</p>	
<p>Como foi tratado o tema energia: O livro apresenta o conceito de energia como um conceito estruturador do ensino de física realizando diversas conexões entre os diversos conceito. Percebemos a presença constante dos usos tecnológicos do conceito de energia e como a sociedade pode utilizar as diversas manifestações.</p>	
<p>Vemos que o livro dedica um espaço enorme para trabalhar os conceitos relacionados a termodinâmica e a energia. A média de páginas por capítulo está dentro do esperado.</p>	

5.3 DESCRIÇÃO DA ANÁLISE DOS DOCUMENTOS NACIONAIS DE ORIENTAÇÃO CURRICULAR

Realizamos uma Análise Bibliográfica nos documentos nacionais de orientação curricular para o ensino de física posteriores a 1996.

Na análise do *corpus* selecionado, fizemos uma leitura exploratória e desta emergiram indicadores que tornaram-se categorias relacionadas à Transposição Didática do conceito de energia, pensando nas características epistemológicas e de aspectos didáticos presentes nos documentos nacionais de orientação curricular.

Depois da escolha dos indicadores, criamos as categorias de análise baseadas nas características da Transposição Didática apontada por Brito Menezes (2006) em relação as características epistemológicas do conceito de energia apontados por Bucussi (2007).

As características utilizadas como categoria nesta etapa da pesquisa emergiram da leitura dos documentos nacionais de orientação curricular e foram usadas como categorias para analisarmos os livros. Estas são listadas e descritas a seguir.

Além da análise epistemológica também fizemos uma análise didática investigando as indicações metodológicas presentes nestes documentos. Os mesmos mostram-se muito coerentes entre si, indicando as mesmas propostas metodológicas e eixos formativos. Por isso relatamos aqui quais foram as propostas apresentadas e fizemos uma análise qualitativa dos documentos.

Os eixos formativos aparecem no PCN com o nome de competências e elenca uma série de habilidades relacionadas, nos PCN+ essas competências são mantidas com o mesmo nome e sistematizam habilidades referentes a elas. As OCNEM as trazem ligadas aos eixos temáticos e por fim a BNCC as nomeiam como eixos formativos que são quatro: Conhecimento Conceitual; Contextualização Social, Cultural e Histórica das Ciências da Natureza; Processos e Práticas Investigativas e Linguagem nas Ciências da Natureza.

Um acréscimo feito ao longo do tempo foram os eixos temáticos. Surgiram nos PCN+ para orientar a organização curricular no tempo programado para o ensino médio. Elas organizam os temas a serem estudados em seis módulos. Os eixos temáticos são: Movimento de Objetos e Sistemas; Energia e Suas Transformações; Processos de Comunicação e Informação; Eletromagnetismos – Materiais e

Equipamentos; Matéria e Radiação – Constituição e Interação, e Terra e Universo – Formação e Evolução. A organização das disciplinas na área das ciências naturais em seus próprios eixos temáticos permitem facilitar a relação interdisciplinar delas.

A BNCC traz a ideia de área temática que permite a abordagens de temas transversais aos componentes curriculares criando conexões entre os eixos temáticos e suas disciplinas mesmo fora da área das ciências naturais, promovendo um espaço maior para a interdisciplinaridade.

Os textos sinalizam, também, possíveis metodologias para o ensino de física que estão sob a perspectiva da chamada alfabetização científica. Documentos indicam que leituras de textos, aulas expositivas, resolução de exercícios algorítmicos e a avaliação podem ser modificadas de forma que o protagonismo deixe de ser do professor e passe a ser do aluno. Indicando como processos metodológicos nos quatro documentos citados: partir do saber de vida do estudante, exercitar experimentação, leitura e debates de textos, ter a compreensão da física como cultura e a responsabilidade social.

5.4 DESCRIÇÃO DAS CATEGORIAS CRIADAS PARA A ANÁLISE DOS LIVROS

Neste trabalho analisamos a Transposição Didática do conceito de energia nos livros didáticos com categorias de análise divididas em três aspectos. O primeiro é o aspecto epistemológico que surgiu da pesquisa nos documentos nacionais de orientação curricular. O segundo é o aspecto formativo que brotou da leitura dos documentos nacionais de orientação curricular e das pesquisas em ensino de física. O terceiro é o aspecto metodológico que trará categorias que apareceram do diagnóstico dos documentos nacionais de orientação curricular e da literatura de pesquisa em ensino de ciências.

O aspecto epistemológico trata do status do saber e as transformações ocorridas no conceito. Em outras palavras, como o saber a ser ensinado apresenta-se nos livros didáticos. Neste aspecto encontramos dez categorias:

Energia é um conceito essencial à compreensão da natureza e tecnologia **(EP-cnt)** – Considerou-se elemento de análise referente a esta categoria sempre que o trecho fizesse referência a compreensão da natureza, tecnologia ou como compreender o funcionamento certo do sistema físico.

Compreensão do sistema fechado e aberto (**EP-csf**) – Considerou-se elemento de análise referente a esta categoria sempre que o trecho fizesse referência aos sistemas abertos ou fechados e como esses sistemas se comportam em relação a vizinhança.

Tipos de energia (**EP-ten**) – Considerou-se elemento de análise referente a esta categoria sempre que o trecho fizesse referência à diversidade de tipos de energia e suas conversões.

Energia como plano de fundo para outros conhecimentos (**EP-epf**) – Considerou-se elemento de análise referente a esta categoria sempre que o trecho fizesse referência à relação de outros conceitos com o de energia.

Relação com trabalho e calor (**EP-rtc**) – Considerou-se elemento de análise referente a esta categoria sempre que o trecho fizesse referência aos conceitos de trabalho e calor.

Conservação da energia conceito estruturador da física (**EP-eef**) – Considerou-se elemento de análise referente a esta categoria sempre que o trecho fizesse referência ao conceito de energia como estruturador, fundamental ou essencial à compreensão de diversos conceitos em física.

Necessária compreensão da degradação da energia (**EP-ncd**) – Considerou-se elemento de análise referente a esta categoria sempre que o trecho fizesse referência à relação entre energia e poluição ou crise energética.

Interdisciplinar (**EP-itd**) – Considerou-se elemento de análise referente a esta categoria sempre que o trecho fizesse referência à interdisciplinaridade.

Uso social da energia (**EP-use**) – Considerou-se elemento de análise referente a esta categoria sempre que o trecho fizesse referência às formas de uso de energia pela sociedade ou as formas de geração de energia elétrica.

Vigilância Epistemológica (**EP-vge**) – considerou-se vigilância epistemológica quando os elementos de análise fizessem referência às características epistemológica do conceito de energia e os cuidados para manter-se fiel a eles. Dividimos esta categoria em cinco subcategorias associadas as posições epistemológicas do conceito de energia segundo Bucussi (2007).

Transformações sistêmicas (**EP-ve1**) – esta subcategoria da vigilância epistemológica marcada quando o texto pode associa energia à capacidade de produzir transformações, deixando claro que o termo é associado a um sistema particular e não há algo material.

Formas e manifestações da energia **(EP-ve2)** - esta subcategoria da vigilância epistemológica é marcada quando as mudanças experimentadas pelo sistema se devem à transformações de uma forma ou manifestação em outra.

Característica sistêmica **(EP-ve3)** - esta subcategoria da vigilância epistemológica é marcada quando a energia pertence a um sistema formado por dois ou mais corpos.

Relação com trabalho e calor **(EP-ve4)** - esta subcategoria da vigilância epistemológica é marcada quando as variações energéticas de um sistema pode ser devido ao desempenho de trabalho e/ou de calor.

Degradação energética **(EP-ve5)** - esta subcategoria da vigilância epistemológica é marcada quando não é possível utilizar a energia de um sistema de forma indefinida por conta de sua degradação.

O aspecto formativo vai tratar do objetivo do ensino. Encontramos quatro categorias:

O saber conceitual **(EF-ccc)** – Refere-se aos conceitos científicos que são transpostos ao sistema de ensino, sendo necessário a vigilância epistemológica sobre sua Transposição Didática.

A contextualização social, cultural e histórica **(EF-sch)** – Refere-se à forma de abordar a construção do saber científico, não dando uma ideia dogmática e descontextualizada dos saberes científicos, porém dando significado aos conceitos que serão abordados para o estudante.

Os processos e práticas investigativas **(EF-ppi)** – Refere-se ao estudo de práticas investigativas em laboratórios escolares e resoluções de problemas abertos. Ensina sobre como se constrói o saber científico.

A linguagem nas ciências da natureza **(EF-lcc)** – Refere-se à necessidade de compreensão das formas técnico científicas de comunicar. O estudante deve poder compreender gráficos, tabelas, terminologia técnica e equações.

Os aspectos metodológicos são indicações de abordagens que os livros poderão trazer para os estudantes e professores. Temos cinco categorias criadas a partir dos documentos nacionais de orientação curricular e duas criadas a partir das observações encontradas na literatura em ensino de ciências.

Partir do saber de vida do estudante **(MT-cpe)** – Quando os textos utilizarem fenômenos ou tecnologias do dia a dia dos grandes centros urbanos ou de saber geral para introdução de capítulo ou conteúdo.

Exercitar experimentação **(MT-led)** – Quando o texto propõe um experimento, uso de equipamento tecnológico ou laboratório didático para construção do saber do aprendiz.

Leitura e debates de textos **(MT- ldt)** – indicar textos, filmes documentários extras que tragam discussões sobre o tópico apresentado.

Compreensão da física como cultura **(MT-cfc)** – a física como elemento cultural se estabelece com a compreensão dos processos históricos que levaram a descoberta e desenvolvimento de cada conceito e uma reflexão sobre as implicações do uso deste saber pelas pessoas. Isso será marcado pela presença de textos complementares que abordem estes aspectos.

Responsabilidade social **(MT-rbs)** – a responsabilidade social se caracteriza quando levamos os estudantes a pensarem sobre as causas e consequências atuais do uso de práticas e tecnologias apoiadas pelo saber científico, como este saber pode ser utilizado para o bem estar social.

Aproximação do saber científico **(MT-acc)** – traga alguma orientação para a leitura ou fragmento de texto científico.

No Apêndice A traremos um quadro resumo das categoria de análise dos livros didáticos.

5.5 DESCRIÇÃO DA ANÁLISE DOS LIVROS

Na análise dos livros didáticos realizamos uma estudo bibliográfico nos capítulos referentes às leis da termodinâmica e preparamos os textos para aplicação da análise estatística implicativa.

Na análise do *corpus* selecionado, fizemos uma leitura exploratória assinalando sempre que a presença das categorias era visível no texto do livro.

Na preparação do material para a análise estatística dividimos os capítulos em três pontos de vista: o primeiro ligado à primeira lei da termodinâmica, o segundo referente à segunda lei da termodinâmica e o terceiro é composto pelos textos que compõem as seções extras e box. Os pontos de vista um e dois são vistos no corpo do texto principal e o terceiro ponto de vista não faz parte do texto principal, mas são complementos presentes ao longo do capítulo.

Para cada um dos pontos de vista em cada livro utilizamos como sujeitos de pesquisa distintos, indicando categorias de pesquisa próprios. Fizemos esta divisão

dos capítulos em diversos sujeitos de pesquisa devido a necessidade de um bom número de sujeitos de pesquisa necessários a um estudo estatístico, com esta divisão ampliamos de 8 para 24 sujeitos de pesquisa.

Construímos uma tabela com o número de vezes que cada categoria foi citada pelos sujeitos de pesquisas e em seguida preparamos a tabela que marcava apenas a presença ou ausência da categoria nos trechos referentes a cada sujeito para realizar a análise estatística implicativa com o uso do software CHIC.

O software foi preparado selecionando as funções nós significativos que serve para indicar as relações de mais relevância na análise. A análise foi feita segundo a teoria clássica de implicação com a lei binomial, indicado para um pequeno conjunto de sujeitos de pesquisa com baixa rigorosidade do Índice de Implicação.

6 ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÃO

O presente trabalho produziu duas análises distintas que serão aprofundadas em seguida.

A primeira refere-se aos documentos nacionais de orientação curricular para o ensino médio que subsidiará a segunda com um conjunto de categorias de análise.

A segunda refere-se aos livros didáticos, nesta verificamos o estado epistemológico do conceito de energia e suas orientações didáticas.

Construímos, com as contribuições de ambas análises, uma imagem do conceito de energia no saber a ser ensinado e um conjunto de orientações para o ensino deste conceito.

6.1 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DOCUMENTOS NACIONAIS DE ORIENTAÇÃO CURRICULAR

Quando realizamos a leitura dos documentos nacionais de orientação curricular percebemos um conjunto de orientações metodológicas que categorizamos para a posterior análise dos livros.

Em um segundo momento de exploração do *corpus* utilizamos os indicadores de possíveis categorias epistemológicas. Que comparamos com as características epistemológicas do conceito de energia segundo Bucussi (2007), a saber:

Transformações sistêmica definida, segundo Bucussi (2007, p.23), como: “A energia pode ser vista como uma propriedade que expressa as alterações ocorridas nos sistemas devido aos processos de transferência e transformação realizados através de interações”

Formas e manifestações da energia delimitada por Bucussi (2007, p.23) como: “Quatro formas básicas da energia podem se manifestar nos mais diversos tipos de sistemas”.

Característica sistêmica descrita, segundo Bucussi (2007, p.23), como: “Energia com uma grandeza sistêmica e relativa”.

Relação com trabalho e calor dita por Bucussi (2007, p.24) como: “A energia e seu relacionamento com os conceitos de calor e trabalho”.

Degradação e conservação energética definida segundo Bucussi (2007, p.25) como: “Energia e os princípios de conservação e degradação”.

Estas características já foram descritas e aprofundadas no capítulo 3 (na página 36 deste trabalho).

Desta maneira podemos comparar os indicadores epistemológicos presentes no documentos nacionais de orientação curricular com estes pressupostos do conceito de energia e construímos dez categorias de transformações que o conceito sofreu ao ser transportado do saber sábio para o saber a ser ensinado. Descreveremos estas categorias emergentes a seguir:

Energia é um conceito essencial à compreensão da natureza e tecnologia (CNT) – é uma deformação da característica do sistema que se expressa na transferência de uma parte a outra do sistema físico e permite a compreensão do funcionamento do sistema físico. Considerou-se elemento de análise referente a esta categoria sempre que o trecho fizesse referência à compreensão da natureza, tecnologia ou quando compreendesse o funcionamento certo do sistema físico. Como exemplo: “O entendimento dos ecossistemas atuais implica um saber da intervenção humana, de caráter social e econômico, assim como dos ciclos de materiais e fluxos de energia” (BRASIL, 1999).

Compreensão do sistema fechado e aberto (CSF) – uma deformação da característica do sistema que se expressa na transferência de uma parte a outro do sistema físico, tornando necessário a compreensão de qual é o sistema físico envolvido no estudo. Considerou-se elemento de análise referente a esta categoria sempre que o trecho fizesse referência aos sistemas abertos ou fechados e sempre que se reportassem ao comportamento em relação a vizinhança. Como exemplo: “Essa transformação de um tipo de energia em outro estaria representando, ao mesmo tempo, a conservação da energia mecânica quando sua dissipação” (BRASIL, 2002)

Tipos de energia (TEN) – é uma supressão das quatro formas e diversas manifestações da energia, onde as formas foram suprimidas e as manifestações são chamadas de tipos de energia. Considerou-se elemento de análise referente a esta categoria sempre que o trecho fizesse referência à diversidade de tipos de energia e suas conversões. Como exemplo: “- Nesse contexto, será ainda indispensável aprofundar a questão da “produção” e utilização de diferentes formas de energia em nossa sociedade” (BRASIL, 2002)

Energia como plano de fundo para outros conhecimentos (EPF) – um acréscimo da ideia a relação entre o conceito de energia com as noções de calor e

trabalho, onde mostram como outras ideias científicas relacionam-se com a energia tornando-o como plano de fundo de outras concepções. Considerou-se elemento de análise referente a esta categoria sempre que o trecho fizesse referência à relação de outros conceitos com o de energia. Como exemplo: “A Ótica e o Eletromagnetismo, poderiam, numa conceituação ampla, envolvendo a codificação e o transporte da energia” (BRASIL, 1999).

Relação com trabalho e calor (RTC) – Uma deformação da compreensão de que trabalho e calor são processos ligados a transformações energéticas tornando a relação de trabalho e calor como relações a tipos específicos de energia (mecânica e térmica). Considerou-se elemento de análise referente a esta categoria sempre que o trecho fizesse referência aos conceitos de trabalho e calor. Como exemplo: “A termodinâmica, surgida há séculos na sistematização de máquinas, configura e interpreta propriedades térmicas, conceitua calor e trabalho em trocas de energia” (BRASIL, 2016).

Conservação da energia conceito estruturador da física (EEF) – é um acréscimo a ideia da conservação e degradação da energia, considerando o conceito essencial e estruturador da física. Tounou-se elemento de análise referente a esta categoria sempre que o trecho fizesse referência ao conceito de energia como estruturador, fundamental ou essencial a compreensão de diversos conceitos em física. Como exemplo: “nas leis de conservação da energia, instrumentos conceituais indispensáveis ao desenvolvimento de toda a Física” (BRASIL, 1999).

Necessária compreensão da degradação da energia (NCD) – Uma deformação do entendimento da conservação e degradação da energia mostra-nos a relação entre a degradação da energia e o sistema em que acontece a degradação e como a poluição é gerada por esta. Considerou-se elemento de análise referente a esta categoria sempre que o trecho fizesse referência à relação entre energia e poluição ou crise energética. Como exemplo: “A irreversibilidade dos processos térmicos será indispensável para que se compreendam tanto o sentido do fluxo de calor como a “crise de energia”, assim como limites em sua utilização.” (BRASIL, 2002).

Interdisciplinar (ITD) – uma criação didática é a ideia de interdisciplinaridade do conceito de energia. Conceitos científicos não pertencem a uma ciência ou a outra eles são utilizados como objetos de estudos quando são necessários, por esse motivo à interdisciplinaridade é própria do ensino e portanto uma criação didática.

Considerou-se elemento de análise referente a esta categoria sempre que o trecho fizesse referência a interdisciplinaridade. Como exemplo: “Para compreender a energia em seu uso social, as considerações tecnológicas e econômicas não se limitam a nenhuma das disciplinas, tornando essencial um trabalho de caráter interdisciplinar” (BRASIL, 2002).

Uso social da energia (USE) – uma criação didática sobre o uso e aplicação da energia pela sociedade e reflexão sobre as fontes de energia elétrica. Considerou-se elemento de análise referente a esta categoria sempre que o trecho fizesse referência às formas de uso de energia pela sociedade ou as formas de geração de energia elétrica. Como exemplo: “quando se solicita a posição do cidadão sobre clonagem, pesticidas agrícolas ou uso de energia nuclear” (BRASIL, 2006).

Vigilância Epistemológica (VGE) – considerou-se vigilância epistemológica quando os elementos de análise fizessem referência as características epistemológica do conceito de energia e os cuidados para manter-se fiel a elas. Como exemplo: “As noções de transformação e conservação de energia, por exemplo, devem ser cuidadosamente tratadas, reconhecendo-se a necessidade de que o ‘abstrato’ conceito de energia seja construído ‘concretamente’” (BRASIL, 1999).

Selecionamos os trechos do texto que podem ser relacionados a cada uma destas categorias e montamos uma tabela com a contagem dos elementos que aparecem em cada documento.

Tabela 1 – Elementos de análise em suas categorias e documentos nacionais de orientação curricular para energia.

	PCN	PCN+	OCNEM	BNCC	Total para cada categoria
CNT	3	3	0	1	7
CSF	0	1	0	0	1
TEM	6	6	1	2	15
EPF	3	6	1	6	16
RTC	0	5	0	1	6
EEF	2	5	0	2	9
NCD	1	2	0	2	5
ITD	3	9	0	4	16
USE	6	10	1	1	18
VGE	3	3	0	1	7
Total de contribuições	27	50	3	20	100

Pode-se notar que as características mais citadas foram o Uso social da energia (USE), Interdisciplinar (ITD), Energia como plano de fundo para outros conhecimentos (EPF) e Tipos de energia (TEN).

A constante referência ao uso social da energia mostra que a energia é tida como um recurso natural que deve ser explorado de forma consciente pela sociedade através de suas práticas científicas e tecnológicas como é esperado pela cultura científica ocidental. Esta exigência de discussão do uso da energia como recurso proposta pelos documentos nacionais de orientação curricular é compatível com a necessidade de recontextualização do saber a ser ensinado.

O grande número de citações sobre Interdisciplinaridade indica-nos a preocupação em evitar a fragmentação do conhecimento do estudante. O conceito de energia é importante para diversas ciências (BUCUSSI, 2007) e orienta o estudo de diversas áreas tecnológicas, já que a tecnologia busca a maior eficiência energética (CUMPANI, 2011). O estudante deve poder compreender como as transformações energéticas são entendidas e utilizadas em cada uma dessas áreas do saber da sociedade contemporânea sem que pensem que são “energias diferentes”, isto é, para os estudantes não pensarem que a energia que estudam em biologia é diferente da energia que estudam em física. Vemos que esta categoria também indica e recontextualização no saber a ser ensinado.

As formas de energia e suas manifestações são essenciais à compreensão das transformações energéticas. A transformações de uma manifestação da energia em outra é o que gera o estudo do conceito de energia pelas diversas disciplinas científicas e tecnológicas. E por isso não é motivo de surpresa que os tipos de energia são uma das características mais frequentes nos documentos nacionais de orientação curricular. Desta forma, os tipos de energia formam uma categoria que tem afinidade com a interdisciplinaridade, porém transforma o conceito a ser ensinado mais abrangente por ter menos distinções internas.

Os diversos tipos de energia também se relacionam com outros conceitos científicos e tecnológicos fazendo com que o conceito de energia apareça como plano de fundo para outros conceitos, isto é, o conceito constrói ligações entre diversas áreas da física. Está condição garante ao conceito de energia presente no saber a ser ensinado o caráter norteador ao ensino de física escolar.

Encontramos ainda a ideia de que a conservação da energia é um conceito estruturador da física (EEF) que também segue a ideia da transformação energética. Apresenta-se como um fio condutor para a física do ensino médio. A conservação da energia como estruturador da física tem uma afinidade enorme com o conceito de energia ser plano de fundo para outros conceitos.

Com um pouco menos citações encontramos a ideia de que a energia é um conceito essencial à compreensão da natureza e tecnologia (CNT), que também relaciona-se com a conservação da energia ser um conceito estruturador da física e o conceito de energia ser plano de fundo para outros conceitos da física. Esta relação mostra o conceito de energia como o elemento central da física, tornando assim a energia o mais importante conceito da física escolar.

A energia como um conceito essencial à compreensão da natureza e da tecnologia também retoma a importância da tecnologia para o ensino médio. Neste momento é pertinente dizer que os documentos nacionais de orientação curricular revelam um caráter utilitarista do conceito de energia no saber a ser ensinado.

Apesar do caráter utilitarista do conceito de transformação energética nos documentos nacionais de orientação curricular, estes não deixam de pedir a que mantenha-se uma vigilância epistemológica (VGE). A vigilância epistemológica é necessária para que a distância entre o saber sábio e o saber a ser ensinado mantenha-se adequada.

Até aqui, as características epistemológicas do conceito de energia presentes nos documentos nacionais de orientação curricular aproximam o saber a ser ensinado do saber sábio, mantendo o saber escolar a uma distância adequada do saber científico, porém as poucas citações das características que se seguem distanciam esses saberes.

As poucas citações sobre a relação da energia com o trabalho e o calor (RTC) nos revelam uma relação paradoxal com a caracterização utilitarista que vimos anteriormente. O trabalho e o calor são formas como o sistema físico relaciona-se com o ambiente, poucas citações nesta categoria revela uma deficiência na compreensão da relação dos sistemas físicos com a vizinhança. Produzindo um distanciamento das ligações que o conceito com suas aplicações tecnológicas no saber escolar.

Quando relacionamos as poucas citações sobre a relação da energia com o trabalho e o calor com a praticamente ausente compreensão de sistemas abertos e fechados (CSF) notamos que existe um distanciamento do saber a ser ensinado em relação ao saber científico, pois como vimos duas das características epistemológicas do conceito de energia relacionam-se com as ideias de sistema, fronteira e ambiente. A ausência ou afastamento destas noções põe o conceito do saber a ser ensinado a uma distância inadequada do saber sábio.

As poucas citações sobre a necessária compreensão da degradação da energia (NCD), nos mostra pouca preocupação com a degradação energética. Vemos que as poucas citações nesta categoria podem desenvolver uma ideia de que a degradação energética não é importante, desenvolvendo uma relação antitética com a ideia de conservação da energia.

As poucas citações destas três categorias relacionam-se com a compreensão de sistema físico. Nota-se, portanto, que há um distanciamento entre o saber escolar e saber a ser ensinado, motivado pela pouca importância dada ao sistema físico.

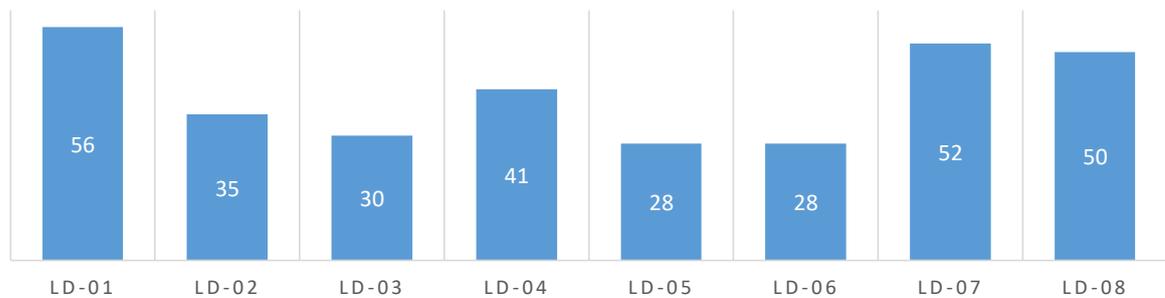
Desta maneira podemos caracterizar a energia no saber a ser ensinado no sistema escolar brasileiro como um conceito recontextualizado, utilitarista, abrangente, de caráter norteador à física escolar, porém não é sistêmica o que põe o conceito a ser ensinado afastado da boa distância.

6.2 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS LIVROS DIDÁTICOS

Os livros que apresentam o maior número de citações das categorias de análise são os livros LD-01, LD-07 e LD-08. Os que apresentaram o menor número de citações que contribuíram para o estudo foram os livros LD-05 e LD-06. Podemos ver na figura 12 o número de citações em cada um dos livros.

Figura 12 – Gráfico que mostra a quantidade de contribuições de cada livro analisado.

QUANTIDADE DE CONTRIBUIÇÕES POR LIVROS



Fonte: Criado pelo autor.

Em relação as categorias encontramos uma concentração das citações metodológicas e formativas. Poucas citações em relação às características epistemológicas. Podemos ver, na Tabela 2, que a compreensão de sistemas abertos e fechados (EP-csf), energia como plano de fundo para outros conceitos (EP-epf), a energia pertencer a um sistema (EP-ve2), sobre as formas e manifestações da energia (EP-ve5) foram citados em no máximo dois livros. Já os tipos de energia (EP-ten), relação com trabalho e calor (EP-rtc), o conhecimento conceitual (EF-ccc), a contextualização social, cultural e histórica (EF-sch), a linguagem nas ciências da natureza (EF-lcc), a ideia de partir do saber de vida do estudante (MT-cpe) e a compreensão da física como cultura (MT-cfc) foram citados em sete ou oito livros.

Tabela 2 - Elementos de análise em suas categorias e livros didáticos para energia.

	LD-01	LD-02	LD-03	LD-04	LD-05	LD-06	LD-07	LD-08	Total
EP-cnt	0	2	0	1	0	0	1	1	5
EP-csf	0	0	0	0	1	0	1	0	2
EP-tem	7	6	5	3	3	2	2	6	34
EP-epf	0	0	0	0	0	1	0	3	4
EP-rtc	2	4	2	3	1	5	3	6	26
EP-eef	3	1	0	2	3	0	0	5	14
EP-ncd	4	0	0	2	2	2	2	1	13
EP-itd	1	0	2	0	0	1	1	1	6
EP-use	2	1	1	0	0	0	0	0	4
EP-ve1	1	2	0	0	1	1	0	1	6
EP-ve2	1	1	0	0	0	0	0	0	2
EP-ve3	1	2	0	0	0	1	0	1	5
EP-ve4	5	0	1	2	0	0	1	0	9
EP-ve5	0	1	0	0	1	0	0	0	2
EF-ccc	4	2	2	4	4	2	8	2	28
EF-sch	3	5	4	6	2	3	5	2	30
EF-ppi	1	0	0	0	1	0	2	3	7
EF-lcc	4	3	3	3	2	4	7	1	27
MT-cpe	3	2	3	2	2	0	7	5	24
MT-led	5	0	1	3	1	0	2	3	15
MT-ldt	1	0	0	6	1	2	2	4	16
MT-cfc	3	2	1	3	1	3	3	2	18
MT-rbs	5	1	2	0	1	0	3	1	13
MT-acc	0	0	0	1	0	1	1	2	5
Total	56	35	30	41	28	28	52	50	

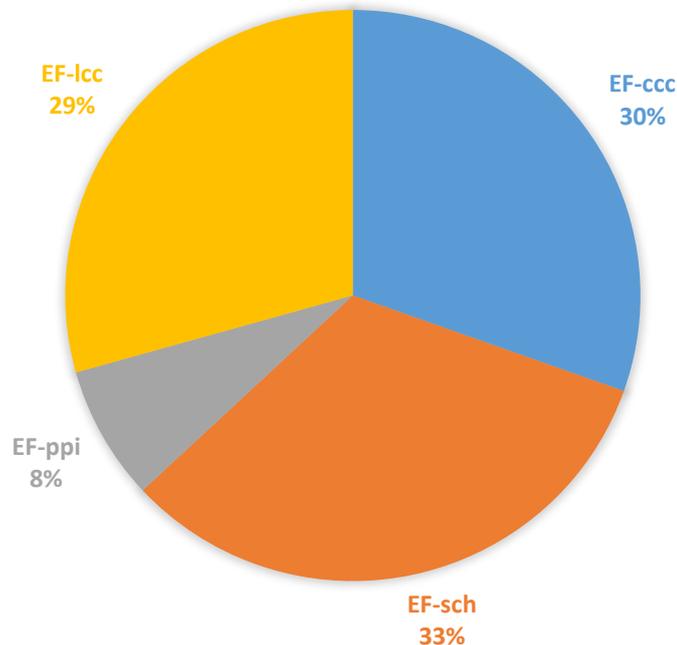
Podemos notar, ainda, que as características que foram citadas na maioria dos livros, mas as características energia é um conceito essencial à compreensão da natureza e tecnologia (EP-cnt), interdisciplinar (EP-itd), uso social da energia (EP-use), transformações sistêmicas (EP-ve1), quantidade relativa (EP-ve3), os processos e práticas investigativas (EF-ppi) e a aproximação do saber científico (MT-acc) foram características que mesmo sendo citados em mais de dois livros não foram citados mais de oito vezes. Percebemos que essas características são consideradas de menos importância pelos autores dos livros, já que foram citadas em um número relevante de livros, porém com poucas citações, indica que são atributos lembrados por boa parte dos autores, mas isto não se reflete no texto.

Pudemos perceber a maior concentração de citações nos aspectos formativos dos livros, desta forma podemos ver uma preocupação dos autores com essas recomendações governamentais para uma formação voltada a aprender a aprender (BRASIL, 1999), facilitando a compressão do conteúdo e a contextualização dos conceitos apresentados.

Na Figura 13 podemos ver que a distribuição de citações das categorias analisadas em relação aos aspectos formativos mostra que o maior número de menções é na categoria de A contextualização social, cultural e histórica (EF-sch) com 33% das citações, seguido do conhecimento conceitual (EF-ccc) com 30% das citações, seguido de perto pela linguagem nas ciências da natureza (EF-lcc) com 29% das citações e, com poucas citações em relação as demais, encontramos os processos e práticas investigativas (EF-ppi) com apenas 8% das citações. Notamos uma preocupação significativa com a recontextualização de conceitos, com um bom número de citações na categoria EF-sch quando os livros propõem reflexões sobre problemas históricos, sociais e culturais envolvendo ciência e tecnologia. A inquietação com as definições conceituais, pelo grande número de menções em EF-ccc, e em compreensão de equações, gráficos e tabelas, com as passagens sobre EF-lcc que indica como as ideias científicas escolares podem ser comunicadas, deixando de lado a necessidade de um pensamento crítico necessário aos processos investigativos, já que encontramos poucas referências aos EF-ppi processos investigativos que necessita de problemas abertos.

Figura 13 - Gráfico de distribuição de citações dos aspectos formativos

DISTRIBUIÇÃO DAS CITAÇÕES DAS CATEGORIAS DOS ASPECTOS FORMATIVOS



Fonte: Criado pelo autor.

É importante lembrar-nos que as categorias apresentadas aqui são representadas por um conjunto de ideias que discutiremos um pouco categoria por categoria.

Quando falamos em contextualização social, cultural e histórica (EF-sch), referimo-nos à abordagem que é dada ao conteúdo. Os conceitos científicos não devem ser impostos de forma dogmática, pronta e descontextualizada desenvolvendo as chamadas visões deformadas da ciência (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011). É importante contextualizar o desenvolvimento dos conceitos científicos para que essas visões deformadas não surjam ou se aprofundem.

Na pesquisa consideramos contextualização social, cultural e histórica. Foi marcada quando o parágrafo faz referência a alguma discussão sobre como a sociedade utiliza o conceito, ou pondo uma descrição do cenário histórico e cultural onde o conceito científico se desenvolveu. Como vemos no trecho do livro LD-01

Figura 14 - Citação retirada do livro LD-01 na página 95.

Debate inicial

1. A Primeira Revolução Industrial, que começou na Inglaterra em meados do século XVIII, foi marcada pela invenção da máquina a vapor, que substituiu grande parte das máquinas manuais ou movidas a tração animal. A Segunda Revolução Industrial, no fim do século XIX e início do século XX, foi marcada pela substituição das máquinas a vapor por máquinas elétricas ou movidas a petróleo. Relacione os conceitos de energia

Fonte: trecho do livro LD-01 digitalizado.

Neste caso, podemos ver a descrição do contexto histórico do estudo da termodinâmica.

Em relação ao saber conceitual (EF-ccc), consideramos a construção do conceito científico escolar. É importante que os estudantes desenvolvam esses conceitos, não apenas desenvolver hábitos e competências (BRASIL, 2002). Percebemos ainda que deve-se manter a vigilância epistemológica adequada para que o conceito científico escolar não fique muito distante do saber científico.

Na pesquisa consideramos saber conceitual sempre que o parágrafo trazer uma descrição verbal do conceito, como vemos no trecho do livro LD-05: “Energia não pode ser criada nem destruída, apenas transformada de uma modalidade em outra” (BONJORNO et al, 2013, p. 102). E observamos a descrição do conceito de conservação da energia que é importante para o desenvolvimento do conhecimento do estudante.

Em relação à chamada linguagem nas ciências da natureza (EF-lcc), não é apenas uma forma de indicar interdisciplinaridade com a área de linguagens, mas é necessário para a compreensão de textos técnicos, gráficos, tabelas e equações como formas de representação conceitual (BRASIL, 1999). É fundamental que os estudantes egressos do ensino médio, que não pretendam seguir em uma carreira técnica ou científica, possam ler e compreender notícias, problemas e possíveis soluções de cunho científico e tecnológico (MARTINS, 2009).

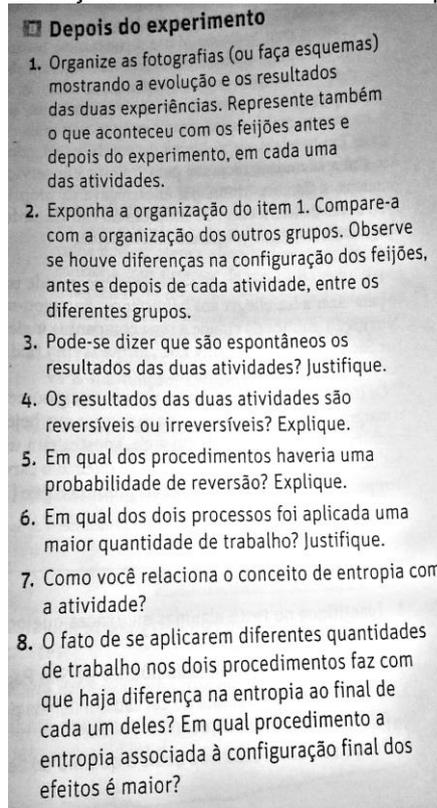
Na pesquisa consideramos linguagem nas ciências da natureza sempre que o conceito for apresentado por meio da equação ou de gráficos. É importante percebermos que não consideramos todas as equações que surgiram para compor este tópico, mas marcamos a citação apenas quando a equação estava ligada a apresentação do conceito de energia ou quando o gráfico era comentado no corpo do texto. Como exemplo temos a citação do livro LD-03: “Denominamos energia interna U (...) o somatório das energias cinéticas de translação de cada partícula.

Algebricamente, escrevemos: $U = \sum E_c$ " (GUIMARÃES, 2013, p.81). que podemos ver que a expressão algébrica é uma outra forma de expressar a mesma ideia deixada anteriormente.

Em relação aos processos e práticas investigativas (EF-ppi) são necessárias à compreensão de como se dá o trabalho científico, desde a definição de um problema até as definições de procedimentos para respondê-lo. É importante que os estudantes compreendam como é dado o trabalho científico para corrigir a uma das visões deformadas da ciência que faz as pessoas acreditarem que só gênios podem desenvolver este tipo de saber (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011), além de questionar a natureza da verdade científica e por uma forma crítica de pensar (BRASIL, 1999). As práticas investigativas propõem que o estudante conjecture sobre um certo sistema e não aceite a verdade científica de forma dogmática (NARDI, 2010).

Neste trabalho consideramos que os processos e práticas investigativas foram citados quando o livro trazia uma proposta de experimento e pedia ao estudante que refletisse sobre as possíveis respostas através da vivência do experimento. Assinalamos a presença desta categoria sempre que a proposta de experimento também propôs a discussão de sua explicação, como vemos no trecho do livro LD-01:

Figura 15 - Citação retirada do livro LD-01 na página 124.



Fonte: trecho do livro LD-01 digitalizado.

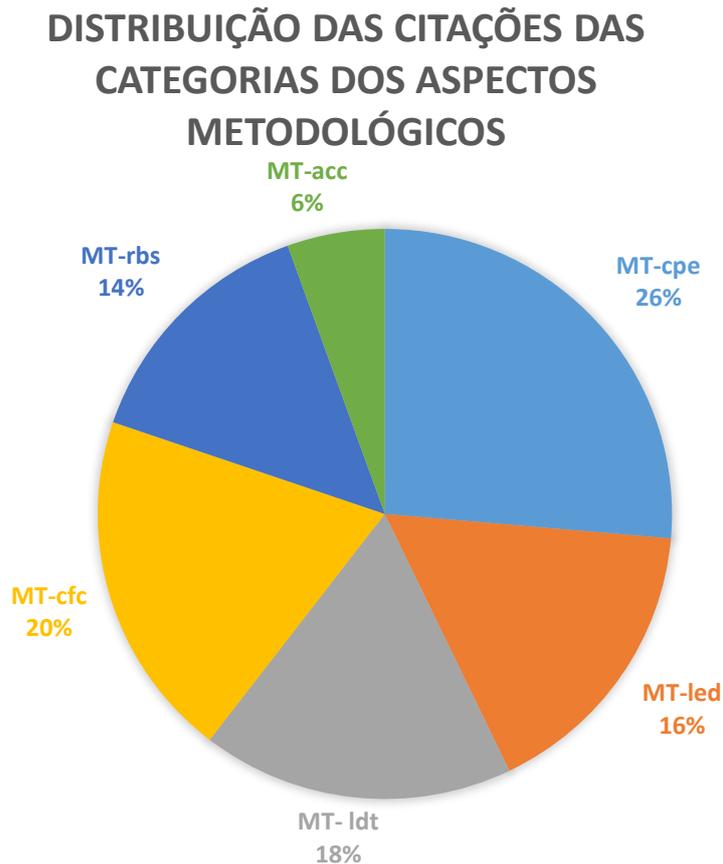
No box laboratório o livro propõem duas atividades experimentais que podem ser executadas de forma simples e em sala de aula. Depois das atividades ele propõe as reflexões vistas na citação acima. Tornando notório que não se trata de uma atividade meramente demonstrativa, vai impor problemas a serem resolvidos de forma coletiva através dos experimentos realizados. É uma forma de criar uma problemática experimental de forma didática para que seja possível a compreensão da atividade científica.

É importante observarmos que o baixo número de citações deste tipo reflete uma forma de pensar dos autores dos livros didáticos. Muitos livros, seis dos oito que foram analisados, apresentam propostas de experimentos, mas apenas quatro deles provocam os processos investigativos, refletindo uma postura dogmática em relação ao saber. A ausência de práticas investigativa ou mesmo propostas experimentais demonstrativas contribuem para a formação de uma visão deformada da ciência nos estudantes (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011) e favorecem a chamada crise no ensino de ciências (FOUREZ, 2003). Desta maneira, os professores que usam estes livros devem propor processos e práticas investigativas em suas aulas de forma a complementar a formação do estudante médio.

Os aspectos metodológicos foram o segundo grupo mais citado nos livros analisados. Os aspectos metodológicos apresentados nos livros são orientações do autor sobre a forma de introduzir e desenvolver o conceito a ser abordado. Esses aspectos também são indicações governamentais presentes nos documentos nacionais de orientação curricular.

Na Figura 16, podemos ver a distribuição das citações dos textos em relação aos aspectos metodológicos vemos uma distribuição muito boa em cinco das seis categorias. Percebemos uma maior preocupação com a contextualização do saber científico já que a maior parte das citações são para que o saber parta do saber de vida do estudante (MT-cpe), com 26% das citações, e a compreensão da física como cultura (MT-cfc), com 20% das citações, a abordagem inovadora é também uma preocupação marcante já que temos as indicações de leitura e debates de textos (MT-ldt), com 18% das citações, e exercitar experimentação (MT-led), em 16% das citações, e deixando a proposta de reflexões sobre a ciência e a tecnologia e o seu uso na sociedade ainda com número significativo de citações mas a categoria de responsabilidade social (MT-rbs) foi citada apenas 14% das vezes. Com bem menos citações vemos a categoria de aproximação do saber científico (MT-acc), com apenas 6% das citações em relação aos aspectos metodológicos.

Figura 16 – Gráfico de distribuição das citações das categorias dos aspectos metodológicos.



Fonte: Criado pelo autor.

Partir do saber de vida do estudante (MT-cpe) é uma necessidade da alfabetização científica (SASSERON; CARVALHO, 2011) para que o estudante possa desenvolver o conceito científico escolar de forma a ampliar a autonomia e para poder refletir os problemas cotidianos (NARDI, 2010).

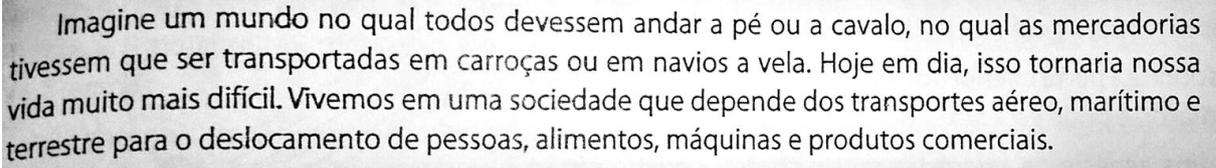
Nesta pesquisa, consideramos a citação sobre a categoria partir do saber de vida do estudante quando o livro trazia uma contextualização com fenômenos ou tecnologias que são comuns no cotidiano dos grandes centros urbanos ou são comumente transmitidas nos meios de comunicação em massa. Como vemos na citação do livro LD-03: “Os motores dos automóveis, as geladeiras e os aparelhos de ar condicionados são exemplos de máquinas térmicas” (GUIMARÃES, 2013, p. 92). Nota-se que o autor cita exemplos tecnológicos que são familiares aos estudantes.

A compreensão da física como cultura (MT-cfc) é a compreensão de que a física é um elemento da cultura científica e tecnológica da sociedade ocidental (AINKEHEAD, 2009) tornando necessário para que o estudante possa transitar entre a cultura científica e a cultura popular sem sofrer muito. Desta maneira a alfabetização

científica também é tratada, em alguns trabalhos, como enculturação científica (SASSERON; CARVALHO, 2011). A compreensão de que descobertas físicas influenciam e são influenciados por processos históricos, sociais e políticos são importantes para o exercício da cidadania em uma sociedade democrática (BRASIL, 2006).

Para nosso trabalho entendemos que sempre que os autores relacionassem os conceitos físicos com outros elementos culturais, tais como: artes, hábitos de consumo, práticas sociais, etc. sinalizávamos como a citação da unidade de análise compreensão da física como cultura. Vemos um exemplo desta categoria na citação do livro LD-04:

Figura 17 - Citação retirada do livro LD-04 na página 129.



Imagine um mundo no qual todos devessem andar a pé ou a cavalo, no qual as mercadorias tivessem que ser transportadas em carroças ou em navios a vela. Hoje em dia, isso tornaria nossa vida muito mais difícil. Vivemos em uma sociedade que depende dos transportes aéreo, marítimo e terrestre para o deslocamento de pessoas, alimentos, máquinas e produtos comerciais.

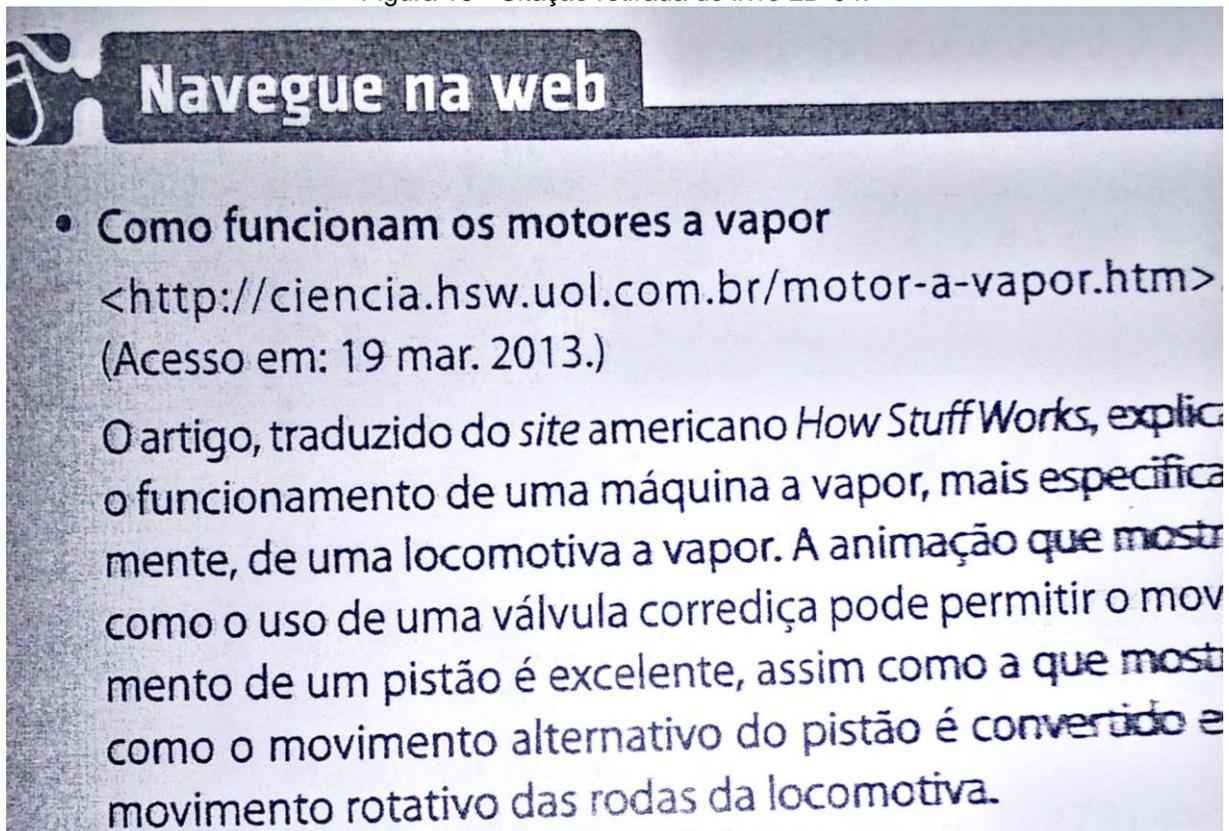
Fonte: trecho do livro LD-04 digitalizado.

Vê-se que o autor disserta sobre como o saber científico tecnológico promovido pelos estudos das transformações energéticas e suas aplicações a motores de combustão interna modificaram práticas sociais como o transporte e o consumo.

Em relação à leitura e debates de textos (MT-Idt) são práticas importantes na construção da autonomia do estudante, de forma a desenvolver o hábito da leitura e a busca de informações em fontes confiáveis, desenvolver o costume de pesquisador (BRASIL, 2002). Vemos ainda que a construção de saberes científicos vem dos debates e apresentações das hipóteses e das críticas ao trabalho, desta maneira a construção coletiva de leitura e debates é uma possibilidade de desenvolver o saber do estudante de aspecto semelhante as práticas científicas (CARVALHO et al, 2010).

Assinalou-se a presença da categoria de leitura e debates de textos quando o livro apresentou textos complementares ou sugeriam debates ou reflexões sobre textos apresentados. Como vemos no extrato do livro LD-04:

Figura 18 - Citação retirada do livro LD-04.



Fonte: trecho do livro LD-04 digitalizado.

Legenda: na figura temos o texto -Como funciona os motores a vapor - <<http://ciencia.hsw.uol.com.br/motor-a-vapor.htm>> (acessado em: 19 mar. 2013). - O artigo, traduzido do site americano *How Stuff Work*, explica o funcionamento de uma máquina a vapor, mais especificamente, de uma locomotiva a vapor. A animação que mostra como o uso da válvula corredeira pode permitir o movimento de um pistão é excelente, assim como a que mostra como o movimento alternativo do pistão é convertido em movimento rotativos da roda da locomotiva.

Vemos que o autor indica um artigo na internet e traz uma descrição que destina-se a provocar o estudante a leitura do texto.

Sobre a proposta de exercitar a experimentação (MT-led) temos que lembrar que a física é uma ciência eminentemente experimental e quando os professores dão aulas expositivas esse aspecto do trabalho científico torna-se distante e pode promover uma visão deformada da ciência em que a está é algorítmica ou é meramente analítica (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011). O uso do laboratório didático ou mesmo uso de experimentos em sala de aula devem ser promovidos (BRASIL, 2016), para que os estudantes possam compreender o trabalho científico. Ensinar ciência não deve restringir-se a desenvolver conceitos científicos escolares é também ensinar processos de investigação e de experimentação (BRASIL, 2016).

Para esta categoria de análise assinalamos sua presença quando o livro didático trouxe uma proposta de experimento a ser realizado pelo estudante. Como vemos no extrato do livro LD-05:

Figura 19 - Citação retirada do livro LD-05 na página 104.

EXPERIMENTO

O balão de festa que infla sozinho

O ar é uma mistura gasosa composta por 78% de nitrogênio, 21% de oxigênio e 1% de outros gases. De acordo com a Teoria cinética dos gases, o ar não tem forma nem volume próprio – ele ocupa todo o espaço delimitado pelas paredes do recipiente que o contém.

E se as paredes desse recipiente fossem elásticas, como as de um balão de festa?

Material

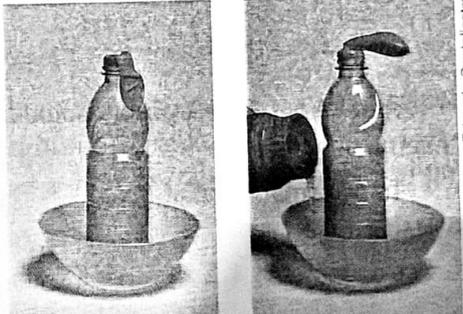
- ✓ 1 balão de festa
- ✓ 1 garrafa PET pequena
- ✓ 1 tigela ou bacia plástica
- ✓ 1 garrafa térmica com água quente (cerca de 70 °C)

Procedimento

Encha um pouco o balão e prenda-o na boca da garrafa PET como indica a figura ao lado.

Coloque a garrafa dentro da bacia plástica e, segurando a garrafa, despeje na bacia a água quente da garrafa térmica.

Observe o comportamento do balão de festa durante os próximos dois minutos.



Eduardo Santalheira

Observe o aumento do balão quando o recipiente de plástico é preenchido com água quente.

Fonte: trecho do livro LD-05 digitalizado.

Pode-se notar que a proposta experimental pode ser realizada não apenas em laboratório didático, mas também na sala de aula ou na casa do estudante. Porém algumas das propostas indicadas necessitam de equipamentos de laboratórios ou de acesso e saber de uso de oficinas, tornando-se uma dificuldade a realização do experimento para professores da maior parte do país, devido às condições das escolas.

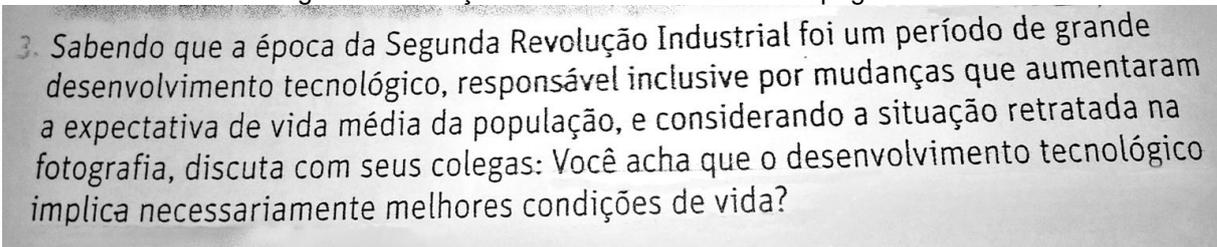
Salientamos ainda que, a dissociação dos exercícios de experimentação, citados 15 vezes, com as práticas e processos investigativos, citados 7 vezes, nos revela uma postura de ciência dogmática onde o experimento é utilizado para validar o conteúdo transmitido em sala de aula (CARVALHO et al, 2010).

Em relação à necessidade de reflexão sobre a responsabilidade social (MT-rbs) dos estudantes é importante o desenvolvimento da reflexão à cidadania (BRASIL, 1999), para que o estudante possa pensar sobre as atitudes e práticas na sociedade

e optar por uma alternativa socialmente aceitável. O educando poderá olhar sua realidade e refletir sobre as causas e consequências de seus atos, de suas escolhas ou das escolhas e atos do seus representantes políticos. Os estudantes devem estar atentos ao uso da ciência e da tecnologia nas causas e resoluções de problemas contemporâneos sem deixar-se influenciar sobre os mitos tecnocráticos (AULER; DELIZOICOV, 2001).

Neste trabalho consideramos a presença desta categoria quando o livro apresentava reflexões sobre as opções científicas e tecnológicas para problemas contemporâneos e as possíveis consequências destas opções. Trabalhando, desta maneira, a forma como o saber se põe a serviço do bem estar social. Como vemos no trecho do livro LD-01:

Figura 20 - Citação retirada do livro LD-01 na página 95.



3. Sabendo que a época da Segunda Revolução Industrial foi um período de grande desenvolvimento tecnológico, responsável inclusive por mudanças que aumentaram a expectativa de vida média da população, e considerando a situação retratada na fotografia, discuta com seus colegas: Você acha que o desenvolvimento tecnológico implica necessariamente melhores condições de vida?

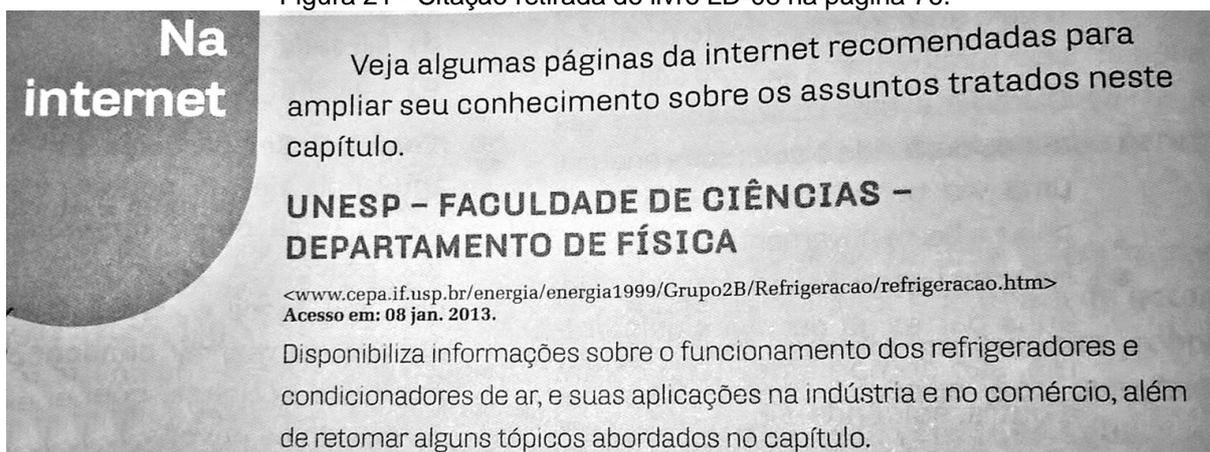
Fonte: trecho do livro LD-01 digitalizado.

Podemos ver que existe um contraste entre as condições de progresso científico e melhoria na qualidade de vida, ilustrado pela exploração de trabalho infantil em uma fábrica.

Sobre a Aproximação do Saber Científico (MT-acc) é um passo importante a ser dado em relação a compreensão de escritos técnicos científicos, vendo amostras de termos e apresentações gráficas usados na comunidade acadêmica (BRASIL, 2002). Observamos que as adaptações de textos científicos para os livros didáticos também sofrem as transformações próprias da Transposição Didática, de maneira que a indicação de artigos científicos em meios próximos a forma de divulgação tradicional do meio acadêmico promove uma aproximação do saber a ser ensinado com o saber sábio.

Consideramos trechos referentes a esta categoria sempre que o livro indicar um artigo em revista científica ou de divulgação científica a ser lido pelos estudantes. Como vemos no trecho do livro LD-08:

Figura 21 - Citação retirada do livro LD-08 na página 76.



Fonte: trecho do livro LD-08 digitalizado.

Podemos ver que o texto indicado é disponibilizado na página de uma instituição de ensino superior, sendo um meio próprio de divulgação científica, o que proporciona o uso acertado de terminologias técnicas.

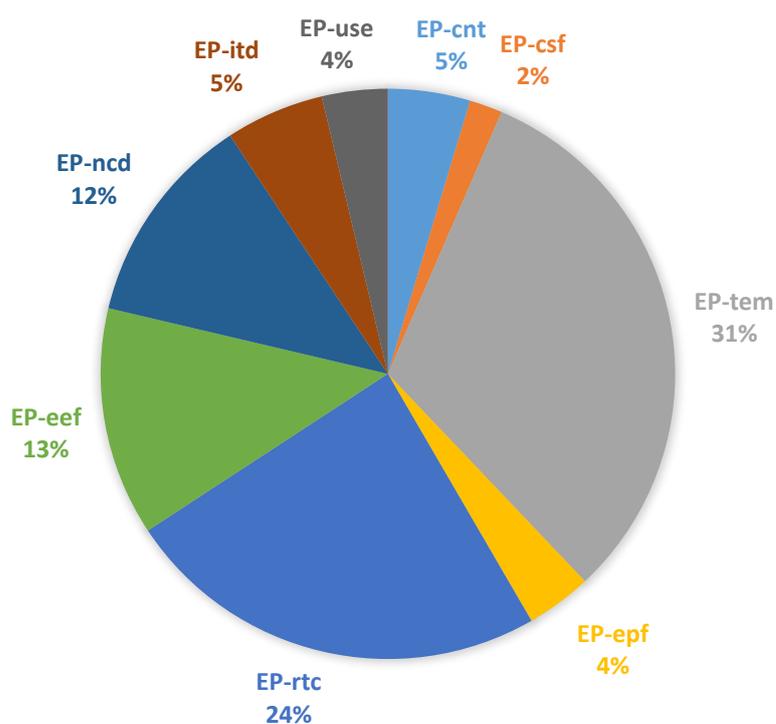
O último grupo, em números de citações, foi o grupo dos aspectos epistemológicos, este aspecto é formado por um conjunto de características do saber que são próprias do conceito a ser estudado e se transformam quando este conceito é transportado de uma instituição à outra, como é o caso do transporte do conceito de transformação energética do campo científico para o livro didático.

Na figura 22, podemos ver a proporção de distribuição de citações das categorias dos livros em relação aos aspectos epistemológicos. Pode-se observar que a distribuição das citações se concentram 80% das citações destes aspectos em apenas em quatro categorias e as outras cinco categorias dividem o restante. Desta maneira podemos perceber a importância dada pelo autores dos livros as quatro categorias de maior número de citações e as demais são quase esquecidas. Tipos de energia (EP-tem) com 31% das citações, Relação com trabalho e calor (EP-rtc) com 24% das citações, Conservação da energia conceito estruturador da física (EP-eef) com 13% das citações e a Necessária compreensão da degradação da energia (EP-ncd) com 12% das citações compreendem 80% das citações em relação aos aspectos epistemológicos nos livros didáticos, mostrando que são nesses aspectos que os autores dos livros preocupam-se de forma prioritária. As categorias de Energia é um conceito essencial a compreensão da natureza e tecnologia (EP-cnt) tem 5% das citações, Interdisciplinar (EP-itd) também com 5% das citações, Energia como plano de fundo para outros conhecimentos (EP-epf) com 4% das citações, Uso social da

energia (EP-use) com 4% das citações, Compreensão do sistema fechado e aberto (EP-csf) com 2% das citações, completam as características epistemológicas analisadas neste trabalho.

Figura 22 - Gráfico de distribuição das citações das categorias dos aspectos Epistemológicos.

DISTRIBUIÇÃO DAS CITAÇÕES DAS CATEGORIAS DOS ASPECTOS EPISTEMOLÓGICOS



Fonte: Criado pelo autor.

Em relação à categoria Tipos de Energia (EP-tem) vemos uma supressão das formas e manifestações (BUCUSSI, 2007) da energia que são fundidas em tipos de energia. Entendemos que esta supressão é importante para a compreensão dos estudantes, porém pode causar confusão em relação as formas e manifestações da energia, onde o aluno toma uma manifestação como uma forma de energia, prejudicando a sua compreensão das transformações energéticas ocorridas no sistema.

Neste trabalho marcamos a presença desta categoria sempre que o livro citava uma dos tipos de energia. Como vemos na citação do livro LD-08: "A máquina a vapor

(...) é utilizada nas usinas termelétricas para gerar energia elétrica” (GONÇALVES FILHO, 2013, p. 78-79).

Nesta citação podemos perceber a necessidade da compreensão do conceito de transformações energéticas que está presente na ideia de transformar a manifestação térmica da energia em manifestação elétrica.

Sobre a categoria Relação com o Trabalho e o Calor (EP-rtc) percebe-se uma deformação da compreensão de que trabalho e calor são processos ligados a transformações energéticas tornando-os em uma relação entre as manifestações térmica e mecânica da energia.

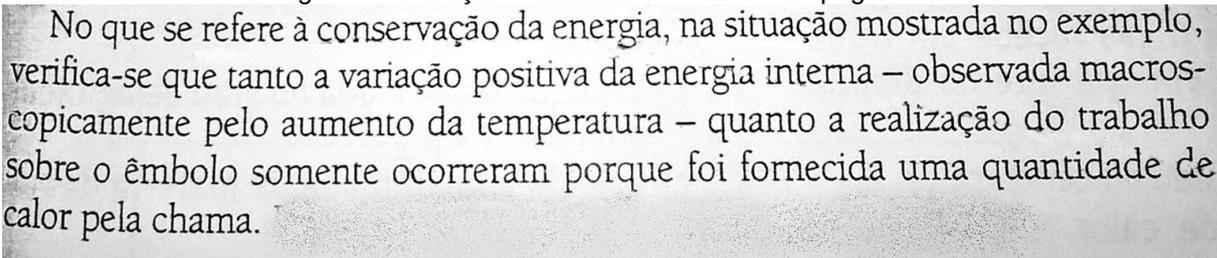
Considerou-se a presença desta categoria quando o texto referia-se aos conceitos físicos de trabalho e calor. Como podemos ver nas citações do livro LD-08: “recebe ou perde energia na forma de calor” (GONÇALVES FILHO, 2013, p. 42) ou “Do ponto de vista energético, o trabalho representa a quantidade de energia útil ou aproveitada ...” (GONÇALVES FILHO, 2013, p. 85).

Verifica-se, nas duas citações, a relação direta entre os conceitos de trabalho e calor com as transformações energéticas no que chamam de balanço energético.

A conservação da energia como conceito estruturador da física (EP-eef) é um acréscimo a ideia da conservação e degradação da energia, considerando a conservação como um conceito essencial a física de forma a estruturar a disciplina escolar levando a compreensão de fenômenos e conceitos físicos.

Percebeu-se a presença desta categoria sempre que o livro didático relacionava o conceito de energia a outro conceito físico. Como podemos ver no livro LD-01:

Figura 23 - Citação retirada do livro LD-01 na página 99.



No que se refere à conservação da energia, na situação mostrada no exemplo, verifica-se que tanto a variação positiva da energia interna – observada macroscopicamente pelo aumento da temperatura – quanto a realização do trabalho sobre o êmbolo somente ocorreram porque foi fornecida uma quantidade de calor pela chama.

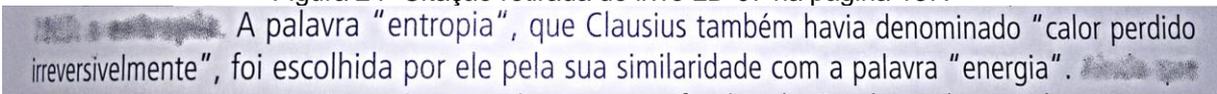
Fonte: trecho do livro LD-01 digitalizado.

Podemos observar como o autor relaciona a conservação da energia para a compreensão da mudança de temperatura, criando conexões entre o conceito de energia e outros conceitos físicos.

Em relação a necessária compreensão da degradação da energia (EP-ncd) temos que é uma deformação da compreensão da conservação e da degradação da energia que relaciona-se a impossibilidade de utilizar a energia indefinidamente e como este uso relaciona-se com a poluição e a sua ligação com o conceito de entropia.

Para esta categoria consideramos sua existência quando o livro citava a degradação da energia ou a entropia. Como vemos na citação do livro LD-07:

Figura 24- Citação retirada do livro LD-07 na página 137.



A palavra “entropia”, que Clausius também havia denominado “calor perdido irreversivelmente”, foi escolhida por ele pela sua similaridade com a palavra “energia”.

Fonte: trecho do livro LD-07 digitalizado.

É possível perceber na citação que existe uma compreensão que a entropia está ligada a incapacidade de utilizar a energia de um sistema. Vemos isso na definição de “calor perdido irreversivelmente”.

As quatro categorias mais citadas formam um bloco de conteúdos de caráter internalista, isto é, um conjunto de conhecimentos voltados a compreensão da própria física escolar. Além destas, a categoria compreensão do sistema fechado e aberto (EP-csf), também é de caráter internalista, porém quase foi esquecida pelos autores dos livros didáticos. Como podemos perceber estas categorias foram muito mais exploradas que as categorias de caráter externalista, isto é, que garantem a compreensão da física não só em sua expressão escolar mais como uma possível ferramenta para compreender a tecnologia e o mundo. Com isso podemos imaginar que os autores compreendem o ensino de física com uma finalidade internalista, possivelmente propedêutica.

Sobre a categoria energia é um conceito essencial a compreensão da natureza e da tecnologia (EP-cnt) é uma deformação da característica sistêmica da energia que se expressa na transferência da energia de uma parte a outra do sistema físico e acompanhando estas transformações energéticas, podemos compreender o funcionamento do sistema físico estudado, seja ele natural ou tecnológico.

Esta categoria foi marcada quando o texto se referia a compreensão da conservação da energia em um sistema físico por meio do fluxo energético. Como vemos na citação do livro LD-02:

Figura 25 - Citação retirada do livro LD-02 na página 86.

Com a aplicação dessa lei, podemos, por meio de uma “contabilidade” energética, saber o que ocorre com um sistema gasoso ao sofrer uma transformação termodinâmica.

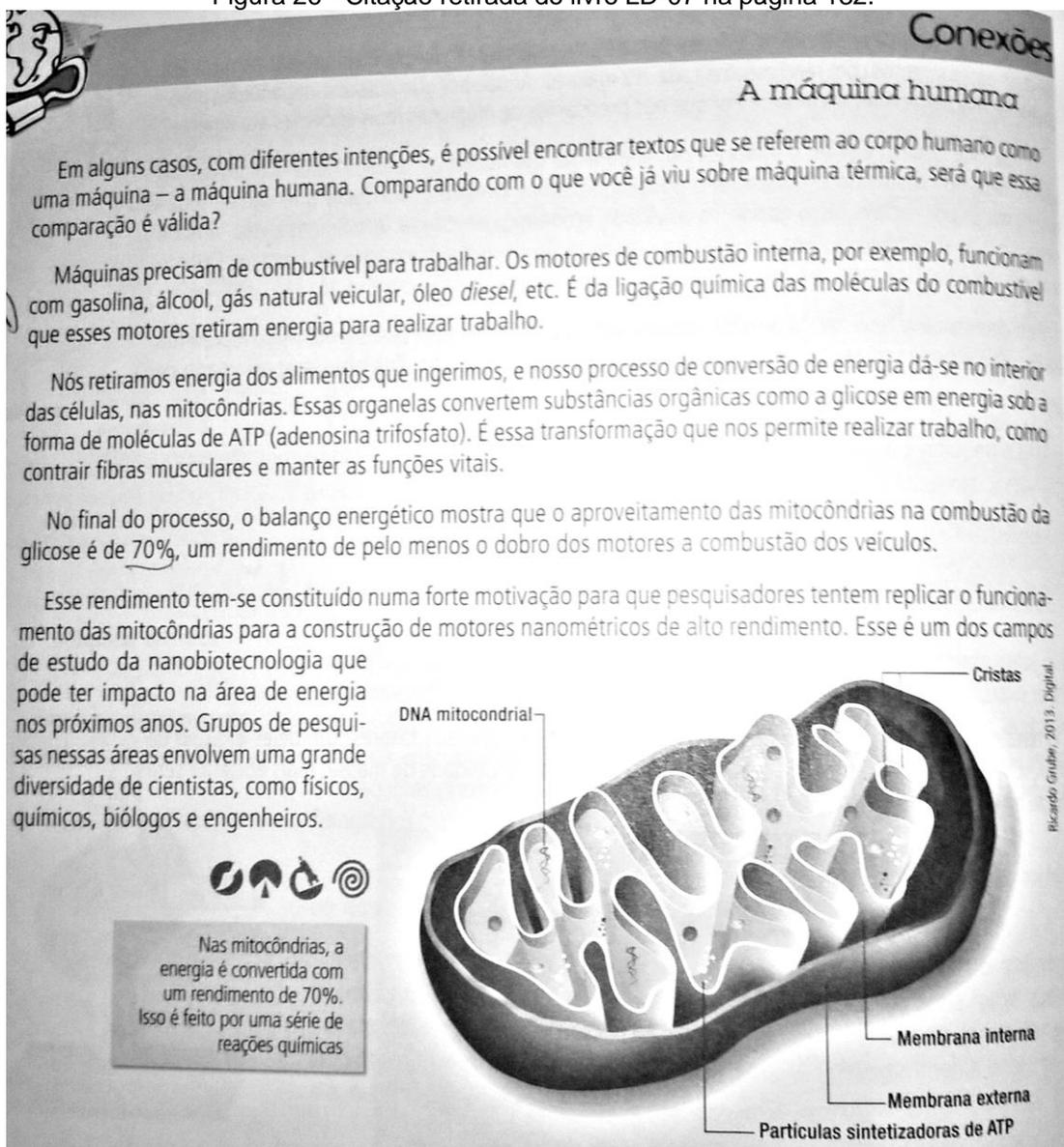
Fonte: trecho do livro LD-02 digitalizado.

Para o autor a compreensão da conservação da energia, permite a previsão do desenvolvimento do sistema gasoso quando se faz a “contabilidade” energética, que na verdade é este fluxo de transformações energéticas.

Na categoria interdisciplinar (EP-itd) temos uma criação didática, já que a ideia de interdisciplinaridade do conceito de energia não existe dentro da ciência. Na história das ciências estas se constituem de forma disciplinar e um conceito científico não pertence a uma ou outra podendo ser usada segundo sua necessidade.

A interdisciplinaridade foi marcada quando o livro aplicava o conceito de física a conceitos que são tradicionalmente tratados em outras disciplinas escolares. Como vemos no trecho do livro LD-07:

Figura 26 - Citação retirada do livro LD-07 na página 132.



Fonte: trecho do livro LD-07 digitalizado.

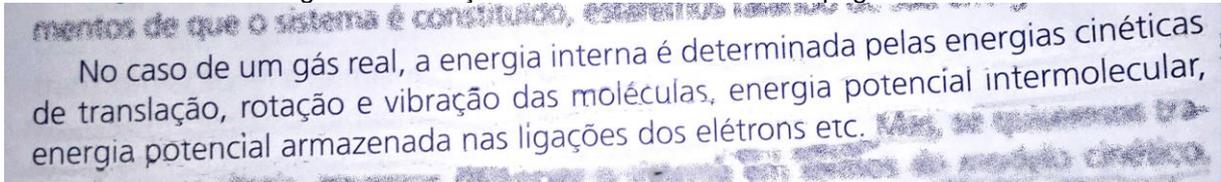
Vemos como o autor traz conceitos da química e da biologia para que o estudante possa perceber que o conceito de energia tratado nestas disciplinas não são distintos, mas um único conceito.

A energia como plano de fundo para outros conhecimentos (EP-epf) é um acréscimo da ideia a relação entre o conceito de calor e trabalho, pois podemos acrescentar outros conceitos físicos que se relacionam com a energia de forma indireta. Pode parecer que esta categoria é uma repetição da categoria *conservação da energia como conceito estruturador da física* ou da categoria *energia é um conceito essencial a compreensão da natureza e da tecnologia*, mas essas têm diferenças

nesta categoria, tratamos de outros conceitos físicos e relacionamos ao conceito de energia de forma secundária.

Marcamos como presença nesta categoria quando a citação tratava de forma conectada outro conceito físico e o conceito de energia. Como vemos no trecho do livro LD-06:

Figura 27 - Citação retirada do livro LD-06 na página 96.



mentos de que o sistema é constituído, esta energia interna é determinada pelas energias cinéticas de translação, rotação e vibração das moléculas, energia potencial intermolecular, energia potencial armazenada nas ligações dos elétrons etc. Mas, se quisermos tra-

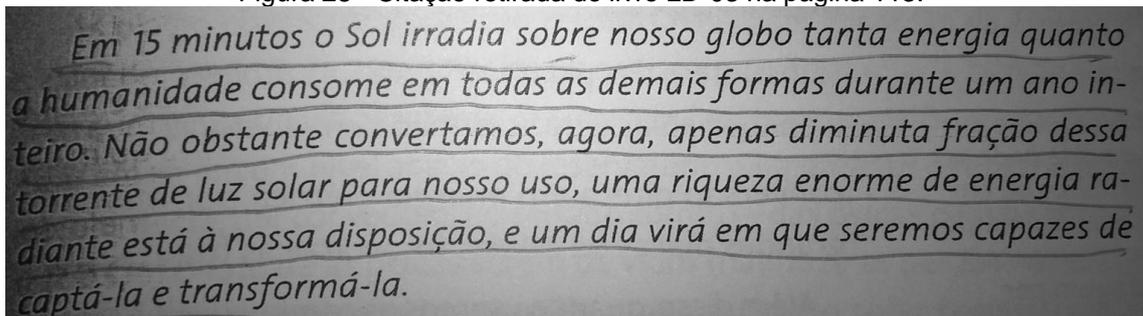
Fonte: trecho do livro LD-06 digitalizado.

Sobre esta categoria podemos dizer que esperava-se poucas aparições devido a escolha dos capítulos que foram analisados neste trabalho. Como os capítulos analisados eram capítulos que tratavam do conteúdo de energia era previsível que as conexões do conceito de energia como plano de fundo de outros conceitos fossem difíceis de encontrar. Podemos ver que na citação transcrita vemos que o conceito de energia traz os conceitos de movimento circular, vibracional e translacional de forma implícita.

Sobre o uso social da energia (EP-use) é uma criação didática que trata dos aspectos utilitários do conceito de energia e levanta uma reflexão sobre as formas de uso da energia pela sociedade.

Consideramos a presença da categoria quando o livro fazia referência as formas de uso de energia pela sociedade ou as formas de geração de energia elétrica. Como vemos no trecho do livro LD-03:

Figura 28 - Citação retirada do livro LD-03 na página 113.



Em 15 minutos o Sol irradia sobre nosso globo tanta energia quanto a humanidade consome em todas as demais formas durante um ano inteiro. Não obstante convertamos, agora, apenas diminuta fração dessa torrente de luz solar para nosso uso, uma riqueza enorme de energia radiante está à nossa disposição, e um dia virá em que seremos capazes de captá-la e transformá-la.

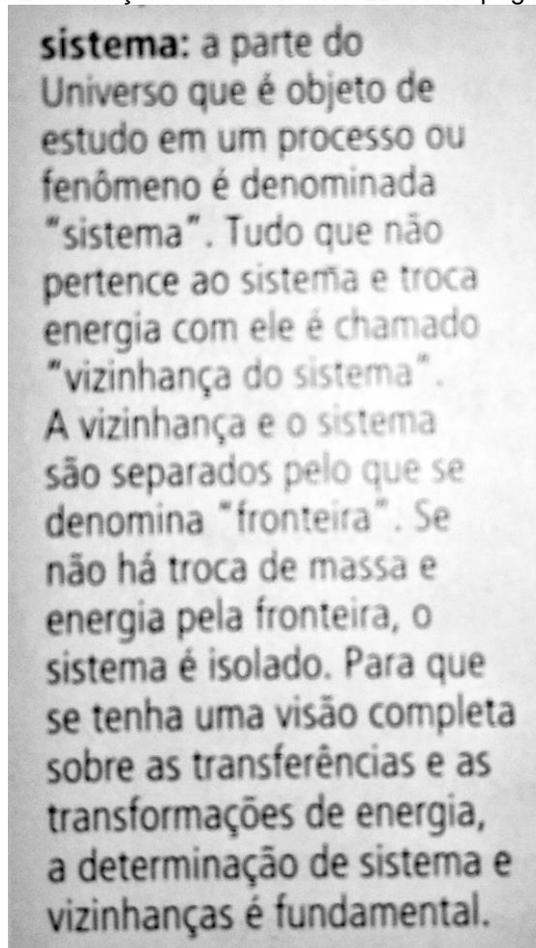
Fonte: trecho do livro LD-06 digitalizado.

Vemos que este trecho do livro mostra uma reflexão sobre o uso da energia pela humanidade.

Por fim, chegamos a compreensão do sistema fechado e aberto (EP-csf) que é uma deformação da característica do sistema que se expressa na transferência de uma parte a outra do sistema, pois observamos a necessidade de definir o tipo de sistema físico que se trata da observação e estudo. Vemos que esta característica foi a que menos foi citada tanto nos documentos nacionais de orientação curricular quanto nos livros didáticos onde mostraram como está é uma característica que é considerada menos importante.

Neste trabalho a compreensão do sistema fechado e aberto foi considerado presente no texto quando este apresentou referência a sistemas físicos e os classificou em aberto ou fechados em relação a vizinhança. Como podemos verificar na citação do livro LD-07:

Figura 29 - Citação retirada do livro LD-07 na página 116.



sistema: a parte do Universo que é objeto de estudo em um processo ou fenômeno é denominada "sistema". Tudo que não pertence ao sistema e troca energia com ele é chamado "vizinhança do sistema". A vizinhança e o sistema são separados pelo que se denomina "fronteira". Se não há troca de massa e energia pela fronteira, o sistema é isolado. Para que se tenha uma visão completa sobre as transferências e as transformações de energia, a determinação de sistema e vizinhanças é fundamental.

Fonte: trecho do livro LD-07 digitalizado.

Podemos ver que é uma descrição muito precisa sobre o sistema físico e ainda deixa claro que em relação a transformações energéticas a definição e a classificação do sistema é fundamental para a construção do conceito de energia e a compreensão da degradação e conservação da energia.

Encontrar poucas citações sobre a compreensão do sistema fechado e aberto indicam uma falha no ensino de física da educação básica.

Notou-se citações sobre a vigilância epistemológicas que são importantes para a aproximação do saber escolar com o saber sábio.

Vemos a característica de Transformações sistêmicas (EP-ve1), isto é, mostrar que a energia é a capacidade de produzir transformações, deixando claro que o termo é associado a um sistema particular e não há algo material. Como vemos na citação: “Para que uma transformação seja reversível ela não poderá ser acompanhada de efeitos dissipativos – em que não ocorre perda de energia” (BONJORNO et al, 2013, p. 96) deixando claro o tipo de sistema que a conservação ocorre.

Encontramos a vigilância quanto às formas e manifestações da energia (EP-ve2) quando o texto mostra que as mudanças experimentadas pelo sistema devem-se a transformações de uma forma ou manifestação de energia em outra. Como citado em “essa energia manifesta-se de várias formas, recebendo em cada uma um nome que a caracterize” (VILLAS BOAS, 2013, p. 82). Deixando explícito que as manifestações energéticas recebem nomes distintos e não são os tipos de energia.

Vemos a vigilância sobre a característica sistêmica (EP-ve3) definindo o sistema físico a ser estudado ou o que é um sistema físico. Como vemos na citação: “sistema é o conjunto de elementos de determinado estudo” (BONJORNO et al, 2013, p. 96). Quando define o sistema mostra-se que este conceito é importante para a aquisição do conceito de energia e de transformação energética.

Sobre a relação com trabalho e calor (EP-ve4) refere-se a informação sobre as transformações energéticas de um sistema que pode ser devido ao desempenho de trabalho e/ou de calor. Como vemos na citação “podem ocorrer transformações em que todo o trabalho seja nulo ($W=0$) de maneira que toda energia recebida pela fonte quente será transmitida para a fonte fria” (STEFANOVITS, 2013, p. 109) deixando claro as relações entre energia, calor e trabalho.

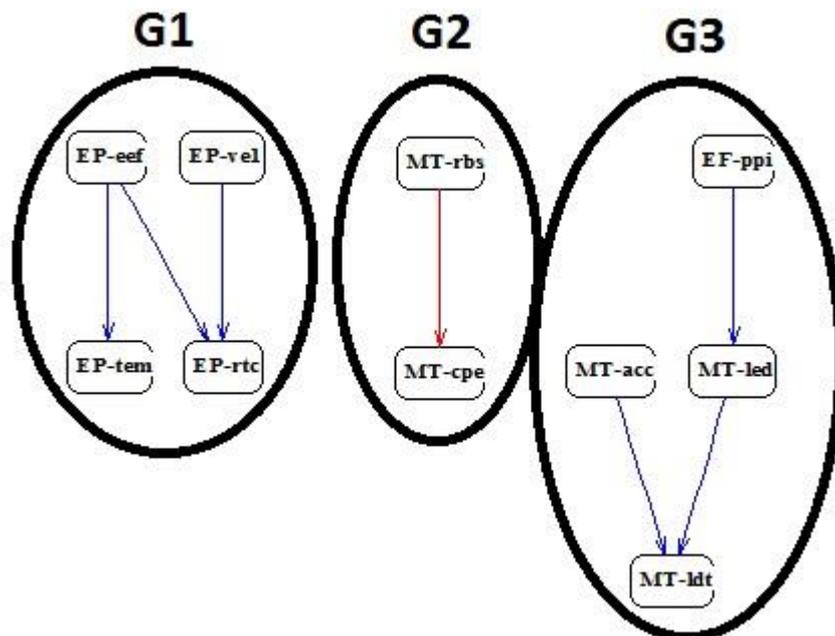
E a Degradação energética (EP-ve5) mostra que não é possível utilizar a energia de um sistema de forma indefinida por conta de sua degradação. Como vemos

na citação “na queima de combustível (...), não há como, com o calor gerado, reaver a energia química armazenada na estrutura molecular inicial. A combustão reduz a quantidade de energia utilizável” (BONJORNO et al, 2013, p.119). Como vemos a degradação da energia e sua transformação em manifestações menos conversíveis.

O conceito de energia presente nos livros escolares sofreu deformações ligeiramente diferentes das que sofreu nos documentos de orientação curricular. Como dissemos no tópico anterior este conceito apresenta-se recontextualizado, utilitarista, abrangente, de caráter norteador à física escolar e não é sistêmico. Nos livros didáticos o conceito mostra-se sistêmico, com o grande número de citações nas categorias relação trabalho e calor e Necessária compreensão da degradação da energia. Desta forma o saber escolar presente no livro didático está a uma distância adequada do saber científico.

Utilizamos a Análise Estatística Implicativa (ASI) para investigar relações entre as categorias que surgiram nos livros.

Figura 30 – Grafo implicativo produzido pelo software CHIC.



Fonte: Produzido pelo autor.

Legenda: As setas vermelhas indicam índice de implicação superior a 0,95 e as setas azuis indicam um índice de implicação superior a 0,90.

Iniciamos a análise falando sobre as quase-implicações entre as categorias. Utilizando o software CHIC, construímos o grafo implicativo na Figura 30. Vemos que o grafo apresenta três grupos de implicação, um Epistemológico (G1) e dois

Metodológicos (G2 e G3). Vemos também que um dos grupos tem um índice de implicação maior que os outros dois.

O primeiro grupo de implicação (G1) é formado por características epistemológicas e tem três implicações de índice superior a 0,9.

Notamos que o surgimento da energia como um conceito estruturador da física (EP-eef) implica o aparecimento dos tipos de energia (EP-tem), sugerindo que as relações dos tipos de energia configuram a compreensão dos demais conceitos físicos. A compreensão da física pode se estruturar a partir das transformações dos tipos de energia. Percebemos que os livros LD-01, LD-04 e LD-08 são os livros que mais contribuíram para esta implicação.

Ainda encontramos que a energia como um conceito estruturador da física (EP-eef) implica o aparecimento da relação com o trabalho e o calor (EP-rtc), mostrando a relação epistemológica da compreensão entre a estruturação produzida pelo conceito de energia por meio de calor e de trabalho. Temos que o livro LD-08 foi o livro que mais contribuiu com esta quase-implicação.

Apontamos, por fim, que a vigilância epistemológica sobre a característica sistêmica (EP-ve1) implica na relação com o trabalho e o calor (EP-rtc), tendo em vista que a relação trabalho e calor dar-se em condições com o sistema físico bem definido. As transformações energéticas ocorridas dentro do sistema podem realizar-se por meio de trabalho ou calor de acordo com a natureza do sistema.

O segundo grupo de implicação (G2) é um grupo formado por uma implicação de índice superior a 0,95.

Salientamos que a reflexão sobre a responsabilidade social (MT-rbs) implica no uso de partir do saber de vida do estudante (MT-cpe), vemos que a contextualização dos conhecimentos dos estudantes devem partir do dia a dia do aprendiz e se transforma em responsabilidade social dos egressos do ensino médio. Vemos que os livros que mais contribuíram para a formação desta relação foram o LD-01 e o LD-03.

O terceiro grupo de implicação (G3) é um grupo que envolve uma característica formativa e três metodológicas, com três quase-implicações de índice superior a 0,9.

A quase-implicação entre os processos e práticas investigativas (EF-ppi) e proposta de exercitar a experimentação (MT-led) era uma implicação esperada, por tratar-se de características experimentais. Notamos que a existência de processos e práticas investigativas estão associadas ao exercício da experimentação, já que a prática em laboratório didático pode ser feita de forma investigativa ou simplesmente

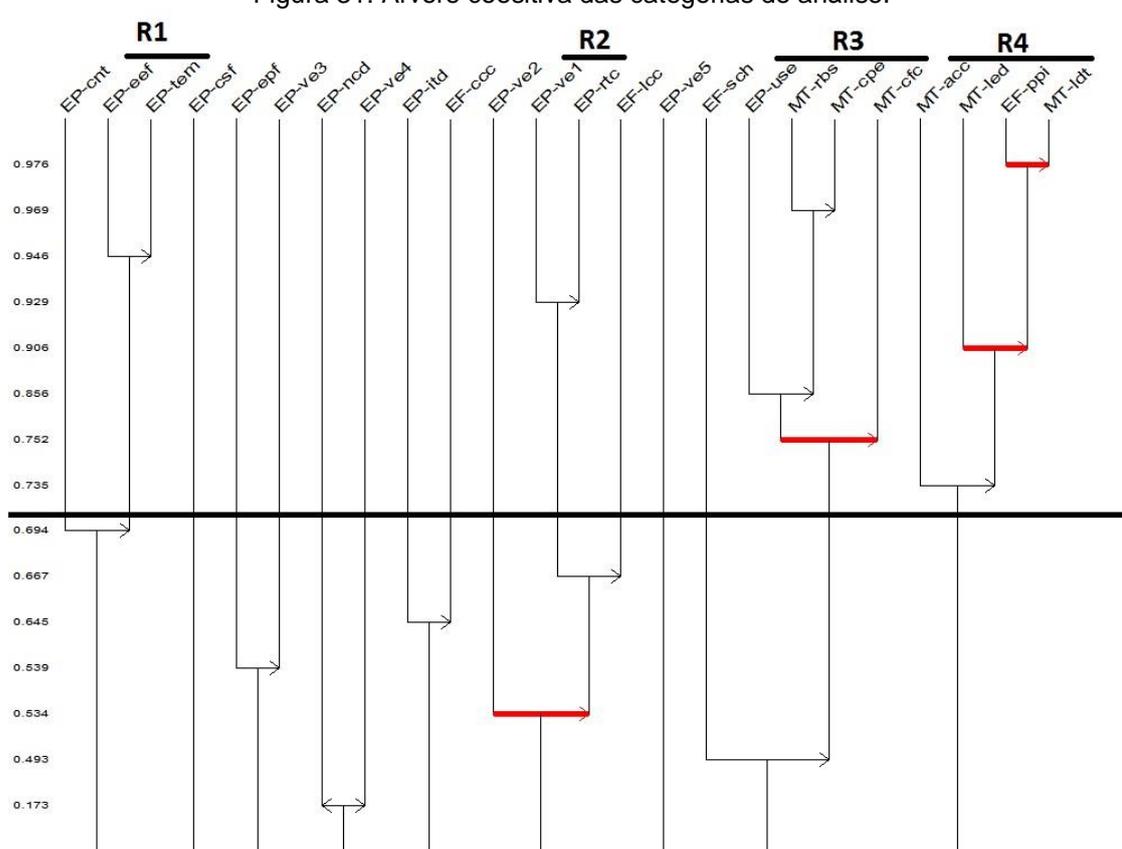
demonstrativa, mas esta implicação encontrada indica que os livros buscam uma forma investigativa dos experimentos.

Percebemos ainda que a relação descrita no parágrafo anterior implica a leitura e debates dos textos (MT-ldt), indicam como o experimento e a investigação devem ser associados ao debate e a discursão entre os pares chegando a um consenso sobre a explicação do experimento.

Encontramos também que Aproximação do Saber Científico (MT-acc) implica a leitura e debates dos textos (MT-ldt), temos que a indicação de aproximação com o saber científico é feita através da leitura e do debate dos textos e artigos próximos ao saber científicos.

Analisaremos a coesão entre as categorias de análise que percebemos nos livros didáticos. Vemos na figura 15 a árvore coesiva produzido pelo software CHIC com a marca de índice de 0,7 como índice limite inferior de análise.

Figura 31: Árvore coesiva das categorias de análise.



Fonte: produzido pelo autor.

Legenda: Linha preta representa o índice de coesão de 0,7.

Considerando o índice limite inferior de 0,7 da coesão percebemos o surgimento de quatro ramos desta árvore coesitiva. A coesão trata da ligação entre as categorias de análise.

Encontramos no primeiro ramo coesitivo (R1) a coesão de índice 0,94 entre a característica da energia como conceito estruturador da física (EP-eef) com os tipos de energia (EP-tem). Para os autores dos livros didáticos as transformações dos diferentes tipos de energia em um sistema físico são fundamentais na estruturação da compreensão da física escolar, já que as transformações energéticas, dentro de um sistema físico, é uma importante ferramenta para a compreensão de diversos conceitos físicos.

No segundo ramo coesitivo (R2) a coesão de índice 0,92 entre a vigilância epistemológica sobre a característica sistêmica (EP-ve1) com a unidade de análise relação com o trabalho e o calor (EP-rtc). Temos que para os autores dos livros didáticos a relação da energia como trabalho e o calor mostra que as transformações energéticas na forma de trabalho ou calor são formas como os sistemas físicos relacionam-se com o ambiente, desta maneira a coesão entre a necessidade compreender a relação de trabalho e calor com a vigilância sobre a característica sistêmica revela-se como necessária a aquisição do conceito de transformação energética segundo as leis da termodinâmica.

No terceiro ramo coesitivo (R3) traz uma coesão com índice de 0,96, entre a reflexão sobre a responsabilidade social (MT-rbs) e partir do saber de vida do estudante (MT-cpe) mostrando como é necessário que a contextualização dos conceitos permita aos estudantes poderem refletir sobre seus problemas diários e de que forma possam utilizar os saberes escolares na resolução dos problemas cotidianos.

Ainda em R3 vemos uma coesão, com índice de 0,85, entre a coesão descrita no parágrafo anterior com o uso social da energia (EP-use), mostrando que não basta a reflexão sobre o posicionamento individual do cidadão, mas o posicionamento dos governos e da sociedade sobre o uso da energia e as consequências do uso de tecnologias energéticas no ambiente.

Finalizando a análise de R3 encontramos uma coesão com índice de 0,75, entre a coesão descrita no parágrafo anterior com a compreensão da física como cultura (MT-cfc), mostrando que a ciência e a tecnologia, que são utilizadas na sociedade contemporânea, fazem parte da cultura ocidental e relacionam as

transformações energéticas com a tecnologia validada pela sociedade contemporânea e a cultura ocidental.

No quarto ramos coesitivo (R4) traz uma coesão, com índice de 0,97, entre processos e práticas investigativas (EF-ppi) e leitura e debates dos textos (MT-ldt) como uma introdução a prática científica que ao encontrar um problema, faz conjecturas para investigar suas causas e consequências em debates com seus companheiros de turma de forma a entrar em consenso sobre a explicação do fenômeno.

Em R4 também encontramos uma coesão, com índice de 0,90, entre a coesão descrita no parágrafo anterior com a proposta de exercitar a experimentação (MT-led). Avançando nesta introdução de práticas científicas, com o passo seguinte, a experimentação, a definição do problema a ser investigado o debate para a criação de uma proposta explicativa, a experimentação em laboratórios didáticos.

Ainda em R4 encontramos uma coesão, com índice de 0,73, da coesão descrita do parágrafo anterior com a Aproximação do Saber Científico (MT-acc). O que reflete as práticas científicas reais e como a ciência escolar pode assemelhar-se a ciência real.

Quando unimos a implicação com a coesão vemos que a Análise Estatística Implicativa nos revelou que os livros didático trazem três interações para as aulas sobre as transformações energéticas.

A primeira é a interação epistemológica, dada a relação entre G1, R1 e R2 onde podemos verificar a preocupação dos autores dos livros com o conceito de transformações energéticas e sua relação com outros conceitos da física escolar.

A segunda é a interação sociocultural, a preocupação com a aplicação do saber ensinado aos estudantes em uma sociedade científico tecnológico, mostrado em G2 e R3. Além da preocupação com a aplicação do saber, está interação reflete uma interação do saber científico com o saber tecnológico e como esses saberes relacionam-se com a cultura nacional.

A terceira é a interação para a prática científica escolar, vista na relação entre G3 e R4, mostrando um conjunto de práticas para o ensino de física realizando uma Transposição Didática não só do conceito de transformações energéticas como também das práticas de investigação e divulgação científica.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A noção de Transposição Didática teve sua gênese na Didática da Matemática e de forma desafiadora este trabalho utilizou esta noção como referencial teórico em pesquisa em Ensino de Física.

A ciência física é um elemento cultural tal qual a matemática e por isso pode ser analisada em suas práticas sociais e suas instituições. A transposição do objeto do saber da comunidade científica para o sistema escolar ocorre, tal como em outras áreas do conhecimento, também na física e podemos verificar as transformações epistemológicas neste objeto do saber.

Nesta composição o objeto do saber que investigamos a sua transformação foi o conceito de energia.

Vimos que o conceito de energia no saber sábio é tem formas e manifestações, tem um caráter sistêmico, relacionado com o trabalho e o calor, se conserva em sistemas fechados e se degrada em sistemas abertos.

Nos documentos nacionais de orientação curricular a ideia de energia caracteriza-se por ser contextualizado com os problemas sociais e abrangente em relação aos fenômenos naturais e tecnológicos, a degradação energética é apresentada para que possa ser útil à sociedade, desta maneira o conceito no currículo é utilitarista, e a conservação da energia é posta como norteador para a física escolar. Porém a ausência do atributo sistêmico do conceito de energia nos documentos nacionais de orientação curricular não é adequada a transposição didática do conceito.

Nos livros didáticos a noção de energia é semelhante a que emerge dos documentos curriculares, mas difere por resgatar a característica sistêmica transportando o conceito para uma boa distância do saber sábio. Desta forma é possível dizer que o conceito nos livros está a uma distância mais adequado a que está nos documentos nacionais de orientação curricular.

Além das transformações epistemológicas do conceito ainda avaliamos propostas didáticas apresentadas nos livros com relação as indicações dos documentos nacionais de orientação curricular.

Vimos que as sugestões didáticas dos livros procuram sanar as concepções alternativas mais comuns segundo as pesquisas em ensino de ciências apresentadas ao longo deste texto.

Além da análise das transformações epistemológicas no conceito e as sugestões didáticas propostas pelos livros didáticos investigamos as relações existentes utilizando a Análise Estatística Implicativa (ASI). Encontramos três interações que revelam o que deve ser aprendido, para que ser aprendido e como ser aprendido.

A interação epistemológica tende a trazer uma preocupação da conservação da energia com o caráter sistêmico, mostrando que as transformações energéticas devem basear-se nos tipos de energia para estruturar o ensino de física em seus diversos conceitos.

A interação sociocultural mostra a preocupação dos autores com o desenvolvimento dos saberes tecnológico escolar e não apenas o saber científico escolar. Além da percepção da ciência e da tecnologia na cultura ocidental.

A interação para a prática científica escolar mostra a preocupação e uma transposição das práticas científicas, com laboratórios, investigação, debates e leituras de artigos e textos de divulgação científica e científicos.

Estas interações propõem caminhos para que o ensino promova a alfabetização científica tecnológica. Esta alfabetização científica e tecnológica dá autonomia aos aprendizes para identificar problemas de cunho científico e tecnológico e julgar se as possíveis soluções apresentadas por especialistas são aplicáveis em seu contexto cultural, histórico e social.

Vemos que os documentos nacionais de orientação curricular indicam explicitamente uma mudança de paradigma de ensino, esta troca paradigmática também surge nos livros didáticos que apontam à mudança da forma e dos objetivos do ensino de ciências como esperávamos pela indicação legais brasileiras. Percebemos que os livros didáticos para o ensino de física aponta para uma possível mudança metodológica abandonando o ensino tradicional, focado na memorização de conceitos e algoritmos, e se aproximando da alfabetização científica, centrada na utilização de conceitos no cotidiano de forma contextualizada e interdisciplinar, pois vemos muitas aplicações prática e tecnológicas do conceito e contextualizações históricas, tecnológicas, culturais e sociais. Compreendemos que os livros ainda apresentam-se em uma fase transitória entre o paradigma tradicional para a

alfabetização científica e tecnológica, pois encontramos ainda muita repetição de exercícios voltados a seleção para o ensino superior.

Nesta perspectiva de mudança paradigmática, observamos neste trabalho que os livros didáticos e os documentos nacionais de orientação curricular propõem que o ensino proporcione a desfragmentação do saber ensinado. Os conceitos aprendidos nas diversas disciplinas do ensino médio devem ser integrados entre si e com os problemas do cotidiano. O estudante não deve pensar que a energia que ele aprende em física é distinta da energia na geografia ou na biologia.

A energia é um conceito essencial para conectar o saber científico com o saber tecnológico nas ciências naturais e promove a interdisciplinaridade, sendo considerado um conceito essencial e estruturador para a compreensão do mundo natural e tecnológico.

Como a energia é um conceito que permeia várias ciências e áreas do saber torna-se um conceito chave na aplicação da interdisciplinaridade. Este conceito permite a criação de diversos projetos de integração disciplinar.

Finalizamos deixando aqui questões que surgiram ao longo desta dissertação e que poderão nortear novas pesquisas. Durante a pesquisa nos perguntamos quais são os tipos de tarefas e as organizações praxeológicas que os professores e estudantes do ensino médio ou superior utilizam para o conceito de energia? Ou ainda, como a tecnologia como objeto de ensino relaciona-se com o conceito de energia formando um nicho na ecologia do saber? Tendo também a seguinte indagação: como ocorre a transposição didática dos problemas experimentais e das práticas laboratoriais do saber sábio para o saber ensinado?

REFERÊNCIAS

ALMOULOUD, S. A. **Fundamentos da didática da matemática**. Curitiba, ed. UFPR, 2007.

AIKENHEAD, G. S. **Educação científica para todos**. Mangualde, Pedago, 2009.
ARTUSO, A.R. **Física**. Curitiba, Positivo, 2013.

ASSIS, A. e TEIXEIRA, O.P.B., Algumas considerações sobre o ensino e a aprendizagem do conceito de energia, **Ciência e educação**, v. 9 n. 1, 2003.

ASTOLFI, J-P. e DEVELAY, M. **A didática das ciências**. Campinas, Papirus, 2012.
AULER, D. e DELIZOICOV, D., Alfabetização científico-tecnológica para quê?, **Ensaio**, V03(01), 2001.

AULER, D., Alfabetização científico-tecnológica: um novo “paradigma”?, **Ensaio**, V05(01), 2003.

ASTOLFI, J-P. e DEVELAY, M., **A didática das ciências**. Campinas, Papirus, 2012.
BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuições para uma psicanálise do conhecimento, Rio de Janeiro, Contraponto, 2013.

BONJORNO, J. R., BONJORNO, R.F.S.A., BONJORNO, V., RAMOS, C.M., PRADO, E.P. e CASEMIRO, R. **Física**: terminologia, óptica, ondulatória, 2º ano, São Paulo, FTD, 2013.

BRASIL. Constituição. **Constituição**: República Federativa do Brasil. Brasília, Senado Federal, 1988.

BRASIL, **Lei de Diretrizes e Base da Educação Nacional**. Lei nº 9.394/96, de 20 de dezembro de 1996.

BRASIL, MEC, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**, Brasília, 1999.

BRASIL, MEC, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**, Brasília, 2002.

BRASIL, MEC, Secretaria da Educação Básica. **Orientações curriculares para o ensino médio**, Brasília, 2006.

BRASIL, Ministério da educação, Secretaria de Educação Básica, **Guia de livros didáticos**: PNLD 2015 : apresentação : ensino médio. – Brasília: MEC, 2014.

BRASIL, MEC, Conselho Nacional da Secretaria de Educação, **Base Nacional Comum Curricular**, Brasília, 2016.

BRITO MENEZES, A. P. A., **Contrato didático e Transposição Didática**: inter-relações entre os fenômenos didáticos na iniciação à álgebra na 6ª série do ensino fundamental, 2006, Tese de Doutorado, Programa de pós-graduação em educação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

BROCKINGTON, G. e PIETROCOLA, M., serão as regras da Transposição Didática aplicáveis aos conceitos de física moderna? **Investigações em Ensino de Ciências** – V10(3), 2005.

BROUSSEAU, G. **Introdução ao estudo da teoria das situações didáticas**: conteúdo e método de ensino. São Paulo, Ática, 2008.

BUCUSSI, A. A., **texto de apoio ao professor de física**: introdução ao conceito de energia. Porto Alegre: UFRGS, 2007.

CAMPOS, A., **A conceitualização do princípio da energia mecânica**: os processos de aprendizagem e a teoria dos campos conceituais, 2014, Tese de Doutorado, Programa de pós-graduação interunidades em ensino de ciências, São Paulo, 2014.

CARVALHO, A.M.P.; RICARDO, E. C.; SASSERON, L. H.; ABIB, M. L. V. S. e PIETROCOLA, M. **Ensino de Física**, São Paulo: Cengage Learning, 2010.

CAZELI, S. e FRANCO, C. Alfabetismo científico: Novos desafios no contexto da globalização. **Ensaio**, V03(01), 2001.

CHAUÍ-BERLINCK, J. G. e MARTINS, R. A., **As duas primeiras leis**: uma introdução à termodinâmica. São Paulo, Editora UNESP, 2013.

CHERMAN, A. **Sobre ombros de gigantes**: uma história da física. Rio de Janeiro, Jorge Zahar, 2005.

CHEVALLARD, Y. **La Transposition Didactique**: du savoir savant au savoir enseigné. La Pensée Sauvage, 1991.

CHEVALLARD, Y. El análisis de las prácticas docentes en la teoría antropológica de lo didático, **Reserches en didactique des mathématiques**, V. 19 (2), 1999.

CHEVALLARD, Y. Readjusting didactics to a changing epistemology, **European educational research jornal**, V. 6 (2), 2007.

CHIQUELTO, M.J. O currículo de física do ensino médio no Brasil: discussão retrospectiva. **Revista e-curriculum**, V.7 (1), 2011.

CHIQUELTO, M. J. e KRAPAS, S. Livros didáticos baseados em apostilas: como surgiram e por que foram amplamente adotados. **Revista brasileira de pesquisa em educação em ciências**, V. 12 (3), 2012.

CIDRA, J.L. e TEIXEIRA, O.P.B. Calor e temperatura e suas explicações por intermédio de um enfoque histórico. In: MARTINS, R.A.; MARTINS, L. A. C. P.;

SILVA, C. C. e FERREIRA, J. M. H.; **filosofia e história da ciência no cone sul: 3º encontro**. Campinas: 2004.

COUTURIER, R., CHIC: utilización y funcionalidades. In: ORÚS, P. ZAMORA, L. GREGORI, P. **Teoría y aplicaciones del Análisis Estadístico Implicativo: primera aproximación en lengua hispana**. Santiago de Cuba, 2009.

COUTURIER, R. BODIN, A. GRAS, R. A Classificação Hierárquica Implicativa e Coesiva. **Revista Educação Matemática Pesquisa. Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática – PUCSP**. São Paulo: EDUC, V 4 (2), 2002.

CUPANI, A. **Filosofia da tecnologia: um convite**, Florianópolis, Editora da UFSC, 2011.

DELIZOICOV, D. Pesquisa em ensino de ciências como ciências humanas aplicadas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. V21, 2004

DELIZOICOV, D. ANGOTTI, J. A. e PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: Fundamentos e métodos**. São Paulo, Cortez editora, 2011.

DOMÉNECH, J. L.; LIMIÑANA, R. e MENARGUES, A. La superficialidad en la enseñanza del concepto de energía: una causa del limitado aprendizaje alcanzado por los estudiantes de bachillerato - **enseñanza de las ciencias**, núm. 31.3 - 2013.

FEYNMAN, R. P. **12 lições de física**. Rio de Janeiro, Ediouro, 2009.

_____. **O senhor está brincando, Sr. Feynman!**: as estranhas aventuras de um físico excêntrico. Rio de Janeiro, Elsevier, 2006.

FOUREZ, G. Crise no ensino de ciências? **Investigações em ensino de Ciências**. V 8 (2), 2003.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**, 58ª edição, Rio de Janeiro, Paz e Terra, 2014.

GIL, A. C., **Métodos e técnicas de pesquisa social**, 6. Ed. São Paulo: atilas, 2008.

GOMES, L. C. A ascensão e a queda da teoria do calórico. **Caderno Brasileiro do ensino de física**, V. 29 (3), 2012.

GONÇALVES FILHO, A. **Física: Interação e tecnologia**. São Paulo, Leya, 2013.

GRAS, R. KUNTZ, P. El Análisis Estadístico Implicativo (ASI) en respuesta a problemas que le dieron origen. In: ORÚS, P. ZAMORA, L. GREGORI, P. **Teoría y aplicaciones del Análisis Estadístico Implicativo: primera aproximación en lengua hispana**. Santiago de Cuba, 2009.

GRAS, R. ALMOULOU, S. A. A implicação estatística usada como ferramenta em um exemplo de análise de dados multidimensionais, **Revista Educação Matemática**

Pesquisa. Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática – PUCSP. São Paulo: EDUC, V 4 (2), 2002.

GREENBERG, A. **Uma breve história da química:** Da alquimia às ciências moleculares modernas. São Paulo, Edgard Blucher, 2009.

GUIMARÃES, O. **Física.** São Paulo, Ática, 2013.

GÜNTHER, H. Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: esta é a questão? **Psicologia: teoria e pesquisa**, V 22 (2), 2006.

HALLIDAY, D. **Fundamentos da física, volume 1:** Mecânica. Rio de Janeiro, LTC, 2009.

_____. **Fundamentos da física, volume 2:** Gravitação, ondas e termodinâmica. Rio de Janeiro, LTC, 2009.

_____. **Fundamentos da física, volume 3:** Eletromagnetismo. Rio de Janeiro, LTC, 2009.

_____. **Fundamentos da física, volume 4:** Óptica e física moderna. Rio de Janeiro, LTC, 2009.

HAWKING, S. E MLODINOW, L. **Uma nova história do tempo.** Rio de Janeiro, Ediouro, 2005.

HÜLSENDEGER, M. J. V. C., **A História da Ciência no ensino da Termodinâmica:** um outro olhar sobre o ensino de Física, Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, v. 9 n. 2, 2007.

ISAIA, S. M.A., REGNIER, J.C., BISOGNIN, E., BISOGNIN, V. e ACIOLY-RÉGNIER, N., Formação docente e articulação entre competências visadas no mestrado profissionalizante e nas licenciaturas em física e matemática: aporte de um tratamento metodológico no quadro da análise estatística implicativa. **Educação Matemática em Pesquisa.** São Paulo, V. 16 N. 3, 2014.

JACQUES, V. e ALVES FILHO, J. P., O conceito de energia: os livros didáticos e as concepções alternativas, **XI Encontro de pesquisa em ensino de física.** Curitiba, 2008.

KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. **São Paulo em perspectiva**, V14(1), 2000.

KUHN, T. S. **A tensão essencial: estudo selecionados sobre tradição e mudança científica.** São Paulo, Editora Unesp, 2011.

_____. **A estrutura das revoluções científicas.** São Paulo, Perspectiva, 2013.

LARAIA, R. B. **Cultura:** um conceito antropológico. Rio de Janeiro, Zahar, 1986.

LIMA, M. E. C. C., AGUIAR JÚNIOR, O. e DE CARO, C. M. Formação de conceitos científicos: Reflexões a partir da produção de livros didáticos, **Ciência e educação**, V17(4), 2011.

LUCKESI, C. C. **Avaliação da aprendizagem**: componente do ato pedagógico. São Paulo, Cortez, 2011.

MARTINS, A. F. P., **Física ainda é Cultura?**, São Paulo, editora livraria da física, 2009.

MEDEIROS, A., a atualidade pedagógica da controvérsia histórica sobre a verdadeira definição da “força de um corpo”. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**. V 3 (3), 2001.

MEGID NETO, J. e FRACALANZA, H. Livro didático de ciências: problemas e soluções. **Ciência e educação**, V9(2), 2003.

MENEZES, M. B., **Praxeologia do professor e do aluno**: uma análise das diferenças no ensino de equação do segundo grau, 2010, Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

MOREIRA, M. A. Ensino de física no Brasil: Retrospectiva e perspectivas. **Revista brasileira do ensino de física**, V22(1), 2000.

MOSLEY, M. e LYNCH, J. **Uma história da ciência**: experiência, paixão e poder. Rio de Janeiro, Zahar, 2011.

NARDI, R. **Educação em ciências**: da pesquisa à prática docente. São Paulo: Escrituras Editora, 2010.

NASCIMENTO, R.R. ANDRADE, V.L.V.X. e REGNIE, J.C. Principais dificuldades e obstáculos para aprendizagem do conceito de energia. Abordagem exploratória de publicações em ensino de ciências e tratamento no quadro da Análise Estatística Implicativa. **Caderno de física da UEFS**, V 14 (2), 2016. No Prelo.

RAMOS, P. L. P. e PONCZEK, R. L., a evolução histórica dos conceitos de energia e quantidade de movimento, **caderno de física da UEFS**, 09 (01 e 02): 2011.

SASSERON, L. H. e CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**. V16(1), 2011.

SILVA, D. N., **A termodinâmica no ensino médio**: ênfase nos processos irreversíveis. Dissertação de Mestrado, Programa de pós-graduação em ensino de ciências da USP, São Paulo, 2009.

SILVA, D. P. G., **O Ensino de Energia e o Livro Didático de Física**: um olhar através do construtivismo humano, 2012, Dissertação de Mestrado profissional, Programa de Pós-graduação em ensino de ciências e matemática, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

SIQUEIRA, M.; PIETROCOLA, M. A Transposição Didática aplicada a teoria contemporânea: A Física de Partículas elementares no Ensino Médio. In: X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física - EPEF, 2006, Londrina. **Anais do X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física - EPEF**. v. 1. p. 1-1.

STEFANOVIT, A. **Ser Protagonista**: Física, 2º ano. São Paulo, Editora SM, 2013.

TORRES, C.M.A. **Física**: Ciência e tecnologia. São Paulo, Moderna, 2013.

VELOSO, A. V., **O processo de ensino-aprendizagem do conceito de energia na termoquímica e a relação com o cotidiano de alunos do ensino médio**, 2012, Dissertação de Mestrado, Programa de pós-graduação e pesquisa mestrado em educação em ciências na Amazônia, Manaus, 2012.

VILLAS BOAS, N. **Física 2**. São Paulo, Saraiva, 2013.

VILLATORRE, A. M., HIGA, I. e TYCHANOWICZ, S. D. **Didática e Avaliação em física**. Curitiba, Ibpex, 2008.

YAMAMOTO, K. **Física para o ensino médio 2**. São Paulo, Saraiva, 2013.

ZANARDI, D.C.; KNEUBIL, F.B. e PEREIRA, V.S. organização praxeológica de saberes escolares: uma comparação da equação de Clapeyron em livros de física e química, **investigações em ensino de ciências**, V18(3), 2013.

APÊNDICE A – QUADRO RESUMO DAS CATEGORIAS DE ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS.

CATEGORIAS	DESCRIÇÃO
Energia é um conceito essencial à compreensão da natureza e tecnologia (EP-cnt)	Considerou-se elemento de análise referente a esta categoria sempre que o trecho fizesse referência a compreensão da natureza, tecnologia ou como compreender o funcionamento certo do sistema físico.
Compreensão do sistema fechado e aberto (EP-csf)	Considerou-se elemento de análise referente a esta categoria sempre que o trecho fizesse referência aos sistemas abertos ou fechados e como esses sistemas se comportam em relação a vizinhança.
Tipos de energia (EP-ten)	Considerou-se elemento de análise referente a esta categoria sempre que o trecho fizesse referência à diversidade de tipos de energia e suas conversões.
Energia como plano de fundo para outros conhecimentos (EP-epf)	Considerou-se elemento de análise referente a esta categoria sempre que o trecho fizesse referência à relação de outros conceitos com o de energia.
Relação com trabalho e calor (EP-rtc)	Considerou-se elemento de análise referente a esta categoria sempre que o trecho fizesse referência aos conceitos de trabalho e calor.
Conservação da energia conceito estruturador da física (EP-eef)	Considerou-se elemento de análise referente a esta categoria sempre que o trecho fizesse referência ao conceito de energia como estruturador, fundamental ou essencial à compreensão de diversos conceitos em física.
Necessária compreensão da degradação da energia (EP-ncd)	Considerou-se elemento de análise referente a esta categoria sempre que o trecho fizesse referência à relação entre energia e poluição ou crise energética.
Interdisciplinar (EP-itd)	Considerou-se elemento de análise referente a esta categoria sempre que o trecho fizesse referência à interdisciplinaridade.
Uso social da energia (EP-use)	Considerou-se elemento de análise referente a esta categoria sempre que o trecho fizesse referência às formas de uso de energia pela sociedade ou as formas de geração de energia elétrica.
Vigilância Epistemológica: Transformações sistêmicas (EP-ve1)	esta subcategoria da vigilância epistemológica marcada quando o texto pode associa energia à capacidade de produzir transformações, deixando claro que o termo é associado a um sistema particular e não há algo material.

Vigilância Epistemológica: Formas e manifestações da energia (EP-ve2)	esta subcategoria da vigilância epistemológica é marcada quando as mudanças experimentadas pelo sistema se devem à transformações de uma forma ou manifestação em outra.
Vigilância Epistemológica: Característica sistêmica (EP-ve3)	esta subcategoria da vigilância epistemológica é marcada quando a energia pertence a um sistema formado por dois ou mais corpos.
Vigilância Epistemológica: Relação com trabalho e calor (EP-ve4)	esta subcategoria da vigilância epistemológica é marcada quando as variações energéticas de um sistema pode ser devido ao desempenho de trabalho e/ou de calor.
Vigilância Epistemológica: Degradação energética (EP-ve5)	esta subcategoria da vigilância epistemológica é marcada quando não é possível utilizar a energia de um sistema de forma indefinida por conta de sua degradação.
O saber conceitual (EF-ccc)	Refere-se aos conceitos científicos que são transpostos ao sistema de ensino, sendo necessário a vigilância epistemológica sobre sua Transposição Didática.
A contextualização social, cultural e histórica (EF-sch)	Refere-se à forma de abordar a construção do saber científico, não dando uma ideia dogmática e descontextualizada dos saberes científicos, porém dando significado aos conceitos que serão abordados para o estudante.
Os processos e práticas investigativas (EF-ppi)	Refere-se ao estudo de práticas investigativas em laboratórios escolares e resoluções de problemas abertos. Ensina sobre como se constrói o saber científico.
A linguagem nas ciências da natureza (EF-lcc)	Refere-se à necessidade de compreensão das formas técnico científicas de comunicar. O estudante deve poder compreender gráficos, tabelas, terminologia técnica e equações.
Partir do saber de vida do estudante (MT-cpe)	Quando os textos utilizarem fenômenos ou tecnologias do dia a dia dos grandes centros urbanos ou de saber geral para introdução de capítulo ou conteúdo.
Exercitar experimentação (MT-led)	Quando o texto propõe um experimento, uso de equipamento tecnológico ou laboratório didático para construção do saber do aprendiz.
Leitura e debates de textos (MT- ldt)	indicar textos, filmes documentários extras que tragam discussões sobre o tópico apresentado.

Compreensão da física como cultura (MT-cfc)	a física como elemento cultural se estabelece com a compreensão dos processos históricos que levaram a descoberta e desenvolvimento de cada conceito e uma reflexão sobre as implicações do uso deste saber pelas pessoas. Isso será marcado pela presença de textos complementares que abordem estes aspectos.
Responsabilidade social (MT-rbs)	a responsabilidade social se caracteriza quando levamos os estudantes a pensarem sobre as causas e consequências atuais do uso de práticas e tecnologias apoiadas pelo saber científico, como este saber pode ser utilizado para o bem estar social.
Aproximação do saber científico (MT-acc)	traga alguma orientação para a leitura ou fragmento de texto científico.