

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Faculdade de Educação
CECIMIG – Centro de Ensino de Ciências e Matemática de Minas Gerais
ENCI – Especialização em Ciências por Investigação
Fabiano Gontijo Maia

**ANALOGIAS DA CORRENTE ELÉTRICA EM LIVROS DIDÁTICOS DE
FÍSICA PARA O ENSINO MÉDIO**

Trabalho de conclusão do curso de especialização em Ensino de Ciências por Investigação do Centro de Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientadora: Prof^a. M^a de Fátima Marcelos

Belo Horizonte

Dezembro de 2012

Fabiano Gontijo Maia

**ANALOGIAS DA CORRENTE ELÉTRICA EM LIVROS DIDÁTICOS DE
FÍSICA PARA O ENSINO MÉDIO**

Trabalho de conclusão do curso de especialização de Ensino de Ciências por Investigação do Centro de Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientadora: Prof^a. M^a de Fátima Marcelos

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. MSc. Maria de Fátima Marcelos
Orientadora

Prof. MSc. Ivo José Ramos
Leitor Crítico

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mulher e as minhas duas filhas, obras únicas da criação Divina.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que participaram direta, indiretamente, presentes ou à distância nesta pesquisa. Citar nomes é cair no risco de esquecer alguém, portanto sou grato a todos que se dignaram ao trabalho de ler estes agradecimentos.

Devemos julgar um homem, mais pelas suas perguntas, do que pelas suas respostas. (*Voltaire*)

RESUMO

Este TCC analisa a utilização de analogias da corrente elétrica encontradas nos livros didáticos de Física recomendados pelo PNLEM 2012/2014. Realizou-se um levantamento bibliográfico em dez livros que continham o tópico corrente elétrica e/ou circuito elétrico. Foram analisados índices remissivos, textos, fotografias, figuras e exercícios. As análises, leituras e reflexões realizadas pretendem potencializar o uso racional e sistemático dessas analogias objetivando auxiliar o professor no conhecimento e uso desta ferramenta de ensino. Os resultados apontam analogias textuais e pictóricas, porém sem uma abordagem metodológica compatível com as metodologias de ensino específicas para o uso de analogias. Assim, são abertas novas possibilidades de pesquisas, especialmente no que tange ao teste dessas analogias em sala de aula com metodologia apropriada.

Palavras-chave: Analogias; Circuito Elétrico; Corrente Elétrica; Ensino de Física; Livro Didático.

ABSTRACT

This CBT examines the use of analogies from electrical current found in physics textbooks recommended by PNLEM 2012/2014. Carried out a literature review in ten books containing the topic electric current and / or electrical circuit. We analyzed indexes, text, photographs, illustrations and exercises. The analysis, performed readings and reflections intend to leverage the rational and systematic aiming these analogies help the teacher in knowledge and use of this teaching tool. The results indicate textual and pictorial analogies, but without an approach compatible with the teaching methodologies specific to the use of analogies. So, are opening up new possibilities of research, especially in regard to test these analogies in the classroom with appropriate methodology.

Keywords: Analogies; electric circuit; electric current, physics teaching; textbook.

LISTA DE FIGURAS

Nº	TÍTULO	PAG
Figura 1	Primeira Ilustração de Analogia Sobre Corrente Elétrica Encontrada em Livro de Física Analisado e Identificado como Livro nº 1 (2012)	45
Figura 2	Segunda Ilustração de Analogia Sobre Corrente Elétrica Encontrada em Livro de Física Analisado e Identificado como Livro nº 1 (2012)	45
Figura 3	Terceira Ilustração de Analogia Sobre Corrente Elétrica Encontrada em Livro de Física Analisado e Identificado como Livro nº 1 (2012)	46
Figura 4	Primeira Ilustração de Analogia Sobre Corrente Elétrica Encontrada em Livro de Física Analisado e Identificado como Livro nº 2 (2012)	47
Figura 5	Segunda Ilustração de Analogia Sobre Corrente Elétrica Encontrada em Livro de Física Analisado e Identificado como Livro nº 2 (2012)	48
Figura 6	Primeira Ilustração de Analogia Sobre Corrente Elétrica Encontrada em Livro de Física Analisado e Identificado como Livro nº 5 (2012)	49
Figura 7	Primeira Ilustração de Analogia Sobre Corrente Elétrica Encontrada em Livro de Física Analisado e Identificado como Livro nº 9 (2012)	50
Figura 8	Primeira Ilustração de Analogia Sobre Corrente Elétrica Encontrada em Livro de Física Analisado e Identificado como Livro nº 10 (2012)	51

LISTA DE QUADROS

Nº	TÍTULO	PAG
QUADRO 1	Livros Didáticos de Física do PNLEM, Triênio 2011/2014 analisados no TCC “Analogias da corrente elétrica em livros didáticos de Física para o Ensino Médio” (2012)	37
QUADRO 2	Presença da Analogia da Corrente Elétrica nas Coleções de Física do PNLEM (2012 – 2014) Pesquisados (2012)	54

LISTA DE SIGLAS

CBC	Currículo Básico Comum
CEFET MG	Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
CNLD	Comissão Nacional do Livro Didático
Colted	Comissão do Livro Técnico e Livro Didático
ECA	Estratégia Centrada no Aluno
ECP	Estratégia Centrada no Professor
EJA	Educação de Jovens e Adultos
FAE	Fundação de Assistência ao Estudante
FENAME	Fundação Nacional de Material Escolar
FNDE	Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
INL	Instituto Nacional do Livro
LD	Livro Didático
MEC	Ministério da Educação
MECA	Metodologia de Ensino Com Analogias
Plidef	Programa do Livro Didático para o Ensino Fundamental
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
PNLEM	Programa Nacional do Livro Didático de Ensino Médio
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
TWA	Teaching-with-Analogies
Usaid	Agência Norte-Americana para o Desenvolvimento Internacional

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	13
CAPÍTULO 2 - ANALOGIAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS	16
2.1 - Conceitos	16
2.2 - Tipos de analogias	17
2.3 - Analogias Como Recursos Cognitivos	17
2.4 - Analogias em Livros Didáticos	23
2.5 - Analogias na Física	24
2.6 - Analogias no Ensino de Física	25
2.7 - A Analogia da Corrente Elétrica	25
CAPÍTULO 3 – O LIVRO DIDÁTICO DE FÍSICA	27
3.1 - Breve Histórico do Livro Didático	28
3.2 - Programas Nacionais do Livro Didático nos Ensinos Fundamental e Médio – PNLD e PNLEM	30
3.2.1 - O PNLD	30
3.2.2 - O PNLEM	32
3.2.3 - O PNLEM Atualmente	32
3.2.4 - Os Programas Nacionais de Livros Didáticos e as Analogias	33
CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA DA PESQUISA	35
4.1 - Considerações iniciais	35
4.2 - Coleções analisadas	37
4.3 - Análise dos livros	38
CAPÍTULO 5 – RESULTADOS, ANÁLISES E DISCUSSÕES	39
5.1 – Presença da Analogia nos Índices Remissivos	39

5.2 – Presença da Analogia em Textos	39
A - Livro 1	39
B - Livro 2	42
C - Livro 4	42
D - Livro 5	43
E - Livro 9	44
F - Livro 10	44
5.3 - Presença da Analogia em Elementos Ilustrativos	44
A - Livro 1	44
B - Livro 2	47
C - Livro 5	48
D - Livro 9	50
E - Livro 10	51
5.4 - Presença da Analogia em Exercícios	52
5.5 – Crítica à Analogia da água corrente X corrente elétrica	52
5.6 – Quadro Geral da Presença da Analogia da Corrente Elétrica nos Livros Pesquisados	54
CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
REFERÊNCIAS	58
BIBLIOGRAFIA ANALISADA	62
ANEXOS	63

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

Muito se tem discutido sobre as mudanças nas práticas de ensino e aprendizagem na atualidade. Sabe-se que há um vácuo entre aquilo que o professor tenta transmitir ao aluno em sala de aula e o que este aluno efetivamente apreende. Assim, estão sendo aplicados métodos dinâmicos e inovadores de estudo, projetos de trabalho escolar, de integração entre a escola e a comunidade, além de várias outras experimentações, primando sempre pela melhoria da qualidade do ensino-aprendizagem.

Nesse sentido, o emprego sistemático e metodológico de analogias no ensino pode ser ferramenta importante e útil para promover a assimilação do novo conteúdo, uma vez que são largamente usadas em nosso cotidiano para explicar diversas situações desconhecidas, baseados em eventos similares aos quais já estamos familiarizados.

Analogias, mais do que figuras de linguagem, apresentam caráter cognitivo, sendo estudadas como constituintes do pensamento humano fortemente presentes em quase todas as atividades, inclusive docentes. Dessa forma, podem ser amplamente encontradas em livros didáticos.

Assim, pergunta-se: como as analogias que tenham como alvo a corrente elétrica aparecem nos livros didáticos de Física distribuídos pelo PNLEM 2012/2014?

Este trabalho tem por objetivo geral contribuir para o ensino de Física, por meio da análise de analogias em livros didáticos.

O objetivo específico é verificar o emprego de analogias que tenham como alvo a corrente elétrica, quer explicada independente, quer explicada associada ao circuito elétrico, em coleções dos livros didáticos de Física para o Ensino Médio, aprovados pelo PNLEM 2012/2014 e apresentados aos professores das escolas

públicas estaduais do estado de Minas Gerais para escolha e uso no período referenciado.

Esse trabalho é realizado em duas etapas:

A primeira etapa consta de pesquisa bibliográfica com o intuito de elaborar o construto teórico no qual essa investigação se fundamenta.

A segunda etapa é constituída pela pesquisa empírica, constando da análise de dez coleções aprovadas, sendo analisados o terceiro volume de nove destas coleções e o primeiro volume de uma das coleções de livros didáticos, onde procurou-se identificar e analisar as analogias da corrente elétrica.

Orientam esse trabalho as questões de pesquisa a seguir:

- 1- O que são analogias como recurso cognitivo?
- 2- Quais aspectos envolvem o uso de analogias no ensino de ciências?
- 3- Quais são as características das analogias da corrente elétrica?
- 4- Como se estruturam os livros didáticos de Física brasileiros?
- 5- Como as analogias da corrente elétrica aparecem e são tratadas nos livros didáticos de Física?

O trabalho está organizado em seis capítulos.

Neste primeiro capítulo – *Introdução* – apresenta-se uma breve descrição da pesquisa.

No capítulo 2 – *Analogias no ensino de Ciências* – traça-se um panorama do uso das analogias no ensino de ciências, em especial da Física, apresentando ainda as analogias da corrente elétrica escolhidas como objeto de investigação nos livros didáticos apresentados.

Dessa forma, as questões de pesquisa 1, 2 e 3 são contempladas nesse capítulo.

No capítulo 3 – *O livro didático de Física* – aborda-se as características do livro didático de Física brasileiro, enfatizando o PNLD e o PNLEM 2012/2014.

A questão de pesquisa número 4 é contemplada nesse capítulo.

No capítulo 4 – *Metodologia de Pesquisa* – apresenta-se a metodologia utilizada nessa pesquisa.

No capítulo 5 – *Resultados, análises e discussões* – são apresentados os resultados encontrados nos livros didáticos pesquisados, as análises feitas pelo pesquisador e as discussões realizadas de acordo com os objetivos e com a revisão bibliográfica realizada.

Dessa forma, a questão de pesquisa número 5 é contemplada nesse capítulo.

Finalmente no capítulo 6 – *Considerações Finais* – retoma-se os objetivos e as questões iniciais da pesquisa, relacionando-os aos resultados obtidos, além de propõe-se ações e sugere-se novas pesquisas a partir desse estudo.

O interesse no estudo das analogias como recursos no processo de ensino e aprendizagem foi despertado no pesquisador, professor desde 2004, quando em 2009 licenciou-se em Física e foi orientado durante o estágio de formação pelo Professor Doutor Ronaldo Luiz Nagem. O pesquisador é graduado em Engenharia Industrial Mecânica (1996), licenciado em Física (2009) e mestrando em Educação Tecnológica, todos pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET MG. Atua como professor de Física do ensino médio numa escola estadual na cidade de Belo Horizonte, MG.

CAPÍTULO 2 - ANALOGIAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

2.1 - Conceitos

As analogias são utilizadas cotidianamente; em alguns casos nem mesmo se dá conta de sua utilização. Constata-se, com a leitura de estudos da área, que não há uma definição consensual entre os teóricos a respeito do conceito de analogias. Destaca-se a seguir algumas conceituações.

Glynn (1991) define analogias como um processo que objetiva identificar semelhanças entre assuntos diferentes, em que um destes assuntos já deve ser conhecido, familiar ao ouvinte, e o outro desconhecido, que se pretende entender. Duit (1991) classifica as analogias como comparações de forma explícita das similaridades entre dois domínios. O mesmo conceito é defendido por Treagust *et al* (1992).

Segundo Nagem (1997) a analogia refere-se a comparações de estrutura ou relações entre dois domínios. Ainda de acordo com Nagem (1997, p. 15) “as analogias expressam comparações e salientam similaridades com os objetos comparados, indicando claramente os termos comparados”. Para ele, estes domínios são definidos como veículo e alvo. O veículo refere-se ao conceito que é conhecido, análogo, e o alvo é o conceito que é desconhecido, exatamente aquele conceito que se objetiva ser aprendido.

O conceito que será utilizado nesse trabalho, tomando como base os conceitos anteriormente apresentados, é de que a analogia é uma comparação de fenômenos que visa estabelecer as semelhanças entre apresentações diferentes, mas com características similares, com objetivo de ressaltar estas similaridades, buscando através do conhecido (veículo) entender o desconhecido (alvo).

2.2 - Tipos de analogias

Ressalta-se que existem quatro diferentes tipos de analogias a serem consideradas. Nagem (1997) aponta que existe a analogia estrutural, que faz a comparação entre estruturas com possibilidades de semelhanças, a analogia funcional que compara as funções das estruturas análogas; a analogia antrópica que relaciona características de animais com fenômenos ou objetos; e a analogia congelada, que ocorre quando os termos definem o fenômeno, ou seja, são considerados sinônimos.

2.3 - Analogias Como Recursos Cognitivos

Segundo Curtis e Reigeluth, (1984) *apud* Duarte (2005) as analogias têm sido utilizadas, muito provavelmente, desde os tempos que o homem desenvolveu a linguagem para comunicação. Duarte (2005) lembra que

as primeiras teorias sobre a analogia e a metáfora surgiram na Grécia clássica e são atribuídas a Aristóteles (séc. IV a.C.), para quem a metáfora era "a marca dos gênios". (Duarte, 2005)

No entanto, as analogias foram, por muito tempo, consideradas próprias da literatura e da poética, devendo ser empregadas para tornar o texto belo. Porém, Duarte (2005) aponta que esse não é o único papel das analogias, que podem ser encontrados em diversas linguagens, inclusive na linguagem científica:

(...) poetas, teólogos ou filósofos reservam [para a analogia] uma intenção estética, procurando provocar a surpresa, na medida em que pode ser considerado um recurso estilístico que reflete um modo original, diferente de ver e falar do mundo; para os cientistas, ela é interpretada como um guia das investigações empíricas, sendo posteriormente eliminada após ter exaurido o seu papel (Duarte, 2005).

Dessa forma, a visão de que analogias não apresentam potencial cognitivo vem sofrendo modificações nas últimas décadas conforme aponta Marcelos (2006):

Consideradas inicialmente meros ornamentos lingüísticos próprios da linguagem literária e poética, as analogias e metáforas vêm ganhando status cognitivo nas últimas décadas. Vários autores se referem a elas como facilitadoras da aprendizagem, uma vez que estabelecem relações entre o conhecimento já existente – o veículo – com o novo conhecimento – o alvo –, possibilitando um melhor entendimento e assimilação do novo. Nesse

aspecto, as analogias e metáforas podem significar uma expansão das perspectivas cognitivas, facilitando os procedimentos heurísticos (Marcelos, 2006, p. 26).

Uma vez alçadas ao patamar de recursos cognitivos, o uso das analogias no Ensino tem sido foco de diversos pesquisadores, quer seja em aulas ministradas ou em materiais didáticos utilizados (Duit, 1991; Harrison & Treagust, 1993; Dagher, 1995; Glynn & Takahashi, 1998; Terrazzan *et al.*, 2005).

Analogias têm grande aplicação no ensino das Ciências, principalmente quando se torna necessária abstração para compreensão de determinado conceito. Fazer uso de uma analogia no ensino de ciências é partir de um conceito conhecido para explicar algo similar que ainda é desconhecido. Embora se saiba que a compreensão de uma analogia pode variar muito de acordo com conceitos prévios, grau de instrução, capacidade de abstração e várias outras características de cada estudante, julga-se necessário estabelecer uma concepção padrão para o ensino com analogias.

Quanto à ocorrência de analogias no pensamento humano, Glynn (1989) afirma que o relacionamento de conceitos por meio de analogias ocorre constante e naturalmente. Em relação ao desenvolvimento de uma analogia, este mesmo autor aponta uma possível consequência de, tanto autores de livros quanto professores, nem sempre estarem aptos a criar, desenvolver ou aplicar uma analogia: “o desenvolvimento das analogias ainda é subjetivo, por ser mais uma arte que uma ciência” (Glynn, 1989, p. 193).

Várias vantagens referentes ao emprego das analogias no processo de ensino e aprendizagem são descritas por Nagem (1997):

- constituem um recurso didático;
- possibilitam a verificação (imediata) da aprendizagem;
- possibilitam o uso de termos mais simples e familiares aos alunos;
- estimulam elaboração de hipóteses e solução de problemas;
- promovem mudança conceitual dos alunos;
- tornam as aulas mais variadas e motivadoras.

Algumas desvantagens também são apontadas pelo autor. Segundo Nagem (1997), as analogias podem apresentar riscos ao correto aprendizado e devem ser usadas com cautela, pois:

- pode ocorrer diferença no entendimento entre o que se deseja transmitir e o que é efetivamente recebido pelo aluno;
- não sendo o aluno quem pensa a analogia, sua aceitabilidade fica questionada;
- pode acontecer fixação de conceitos errôneos;
- a seleção de um domínio irrelevante pode ser feita em detrimento do domínio principal;
- analogias similares podem ocasionar um raciocínio equivocado.

Apesar de o autor não ter feito essa consideração, provavelmente as desvantagens apontadas estão relacionadas ao uso não sistemático e metodológico das analogias no ensino. Dessa forma, é necessário utilizar uma metodologia de ensino específica para o emprego desses recursos. Duarte (2005) destaca a existência de várias delas, apontando que elas se encaixam em três tipos de estratégias: “*modelos centrados no aluno, modelos centrados no professor e modelos centrados em ambos*”.

Quanto aos “modelos centrados no aluno”, a autora descreve o estudo do “Modelo de Analogias Produzidas pelos Alunos”, proposto por Wong (1993a¹,b²) *apud* Duarte (2005). Nele, os alunos, ao contrário de se portarem como simples “receptores de analogias” ensinadas pelo professor, “devem ser estimulados a criar, a aplicar, a avaliar e/ou a alterar a analogia produzida”, tendo assim efetiva participação na modelagem da analogia ou mesmo na concepção desta ferramenta de ensino. As etapas do modelo são assim descritas:

(1) explicação do fenômeno em estudo; (2) concepção de analogias que permitam compreender o fenômeno; (3) aplicação da analogia ao fenômeno, apontando as semelhanças e diferenças; (4) avaliação da adequação das analogias propostas. (Duarte, 2005)

A própria autora indica as desvantagens deste modelo centrado no aluno e as implicações que ele pode trazer para o aprendizado adequado. A importância de um conhecimento e domínio desta ferramenta por parte do professor torna-se

¹ WONG, E. (1993a). Self-Generated Analogies as a Tool for Constructing and Evaluating Explanations of Scientific Phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (4), 367-380.

² WONG, E. (1993b). Understanding the Generative Capacity of Analogies as a Tool for Explanation. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (10), 1259-1272.

imprescindível, pois o acompanhamento desta modelagem ou concepção por parte do aluno deverá ser monitorado e avaliado.

Quanto aos “modelos centrados no professor”, Duarte (2005) cita vários estudos: “Glynn, 1991³; Harrison & Treagust, 1993⁴; Treagust *et al*, 1996⁵; Newton, 2000⁶ e Nagem *et al*, 2001⁷” entre outros. Destaca o “Modelo de Ensino com Analogias (‘Teaching-with-Analogies’) ou TWA, desenvolvido por Glynn (1991)”, e descreve as seis etapas consideradas:

(1) introduzir o conceito alvo; (2) propôr uma experiência ou ideia como análoga da anterior; (3) identificar os aspectos semelhantes entre o conceito alvo e o análogo (fonte); (4) relacionar as semelhanças entre os dois domínios; (5) esboçar as conclusões sobre o alvo; (6) indicar onde falha a analogia. (Duarte, 2005)

A autora ressalta que “embora este modelo seja uma referência” para outros estudos, também apresenta limitações importantes. Aponta que “Harrison & Treagust (1993), bem como Treagust *et al* (1996), recorrem a uma versão modificada do Modelo de Ensino com Analogias” e mostra a necessidade de “assegurar que o aluno reconheça as semelhanças [da analogia] que o professor tem em mente”, inferindo a necessidade de busca por modelos mais aprimorados. Neste sentido apresenta mais dois modelos nos quais aponta a possibilidade de minimizar algumas implicações apresentadas no modelo anterior: O Modelo das Analogias Múltiplas, apresentado por Spiro *et al* (1989) e o Modelo das Analogias de Aproximação proposto por Brown & Clement (1989).

A autora destaca que “existem outros modelos que apresentam pontos comuns com os anteriores”, centrados no aluno, e traça um panorama, associando três fases importantes comuns a todos estes: “uma fase de planejamento, uma [fase] de implementação e uma fase de avaliação”.

³ GLYNN, S. (1991). Explaining Science Concepts: A Teaching-with-Analogies Model. Em Glynn, S.M., Yeany, R.H. & Britton, B.K. (Eds.). *The Psychology of Learning Science*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associate, 219-240.

⁴ HARRISON, A. & TREAGUST, D. (1993). Teaching with Analogies: A Case Study in Grade-10 Optics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (10), 1291-1307.

⁵ TREAGUST, D., HARRISON, A. & VENVILLE, G. (1996). Using an Analogical Teaching Approach to Engender Conceptual Change. *International Journal of Science Education*, 18 (2), 213-229.

⁶ NEWTON, D. (2000). *Supporting Understanding with Analogies. Teaching for understanding: what it is and how to do it*. London: RoutledgeFalmer, 71-85

⁷ NAGEM, R. L.; CARVALHAES, D.; DIAS, J. (2001) A. Uma proposta de Metodologia de Ensino com Analogias. *Revista Portuguesa de Educação*. 14 (1), 197-213, 2001.

Neste íterim, destaca-se o estudo de Nagem, Carvalhares & Dias (2001), que implementa a proposta da – Metodologia de Ensino Com Analogias – MECA – e, conforme Marcelos (2006) sugerem a seguinte formatação:

a – Definição da área específica de conhecimento a ser trabalhada. Ex: Física.

b – Assunto ou conteúdo a ser abordado. Ex: Eletricidade.

c – Público ou pessoas às quais se deseja atingir com a analogia e o perfil das mesmas. Ex: alunos de 3º ano de Ensino Médio.

d – Veículo ou conteúdo conhecido que proporciona a compreensão do objeto em estudo. Ex: fluxo hidráulico.

e – Alvo ou conteúdo a ser aprendido. Ex: fluxo elétrico.

f – Descrição da analogia que primeiro apresenta o veículo para posteriormente apresentar o alvo. O objetivo é disponibilizar a analogia para o aluno em determinada fase do seu estudo, servindo de motivação para este.

g – Semelhanças e diferenças, proporcionando através de levantamento das semelhanças e diferenças entre veículo e alvo explicitar de forma clara e objetiva no veículo, as semelhanças relevantes para a compreensão do alvo. É preciso que as semelhanças sejam em maior número que as diferenças e ainda que não seja dada ênfase às diferenças, para não fugir do objetivo da analogia.

h – Reflexões ou análise conjunta entre professor e alunos sobre a validade da analogia, suas limitações, possíveis falhas, bem como a adequação ao conteúdo proposto. Tal procedimento visa favorecer a atitude crítica e reflexiva.

i – Avaliação, onde o aluno deve ser incentivado a elaborar sua própria analogia, propondo um veículo familiar à sua experiência, fazendo o levantamento de semelhanças e identificando as diferenças. Esta etapa está sujeita ao surgimento de dificuldades de nível temporal e a interferência do professor mostra-se importante no sentido de realização de tarefas extras, proporcionando um tempo adequado para que o aluno reflita e apresente suas próprias proposições para as questões.

Quanto aos “modelos centrados em ambos”, aluno e professor, Duarte (2005) destaca o “Modelo de Ensino Assistido por Analogias, proposto por Cachapuz (1989)”, que pondera entre as duas estratégias anteriores. Este Modelo separa a estratégia centrada no aluno (ECA), quando a analogia é estruturada pelos alunos,

ainda que com deficiências, e a estratégia centrada no professor (ECP), na situação de ser o professor quem apresenta a analogia. As etapas são quatro:

(1) apresentação da situação problema/conceito pertencendo ao domínio em estudo; (2) introdução do(s) conceito(s) que pertence(m) ao domínio familiar (subdomínio analógico); (3) exploração interativa da correspondência estabelecida; (4) estabelecimento dos limites da analogia. (Duarte, 2005).

Duarte (2005) conclui que existem hoje inúmeros “modelos de ensino com recurso a analogias”, possibilitando ao professor a utilização das “analogias de uma forma mais sistematizada e reflexiva”. Ressalta conclusivamente que “todos os modelos têm potencialidades e limitações” sugerindo que o uso de “vários modelos [possibilitaria] uma resposta mais satisfatória” tanto para os professores quanto para os alunos.

O modelo TWA se destaca por ser o mais conhecido e citado em trabalhos acadêmicos. No entanto, Marcelos e Nagem (2010) apontam vantagens do modelo MECA sobre o TWA, conforme citação a seguir:

Embora reconheçamos a validade de todos os modelos destacamos dois deles: TWA (Glynn, 1991), o mais conhecido e difundido de todos, e a MECA (Nagem, Carvalhaes e Dias, 2001) que, de acordo com Marcelos e Nagem (2010) apresenta vantagens em relação ao modelo TWA.

1. MECA introduz o *veículo* e, em seguida, expõe o *alvo*, enquanto TWA faz o contrário. Nós acreditamos que o procedimento MECA pode ser mais inspirador no processo de ensino-aprendizagem, uma vez que procura fazer a analogia disponível para o aluno em qualquer etapa de seus estudos, funcionando também como um elemento motivador.

No procedimento MECA, as perspectivas dos estudantes são abertas para desenvolver suposições sobre a natureza do alvo, levando-os a citar possíveis relações analógicas que o educador não considerou e que muitas vezes extrapolam o conteúdo a ser ensinado, possibilitando que estes relacionamentos sejam analisados e posteriormente utilizados no trabalho em novos conteúdos.

2. Em segundo lugar, A MECA introduz o *alvo*, ao passo que o veículo TWA introduz o *veículo*, embora o autor utiliza o termo *analog*.

Apresentando o *alvo* depois, como propõe a MECA, desperta a curiosidade dos alunos sobre a sua natureza, incentivando a participação.

3. O terceiro passo do método envolve TWA listando as características do *veículo* e do *alvo* (analog) de modo a compará-los no quarto passo.

Enquanto isso, a MECA propõe que as características de *veículo* e *alvo* sejam listadas e comparadas, verificando onde elas são semelhantes e diferentes. Considerando-se que o uso de analogias é um processo de construção e reconstrução do conhecimento, estabelecendo semelhanças e diferenças entre o *veículo* e o *alvo*, ao mesmo tempo em que as características listadas encorajam a reflexão e permitem que o raciocínio analógico se desenvolva.

4. Depois de comparar o *alvo* e *veículo (analog)*, o próximo passo da TWA é identificar os limites da validade do análogo utilizado.

MECA propõe que o professor e os alunos listem limites e validades da analogia comparando-as simultaneamente, verificando onde poderia vir a falhar a analogia, assim como quão apropriado é o conteúdo proposto. Este procedimento visa incentivar uma atitude crítica e reflexiva do aluno, auxiliando o aluno a não permanecer fixado no veículo, considerando-o como se fosse o alvo.

5. Finalmente, o modelo TWA propõe que uma síntese conclusiva do *alvo* em questão seja feita (Marcelos e Nagem, 2010)⁸

Dessa forma, afirma-se nossa opção pelo modelo MECA.

2.4 - Analogias em Livros Didáticos

Conforme constatado em vários estudos, o livro didático mostra-se principal fonte de consulta nas escolas públicas brasileiras e em boa parte das escolas privadas. O assunto encontra-se detalhado no terceiro capítulo.

Os livros didáticos do ensino médio apresentam grande quantidade de analogias. Pesquisas diversas buscam analisar a forma de apresentação destas analogias nestes livros e, todos os trabalhos estudados, apontam para a importância das analogias no ensino-aprendizagem.

Destaca-se, contudo, a necessidade de adequação da forma de apresentação das analogias nos livros didáticos. Terrazzan *et al* (2005, p. 1) afirmam que “não há nenhum modo direto para que sejam recebidas informações de retro-alimentação”, ou seja, não existe uma preocupação em analisar como os alunos estão apreendendo, e se o estão. A falta deste retorno do modo como está sendo compreendida a analogia aumenta a possibilidade de ocorrência de equívocos na análise, interpretação e correta compreensão destas analogias.

Em seu estudo, Junges (2010) aponta que:

mesmo sendo elaboradas com a intenção de facilitar a aprendizagem, as analogias encontradas nos livros muitas vezes se apresentam de forma superficial, com falta de clareza na comparação dos domínios e a falta de revisão do conceito análogo. (Junges, 2010, p. 7)

⁸ Tradução nossa

A autora conclui ainda que “muitas das carências das analogias encontradas no livro texto podem ser minimizadas pela intervenção do professor”, apresentando assim uma forma de obter o retorno ao qual se refere Terrazzan *et al* (2005).

Neste sentido, destaca-se a necessidade de conhecimento, por parte do professor que faz uso do livro didático em suas aulas, dos processos de apreensão de conceitos análogos, e mesmo de suas vantagens e desvantagens.

2.5 - Analogias na Física

As Ciências estão repletas de estudos, descobertas e refutações de teorias pautadas em analogias. A Física também se utiliza largamente das analogias. Basta uma rápida análise da História para deparar-se com as mais diversas situações onde nossos antepassados, ocupados em comprovar ou refutar as teorias criadas por seus precursores, usavam largamente as analogias para estes fins.

Duarte (2005) cita Stocklmayer & Treagust (1994) quando afirmam que:

a inclusão de analogias nos livros de texto, nomeadamente na área da Física, remonta ao século XIX. A influência de físicos como Lord Kelvin, sobre textos contemporâneos, e Maxwell, através do modelo do 'circuito hidráulico' para explicar o 'circuito elétrico', levou a que esta analogia se mantenha há mais de cem anos em livros de texto, apesar da sua comprovada inadequação (Stocklmayer & Treagust, 1994 apud Duarte, 2005).

Apesar dos autores acima terem considerado inadequada a analogia do circuito hidráulico para explicar o circuito elétrico, o emprego de uma metodologia de ensino adequada, como a MECA, traz discussões ricas e pertinentes sobre a relação veículo e alvo, o que pode tornar essa analogia citada um meio de aprendizado.

Outro exemplo clássico deste uso foi a medição da altura da pirâmide egípcia de Quéops, construída por volta de 2500 a.C. Tales, um comerciante da cidade grega de Mileto, por volta do ano 600 a.C., foi desafiado a medir a altura desta pirâmide e partindo do princípio da existência de uma razão entre a altura de qualquer objeto e o comprimento da sombra do mesmo objeto (semelhança entre triângulos), foi capaz de encontrar uma resposta usando um bastão de altura conhecida com a medida de sua sombra e a medida da sombra da pirâmide num mesmo instante.

2.6 - Analogias no Ensino de Física

No aprendizado da disciplina Física, as analogias têm cada vez maior aplicação de forma sistematizada e controlada. Godoy (2002) expõe diferentes funções das analogias; admite a possibilidade de uma analogia ajudar numa nova formação conceitual científica, devido ao fato de relacionar os novos conceitos com outros já existentes e utilizados em problemas já conhecidos.

As analogias permitem uma massificação, uma vez utilizadas pelos meios de comunicação, no intuito de possibilitar ao grande público o entendimento de fenômenos científicos e contatos com as práticas científicas. Também tem função de estruturar um conceito já conhecido (domínio) para servir de base na formação do novo conceito, ainda desconhecido (alvo). Favorecem a resolução de problemas fundamentados em modelos análogos e de solução já conhecida.

Segundo Godoy (2002) *apud* Junges (2010) o filósofo Feyerabend faz uso da “analogia de que crianças aprendem ciência da mesma forma com que o conhecimento científico foi construído”, fazendo assim a validação de conceitos pautada em outros conceitos conhecidos.

2.7 - A Analogia da Corrente Elétrica

Trata-se aqui de uma analogia clássica, usada para auxiliar o ensino do tópico eletricidade da disciplina Física, encontrada, tradicionalmente, no terceiro volume ou ao final do conteúdo de livros de volume único, visto que o curso tradicional de Física costuma deixar para o último ano o conteúdo de que trata este tópico.

Conforme afirma Pacca *et al* (2001) não se costuma gastar muito tempo na explicação do “conceito de corrente elétrica [...] em sala de aula”. As autoras ainda complementam que este conceito é “apresentado e, a seguir, associado com circuitos e aplicação da lei de Ohm”.

Encontra-se nos livros didáticos (LD) de Física várias analogias associadas à corrente elétrica. Junges (2010) expõe algumas destas analogias em seu trabalho, no qual analisou uso de analogias em 14 livros didáticos de Física. A autora relata ter

encontrado em um mesmo LD analogias entre a “intensidade da corrente elétrica e pessoas saindo de um estádio de futebol” e também entre a “corrente elétrica contínua e a queda d’água numa cachoeira”. Noutros dois LD encontrou analogias entre a “corrente elétrica e as moléculas num gás” e entre “corrente elétrica em um circuito e a água escoando através de um tubo”.

Cabe ressaltar que tratar-se-á aqui da analogia para explicação da corrente elétrica num condutor metálico, mas levam-se em consideração as analogias sobre circuitos elétricos, gerador elétrico, potência elétrica e efeito joule, uma vez que se relacionam ao tema abordado e também podem contribuir no entendimento deste.

Junges (2010) lembra ainda que “analogias tendem a ser mais bem sucedidas quando realizadas entre domínios distantes, ou seja, não relacionados” e cita “a analogia entre o fluxo orientado de pessoas no corredor de um *shopping center* com a corrente elétrica no interior de um condutor metálico” como exemplo de analogia entre domínios distantes.

CAPÍTULO 3 – O LIVRO DIDÁTICO DE FÍSICA

O livro didático tem se tornado ferramenta indispensável no processo de ensino e aprendizagem. Domingui (2010) informa o papel dos livros didáticos de acordo com o MEC:

Segundo o MEC (BRASIL, 2008, p. 5)⁹, o livro didático tem função, além de pedagógica, social, ao contribuir para a qualidade da educação brasileira e promover, assim, a inclusão social dos alunos que, devido a motivos econômico-financeiros, não têm acesso ao material (Domingui, 2010, p.8).

Em Zambon *et al* (2009), pode-se entender que diversas são as ocasiões em que os LD são usados: na organização das aulas, no planejamento dos conteúdos a serem lecionados e ainda como, muitas vezes, o único material de apoio em sala de aula (p. 03). Portanto, é comum associar grande importância à utilização dos livros didáticos, principalmente no ensino de ciências, o que torna relevante os estudos sobre características e qualidades destes livros.

Neste íterim, ressalta-se estudo da autora que apresenta bem este panorama representativo da importância dos LDs nas realidades escolares quando escreve que:

o livro didático está presente em grande parte das aulas das diferentes disciplinas em nossas escolas, em especial no ensino de ciências. O professor utiliza o Livro Didático, geralmente, como único material de apoio em sala de aula e também recorre a ele para preparar seus próprios planejamentos. Dessa forma, devido à importância comumente associada à utilização dos livros didáticos no ensino de ciências, [considera] importante realizar análises sobre a qualidade dos mesmos, o que inclui a análise de como são utilizadas as analogias nestes materiais didáticos, como forma de auxiliar o trabalho do professor que os utiliza (Zambon et al, 2009, p.03, Grifo nosso).

⁹ BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica, Fundo Nacional do Desenvolvimento da Educação. Física: catálogo do Programa Nacional do Livro do Ensino Médio – PNLEM 2009. Brasília: MEC, 2008.

3.1 - Breve Histórico do Livro Didático

Conforme afirma Santos (2006) “qualquer livro sempre traz uma mensagem, um conjunto de informações” referenciadas em certo contexto e imbuídos de “uma ideologia subjacente”. Assim também ocorre com o Livro Didático. A autora cita autores como Fleury (1961)¹⁰, Pfromm Neto, Dib e Rosamilha (1974)¹¹, Franco (1982)¹², Freitag, Costa e Mota (1997)¹³, que corroboram a ideia de que várias características do LD estão diretamente relacionadas ao período histórico em que este foi criado e a uma “vertente metodológica da época”, buscando satisfazer os “objetivos da educação propostos pelas entidades oficiais de ensino” (p. 50).

Sabe-se que devido a necessidade humana de construção de conhecimentos, dispõe-se hoje de inúmeros livros planejados para fins didáticos. Junges (2010) afirma que nos livros investigados em seu trabalho e utilizados no ensino-aprendizagem da disciplina Física, encontra-se amplo emprego de analogias, normalmente de forma adequada, objetivando realizar a transferência de conceitos do domínio já conhecido a outro domínio ainda desconhecido (p. 21).

Remontar, durante o período escolar todo o conhecimento construído ao longo de séculos, principalmente as inovações e os avanços tecnológicos ocorridos no século passado, mesmo que em anos de estudo, seria tarefa muito difícil, senão impossível. Um ensino completamente voltado para a prática mostra-se altamente dificultoso e fora dos padrões e tempos estabelecidos pela escola, tornando assim o LD um “recurso didático que sintetiza a produção científica, transpondo e adequando-a aos alunos, de acordo com valores psicopedagógicos” (Santos, 2006). A autora refere-se ainda as vantagens e facilidades possibilitadas pela adoção de LD, quando lembra que estes:

permitem que a criança, muito mais cedo que seus antepassados, participe do legado cultural da humanidade, assimile certos conceitos fundamentais nos diversos campos de conhecimento e de ação e se prepare melhor para

¹⁰ Fleury, R. S. Livro didático. Revista Brasileira de estudos Pedagógicos, Brasília, v. 35, n. 82, abr/jun. 1961.

¹¹ Pfromm Neto, S; Dib, C; Rosamilha, N;. Livro na Educação. Rio de Janeiro: Primor, 1974. 256 p.

¹² Franco, M. L. B. O livro didático de História no Brasil : a versão fabricada. São Paulo : Global, 1982. 105 p.

¹³ Freitag, B.; Costa, W. F.; Mota, V. R. O livro didático em questão. 3. ed. São Paulo: Cortez, 1997. 159p.

futuros estudos (Pfromm Neto, Dib e Rosamilha,1974, apud Santos, 2006 p.50).

Há necessidade de se observar três diferentes fatores que influenciam a construção dos LD, conforme indica Santos (2006).

O primeiro é o fator pedagógico: os LD possibilitam o acesso a materiais de difícil pesquisa, além de ilustrações, gráficos e figuras representativas, sendo muitas vezes a principal fonte de consulta de alunos e também de professores. Cabe ao LD papel de fixação da aprendizagem através de exercícios e aplicações práticas de teorias vistas e também o papel de aprendizado cultural e social.

O segundo é o fator ideológico. Já em 1937, Azevedo¹⁴ alertava para o domínio ideológico implícito no LD, segundo Santos (2006).

O livro texto é o centro, em torno do qual gravitam todas as atividades escolares que se sucedem, na ordem de distribuição da matéria e segundo nas sugestões metodológicas. O livro texto é um instrumento de trabalho, na atividade total da escola... o **centro de gravidade** da nova educação (Azevedo apud Santos, p. 53, 2006. Grifo nosso).

A estrutura das sociedades, sempre pautadas nas ações do Estado e de suas ideologias, faz com que, no regime capitalista, a instrução/informação se fundamente na “manutenção das relações de poder entre dominantes e dominados” (p. 52), e neste caso “o livro didático é introduzido nas escolas com a função precípua de veicular a ideologia dominante” (Nosella¹⁵, 1981 *apud* Santos, 2006).

O terceiro é o fator econômico: o livro didático, hoje ampla e gratuitamente distribuído para os alunos da rede pública de ensino, mostra-se excelente negócio para algumas editoras, conforme alerta Höfling, 2000¹⁶ *apud* Santos, 2006.

As Ciências, de forma geral, e a Física, de forma específica, neste trabalho têm a função de ampliar os horizontes do conhecimento humano. Qualquer tentativa de dominação é considerada maléfica neste processo e, por isto, procura-se evidenciar os fatos. Para melhor caracterização deste fator econômico ver-se-á, na sequencia, o histórico da criação do PNLD.

¹⁴ AZEVEDO, F. A educação e seus problemas. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1937. 359p.

¹⁵ NOSELLA, M. L. C. D. As belas mentiras: a ideologia subjacente aos textos didáticos. São Paulo: Moraes, 1981. 137 p.

¹⁶ HÖFLING, H. M. Notas para a discussão quanto à implementação de programas de governo: em foco o Programa Nacional do Livro Didático. Educação e Sociedade. Campinas, ano XXI, n. 70, p. 159-171, abril, 2000.

3.2 - Programas Nacionais do Livro Didático nos Ensinos Fundamental e Médio – PNLD e PNLEM

3.2.1 - O PNLD

Trata-se de um dos mais antigos programas com vistas à distribuição de obras didáticas aos alunos da rede pública de ensino no Brasil.

Conforme nos descreve o Histórico do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, em 1929, o Estado cria o Instituto Nacional do Livro (INL), com objetivo de legislar sobre políticas do LD, bem como ampliar sua produção e dar maior legitimidade ao LD nacional. Em 1938, com o Decreto-Lei nº 1.006, de 30/12/38, institui-se a Comissão Nacional do Livro Didático (CNLD), que objetivava controlar a produção e circulação deste material no País, e se tornou consolidada em 1945 pelo Decreto-Lei nº 8.460 de 26/12/45. Ressalta-se que o art. 5º deste Decreto transferiu ao professor a responsabilidade pela escolha do livro a ser utilizado pelos alunos.

Percebe-se que, já em 1938, o Estado havia se tornado participante na produção, na venda e na distribuição do LD. Em 1966 o Ministério da Educação (MEC) firma acordo com a Agência Norte-Americana para o Desenvolvimento Internacional (Usaid) criando a Comissão do Livro Técnico e Livro Didático (Colted), que objetiva coordenar ações referentes à produção, edição e distribuição do LD (BRASIL, 2009). O Histórico referenciado ainda ressalta que:

o acordo assegurou ao MEC recursos suficientes para a distribuição gratuita de 51 milhões de livros no período de três anos. Ao garantir o financiamento do governo a partir de verbas públicas, o programa adquiriu continuidade. (BRASIL, 2009).

Santos (2006) indica que “efetivamente, esta participação do Estado evidenciou-se com a criação da Fundação Nacional de Material Escolar (FENAME) em 1967” (p. 57). Em 1970, a Portaria nº 35, de 11/3/1970, do Ministério da Educação (MEC), implementa um sistema de edição compartilhada de livros com as editoras nacionais utilizando recursos do INL. Em 1971, o INL passa a desenvolver o Programa do Livro Didático para o Ensino Fundamental (Plidef); com o término do convênio MEC/Usaid, a contrapartida financeira das Unidades da Federação torna-

se necessária, sendo efetivada com a “implantação do sistema de contribuição financeira das unidades federadas para o Fundo do Livro Didático” (FNDE www.fnde.gov.br/programas/livro-didatico/livro-didatico-historico).

Em 1976 através do Decreto nº 77.107, de 4/2/76, a compra de boa parcela dos livros é assumida pelo governo. Em 1983 é criada a Fundação de Assistência ao Estudante (FAE), em substituição a FENAME. O então “grupo de trabalho encarregado do exame dos problemas relativos aos livros didáticos” possibilita a participação de professores na escolha dos livros do Plidef e a ampliação do programa.

Em 1985 o Decreto nº 91.542, de 19/8/85, transforma o Plidef no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) que, conforme descrito no histórico, traz diversas mudanças, como:

indicação do livro didático pelos professores; reutilização do livro, implicando a abolição do livro descartável e o aperfeiçoamento das especificações técnicas para sua produção, visando maior durabilidade e possibilitando a implantação de bancos de livros didáticos; extensão da oferta aos alunos de 1ª e 2ª série das escolas públicas e comunitárias; fim da participação financeira dos estados, passando o controle do processo decisório para a FAE e garantindo o critério de escolha do livro pelos professores. (BRASIL, 1985).

Neste percurso, implementaram-se ações procurando sempre ampliar o alcance do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) apesar de, em 1992, ter ocorrido recuo na abrangência do programa. Em 1996, com a publicação do ‘Guia de Livros Didáticos’ de 1ª a 4ª série, inicia-se o processo de avaliação pedagógica dos LD pelo PNLD. Ressalta-se que esta avaliação passou por aperfeiçoamentos e continua sendo aplicada atualmente. Em 1997, o FNDE assume a responsabilidade da política de execução do PNLD devido à extinção da FAE. Com a ampliação do programa, o Ministério da Educação passa a adquirir continuamente, livros didáticos diversos para todos os alunos de 1ª a 8ª série do ensino fundamental público. Já em 2000, o PNLD distribui dicionários da língua portuguesa e, “pela primeira vez na história do programa, os livros didáticos passam a ser entregues no ano anterior” (FNDE www.fnde.gov.br/programas/livro-didatico/livro-didatico-historico).

3.2.2 - O PNLEM

No ano de 2003, todos os estudantes do ensino fundamental foram contemplados com os dicionários; ocorre a distribuição de Atlas Geográfico para escolas com turmas da Educação de Jovens e Adultos (EJA) e turmas de 5ª a 8ª série do ensino regular. Neste mesmo ano é publicada a Resolução CD FNDE nº. 38, de 15/10/2003, que institui o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM), sendo, desde então, instituído progressivamente o atendimento às turmas de Ensino Médio.

No ano de 2008, para utilização em 2009, são incluídos os livros de Física e Geografia e ainda adquiridos e distribuídos livros de disciplinas já contempladas (Matemática, Português, Biologia, Química e História). Em 2009 foi publicada a resolução CD FNDE nº. 60, de 20/11/2009, estabelecendo que, para participação no PNLD a partir de 2010, as escolas das redes públicas e federais de ensino deveriam aderir ao programa para receberem os livros didáticos. A resolução 60 ainda adiciona, para o Ensino Médio, língua estrangeira (com livros de inglês e de espanhol), além de livros de sociologia e filosofia (em volume único e consumível).

No ano de 2010 o FNDE através do PNLEM investiu, somente no ensino médio, R\$184 milhões para a aquisição e distribuição de 17 milhões de livros, de um total de R\$893 milhões. Em 2011 o investimento, tanto no PNLD como no PNLEM foi menos expressivo, sendo investidos R\$ 140,6 milhões de reais, distribuindo 14,1 milhões de livros e atendendo cinco milhões de alunos. (BRASIL, FNDE)

3.2.3 - O PNLEM Atualmente

O Ministério da Educação (MEC), por meio do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) pautado no Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio (PNLEM) distribui livros didáticos para as escolas públicas de ensino médio. Conforme consta no edital que regulamenta o processo de avaliação e seleção de obras didáticas, para o triênio 2012/2014 as editoras deveriam enviar obras “obrigatoriamente organizadas por série e em coleção”. Entende-se por coleção nesse regulamento “o conjunto organizado em volumes ordenados em torno

de uma proposta pedagógica única e de uma progressão didática articulada com o componente curricular do ensino médio, inscrita sob um único e mesmo título” (BRASIL 2012, p.1), motivo pelo qual verifica-se que todos os livros deste triênio são encontrados em três volumes.

Conforme consta no Guia do Livro Didático 2012 “inicialmente, cada coleção inscrita neste programa foi analisada por dois avaliadores, de forma independente”. O Guia especifica ainda que os avaliadores são “docentes e pesquisadores, especialistas tanto da área de Física, como da área de ensino de Física”, tomando o cuidado de descaracterizar as obras para “garantia da lisura do processo”.

Após a aprovação de dez coleções, a escolha em cada escola se deu pela avaliação e consenso dos professores daquela escola, que apontavam três coleções, devidamente ordenadas como 1ª, 2ª e 3ª opções. A escolha final é feita de acordo com a disponibilidade e negociação com cada editora.

Cabe relevar observação feita por este Guia no sentido de garantir a qualidade do material analisado:

os professores atuantes nas escolas públicas de ensino médio de todo o país contam, hoje, com um conjunto quantitativamente significativo e, ao mesmo tempo, bastante diversificado em termos de abordagens e de orientações, de obras didáticas aprovadas com qualidade suficiente para o desenvolvimento da Física no ensino médio, mediante um bom e produtivo trabalho docente. (Guia PNLD 2012, p.10)

No ano de 2011, o PNLD previu, para o Ensino Médio, a distribuição integral de livros para utilização em 2012, 2013 e 2014, ou seja, contemplação de todos os alunos com base no último censo escolar disponível, incluindo obras de língua estrangeira, filosofia e sociologia.

3.2.4 - Os Programas Nacionais de Livros Didáticos e as Analogias

Visando a análise de livros para sua inserção no PNLEM, um dos critérios eliminatórios específicos estabelecidos pelo Guia do Livro Didático do PNLD 2012 para o componente curricular Física é a observação da utilização no material de:

analogias e metáforas de forma cuidadosa e adequada, garantindo a explicitação de suas semelhanças e diferenças em relação aos fenômenos/conceitos estudados, bem como de seus limites de validade (PNLD 2012, p.16).

Estudos investigativos sobre a utilização de analogias em materiais didáticos já são realizados há algum tempo (Curtis e Reigeluth, 1984; Terrazzan *et al*, 2005; Santos, 2006; Zambon *et al*, 2009; Junges, 2010), pois o livro didático mostra-se presente em grande número de aulas de diferentes disciplinas, principalmente quando se trata de ensino-aprendizagem nas ciências. (Zambon *et al*, 2009).

Estudos recentes analisam a presença e as características das analogias nos livros didáticos da disciplina Física (Zambon *et al*, 2009; Junges, 2010), ressaltando sempre a importância de uma categorização adequada para não provocar distorções de análise e entendimento desta ferramenta de ensino. De forma geral, sempre são ressaltadas características positivas do emprego de analogias buscando evidenciar sua importância no processo de ensino e aprendizagem das Ciências.

CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA DA PESQUISA

4.1 - Considerações iniciais

Esse trabalho se caracteriza por ser de cunho qualitativo que, de acordo com Alves-Mazzotti e Gewandsznajder (1999), busca dar aos sujeitos o entendimento profundo da realidade, possuindo ampla diversidade e flexibilidade, não admitindo regras categóricas.

O objetivo geral é contribuir para o ensino de Física, por meio da análise de analogia em livros didáticos. O objetivo específico é verificar o emprego das analogias da corrente elétrica nas coleções de livros didáticos de Física para o Ensino Médio, aprovados pelo PNLEM 2012/2014 e apresentados aos professores de escolas estaduais do estado de Minas Gerais para escolha e distribuição gratuita aos alunos no período referenciado.

A escolha das analogias para aprendizagem do conceito de corrente elétrica, objeto de pesquisa deste trabalho se deve ao fato deste conceito de corrente elétrica ter despertado interesse de aprofundamento de estudos ao longo da carreira do pesquisador, autor desse trabalho, uma vez que a mesma se apresenta de variadas formas e com destaque no ensino da Física.

O estudo foi norteado pelas seguintes questões de pesquisa:

- 1- O que são analogias como recurso cognitivo?
- 2- Quais aspectos envolvem o uso de analogias no ensino de ciências?
- 3- Quais são as características das analogias da corrente elétrica?
- 4- Como se estruturam os livros didáticos de física brasileiros?
- 5- Como as analogias da corrente elétrica aparecem e são tratadas nos livros didáticos de física?

O trabalho foi organizado em duas etapas:

- Etapa 1: pesquisa bibliográfica sobre Analogias no ensino de Ciências e sobre livros didáticos, em específico, livros de Física, abordando o PNLD e o PNLEM. Portanto, as questões de pesquisa 1, 2, 3 e 4 foram respondidas nos capítulos resultantes dessa etapa da pesquisa.

- Etapa 2: trabalho empírico

Realizou-se uma pesquisa nas dez coleções de livros aprovados pelo PNLEM, fornecidos às escolas públicas para o triênio 2012/2014, período em que todas as coleções foram disponibilizadas em 3 volumes, conforme exigido pelo edital. Tal pesquisa buscou verificar a presença de analogias que relacionassem corrente elétrica e circuito hidráulico, por isto, foram analisados somente os volumes contendo este tópico. As referências à analogia da corrente elétrica foram verificadas, selecionadas e relacionadas nos índices remissivos existentes, nos textos, nos elementos ilustrativos e nos exercícios dos capítulos que tratam desta temática.

Com o desenvolver da pesquisa, constatou-se uso de analogias diversas relacionadas ao tema “corrente elétrica”. Assim, em cada coleção foi feita uma análise de todo o capítulo que continha esse tópico, sendo, portanto ainda analisados os títulos: gerador elétrico, circuito elétrico, potência elétrica e efeito joule, quando, por qualquer motivo, estavam presentes fora deste capítulo, objetivando ampliar as possibilidades de aparecimento de analogias relacionadas.

Cabe ressaltar que, tradicionalmente, em nove dos dez livros o tema “eletricidade” é tratado nos volumes utilizados no terceiro ano, e em apenas um dos livros o tema é introduzido no primeiro volume da coleção, utilizado no primeiro ano. Este livro se apresenta com esta distribuição procurando adequar-se a proposta curricular apresentada no currículo básico comum (CBC) de Física, já em funcionamento nas escolas estaduais do Estado de Minas Gerais. Esta proposta curricular propõe a apresentação da corrente elétrica logo ao final do primeiro ano do ensino médio, em seu tópico 16 - Transformação de energia elétrica em mecânica, subtópico (objetivo) 16.1 - Aplicar o conceito de energia e suas propriedades para compreender situações envolvendo o aparecimento de força devido ao efeito magnético da corrente elétrica. Portanto, a questão de pesquisa 5 foi respondida nos capítulos resultantes dessa etapa da pesquisa.

4.2 - Coleções analisadas

Este trabalho analisou dez coleções aprovadas pelo PNLEM para o triênio 2012/2014 conforme ordenadas no quadro 1 a seguir.

QUADRO 1: Livros Didáticos de Física do PNLEM, Triênio 2011/2014 analisados no TCC “Analogias da corrente elétrica em livros didáticos de Física para o Ensino Médio” (2012)

TÍTULO	AUTOR(ES)	EDITORA	CÓDIGO
Compreendendo a Física	Alberto Gaspar	Ática	25041COL22
Curso de Física	Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga	Scipione	25046COL22
Conexões com a Física	Blaidi Sant'Anna, Gloria Martini, Hugo Carneiro Reis Walter Spinelli	Moderna	25050COL22
Física – Ciência e Tecnologia	Carlos Magno A. Torres Nicolau Gilberto Ferraro Paulo Antônio T. Soares	Moderna	25052COL22
Quanta Física	Carlos Aparecido Kantor Lilio Alonso P. Júnior Luis Carlos de Menezes Marcelo C. Bonetti Osvaldo Canato Júnior Viviane Moraes Alves	PD	25063COL22
Física	Gualter Helow Newton	Saraiva	25065COL22
Física Aula por Aula	Benigno Barreto Filho Cláudio Xavier da Silva	FTD	25067COL22
Física e Realidade	Aurélio Gonçalves Filho Carlos Toscano	Scipione	25068COL22
Física em Contextos – Pessoal – Social – Histórico	Alexander Pogibin Maurício Pietrocola Renata de Andrade Talita Raquel Romero	FTD	25069COL22
Física para o Ensino Médio	Fuke Kazuhito	Saraiva	25071COL22

Fonte: dados da pesquisa

Ao referenciá-los nos resultados, fez-se a opção, por uma questão de ética, por não identifica-los, uma vez que não é objetivo dessa pesquisa analisar e julgar a qualidade das obras. Assim, eles foram referenciados por números sem qualquer relação de ordem alfabética com ordem numérica. Portanto todos os dados estão lançados de forma genérica, impossibilitando, propositalmente, a identificação de qualquer livro.

4.3 - Análise dos livros

O procedimento de análise dos livros didáticos foi padronizado buscando melhor eficiência e maior precisão na coleta dos dados, visto que a analogia pesquisada pode se encontrar na forma textual, gráfica, ilustrada ou nos exercícios propostos pelos livros didáticos.

Buscou-se analisar primeiramente índices remissivos identificando o assunto “corrente elétrica” ou analogia, com objetivo de identificar qualquer referência a analogia da corrente elétrica fora do tópico específico.

Posteriormente buscou-se analisar os textos de cada coleção, iniciando a verificação pelo sumário e identificar em quais páginas era apresentado o tópico – corrente elétrica. Este tópico pode ser identificado no terceiro volume de nove das dez coleções e no primeiro volume de uma coleção. Com uma leitura minuciosa do tópico em cada livro foram identificadas as analogias presentes na forma textual.

No terceiro momento, analisou-se a presença de elementos ilustrativos, tais como gráficos, figuras ou ilustrações que pudessem fazer alguma referência à corrente elétrica e contivesse alguma citação da analogia.

Finalmente, no quarto momento, foram pesquisados todos os exercícios propostos ao final do tópico (fixação) e os exercícios propostos ao final do capítulo buscando sempre alguma referência analógica com a corrente elétrica.

Os resultados foram apresentados no capítulo 5 na ordem em que foram pesquisados nos livros didáticos, isto é: índice remissivo; texto; elementos ilustrativos; exercícios.

CAPÍTULO 5 – RESULTADOS, ANÁLISES E DISCUSSÕES

5.1 – Presença da Analogia nos Índices Remissivos

Foram pesquisados dez livros didáticos e apenas um continha o índice remissivo, deixando claro que este índice não é parte considerada importante pelos autores de livros didáticos. Certamente, também, não figura como item avaliado pelo PNLEM. Ressalta-se que no livro que possuía este índice não foi encontrada nenhuma referência à analogia da corrente elétrica.

5.2 – Presença da Analogia em Textos

Foram encontradas cinco analogias textuais sobre a corrente elétrica. Os livros que as continham foram os de número 1, 2, 4, 5 e 9.

Observou-se que os livros 1, 2 e 9 apresentaram esta analogia na forma textual acompanhada de elementos ilustrativos, encontrando-se no livro 1 (fig.1, 2 e 3), no livro 2 (fig.4 e 5), e no livro 9 (fig.7), listadas no item 5.3 desse trabalho.

O livro 4 apresentou a reportagem (anexo 1), caracterizada como analogia textual.

O livro 5 apresentou duas analogias diferentes, uma textual e outra com elementos ilustrativos (fig. 7) também listada no item 5.3 desse trabalho.

Lista-se, a seguir, as analogias encontradas em cada livro:

A - Livro 1

Ressalta-se que o livro nº. 1 apresentou:

- primeiramente uma crítica à analogia água x corrente elétrica, no tópico “conhecendo um pouco mais” intitulado “água corrente x corrente elétrica” apontando “três grandes inadequações” (conforme transcrição abaixo) da analogia pesquisada;
- duas páginas à frente, usou a analogia de um saguão de aeroporto para identificar a “velocidade de arrastamento” dos elétrons na corrente elétrica (analogia 1-livro1).

O tópico “Conhecendo um pouco mais...” do capítulo 5 do livro 1 faz uma crítica e aponta as inadequações da analogia da “água corrente x corrente elétrica”, conforme transcrição a seguir:

“A analogia entre corrente elétrica e água corrente tem pelo menos três grandes inadequações.

A primeira se refere a aquilo que se movimenta e como se movimenta. Na água encanada, o movimento é do líquido, e todo o líquido se desloca uniformemente. Na corrente elétrica, o movimento é dos portadores de carga, que, embora existam em quantidades fantásticas, são uma parcela ínfima de toda a matéria de que é constituído o condutor.

A segunda inadequação se refere à velocidade do deslocamento. A velocidade média de qualquer ponto de um fluido em movimento dentro de um tubo depende da posição desse ponto em relação a uma seção normal do tubo, mas, em média, pode-se dizer que, com exceção de uma fina película que adere às paredes interiores do tubo, todo fluido se desloca pelo encanamento. Na corrente elétrica isso não ocorre. Em primeiro lugar, porque não existe situação equivalente à da água percorrendo um tubo — não há, na corrente elétrica, distinção entre água e tubo, ou seja, o “tubo” é o próprio condutor. Em segundo lugar, porque os portadores de carga, embora comecem a se mover quase instantaneamente, têm em média uma velocidade muito pequena. Em outras palavras, na corrente elétrica há duas velocidades de propagação a considerar: a do campo elétrico, praticamente igual à velocidade da luz, que provoca o movimento dos portadores de carga, e a velocidade dos próprios portadores de carga, que, quando se trata de corrente contínua, é muito pequena, da ordem de centímetros por hora.

A terceira inadequação se refere à forma de propagação da corrente elétrica. A água sempre flui continuamente, enquanto a corrente elétrica, sobretudo a doméstica (a que essas analogias costumam se referir), não flui, oscila. Os portadores de carga

não se deslocam ao longo do fio, mas executam um movimento de vaivém em torno de posições fixas. Por isso essa corrente se chama corrente alternada.

Em síntese, a analogia da corrente elétrica com a água corrente só faz algum sentido em relação à corrente contínua, na qual os portadores de carga movem-se num único sentido. Mas a corrente contínua é muito menos utilizada do que a corrente alternada. Na prática, a corrente contínua é empregada apenas na rede de telefonia fixa, nos veículos de transporte e no interior dos aparelhos eletrônicos ou dispositivos elétricos movidos a pilha ou bateria.”

Considera-se esta uma iniciativa interessante, pois mostra a preocupação do(s) autor(es) em incentivar o uso das analogias no ensino-aprendizagem, reavaliar conceitos existentes e desenvolver propostas novas. Apesar disto precisa-se saber se, de acordo com a MEC, esta poderia ser considerada uma analogia realmente inadequada.

Um pouco à frente à descrição das inadequações desta analogia, é descrita a analogia de um saguão de aeroporto cheio de passageiros e guardas, para identificar a “velocidade de arrastamento” no condutor (analogia 2-livro1). Identificou-se ao final do livro no “Manual do Professor – Orientações para o desenvolvimento de cada capítulo e resolução dos exercícios” uma tentativa do(s) autor(es) de introduzir(em) uma nova ideia. Trata-se “de uma ideia muito simples, mas diferente da habitual”, pois é considerado que constantemente “confunde-se a velocidade de propagação do campo elétrico [...] com a velocidade de arrastamento da corrente elétrica” enfatizando que tal confusão “é um erro grave”. A velocidade de arrastamento é definida como o movimento ordenado de elétrons em função de um campo elétrico que passa a existir no condutor, sendo normalmente muito baixa; já a velocidade de propagação do campo elétrico é da ordem de grandeza das ondas eletromagnéticas, ou seja, próximas à velocidade da luz, instantâneas.

O(s) autor(es) conclui(em) a sugestão de discussão da inadequação da analogia “água corrente x corrente elétrica” comparada à analogia do “saguão de um aeroporto” afirmando: “esperamos que o professor se convença dos erros da primeira para aceitar a necessidade da segunda” e lembram que “ideias novas só são aceitas depois de muito convencimento”.

Pode ser considerado que a analogia 2-livro1 apresenta-se como inovadora e merece aprofundamento nos estudos quanto a sua eficácia.

B - Livro 2

No livro nº. 2, foi encontrada a seguinte analogia, aqui chamada de “analogia 3-livro2”.

Analogia 3-livro2: Fazendo uma analogia com o escoamento de água em uma tubulação, suponha uma bomba produzindo uma circulação de água em um cano. Se em certa seção do cano tivermos um fluxo de água igual a 10L/s, o valor do fluxo deste líquido neste mesmo instante, através de outra seção B (em qualquer ponto da tubulação), terá que ser também igual a 10 L/s (a não ser que o cano esteja furado).

Esta analogia trata da intensidade da corrente elétrica no circuito e faz isto de maneira bastante simples.

C - Livro 4

O livro nº. 4 foi o único que apresentou a analogia da corrente elétrica com o fluxo de água (analogia 4-livro4). Isto foi feito no final do capítulo, num tópico específico denominado “o que diz a mídia”, onde foi citada uma reportagem¹⁷ do periódico Folha de São Paulo de fevereiro de 2011. A reportagem intitulada “Anatomia de um fio”, copiada desse livro e apresentada no anexo 1, afirma numa frase solta no meio do texto: “A corrente elétrica funciona de modo semelhante a uma cachoeira.” Após a introdução, a matéria indica a possibilidade de se “fazer analogia com uma cachoeira” assemelhando a diferença de altura da cachoeira (energia potencial) com uma bateria (energia química). A reportagem citada neste livro conclui ainda que “a aproximação da corrente como um fluido contínuo [água corrente] não é nada má”.

Havia ainda no livro 4 um suplemento para o professor intitulado “Sugestões, comentários e orientações didático-pedagógicas”, em que se encontra uma sugestão de leitura compartilhada da reportagem e a sugestão de um site¹⁸ para ilustrar o

¹⁷ GLEISER, M., Folha de São Paulo, 11 fev 2001

¹⁸ <http://www.upscale.utoronto.ca/IYearLab/Intros/DCI/Flash/WaterAnalogy.html>

trabalho com a frase: apresenta uma analogia entre o fluxo de água e a corrente elétrica em um circuito. Verificou-se que o referido site encontra-se ativo e possui imagem animada desta analogia.

D - Livro 5

No livro nº. 5 foi citada uma analogia entre a movimentação de elétrons no condutor e um conjunto de abelhas voando em direção a um alvo (analogia 5-livro5). O(s) autor(es) assim descreve(m) a analogia que tem como veículo um enxame de abelhas em movimento e como alvo a corrente elétrica:

“Uma analogia que ajuda a entender melhor essa movimentação de elétrons é: um conjunto de abelhas voando em direção a um ‘alvo’. É possível observarmos uma grande mancha escura – o conjunto de abelhas – deslocando-se nítida e ordenadamente em uma direção. No entanto, se acompanhássemos o movimento de uma única abelha, veríamos que ela não se desloca em linha reta, mas sim zigue-zagueando e, mesmo assim, em direção ao alvo. O zigue-zague é um movimento desordenado, mas o voo em direção ao alvo é ordenado. O movimento da abelha é a combinação desses dois movimentos. Podemos dizer que o mesmo acontece com os elétrons através de um condutor por onde passa a corrente elétrica”.

Considera-se que a analogia 5-livro5 se apresenta como inovadora e merece aprofundamento nos estudos quanto a sua eficácia igualmente à analogia 3.

Neste íterim, ressalta-se a necessidade de atenção para com o conhecimento prévio do aluno, conforme aponta Terrazzan *et al* (2005). Lembra-se que grande parte das analogias identificadas nos livros didáticos de Física são características da própria área de conhecimento, possibilitando algum tipo de dificuldade na aprendizagem, tendo por pressuposto que o análogo deve ser familiar aos alunos (Terrazzan *et al.*, 2005, p.14). Pergunta-se: teria o aluno conhecimento suficiente sobre o voo das abelhas (veículo) para entender o alvo? Deve ser considerada a possibilidade de ser esta analogia testada pela Metodologia de Ensino Com Analogias – MECA, a fim de verificar seu potencial educativo.

E - Livro 9

No livro nº. 9 foi identificada, no início do tópico “corrente elétrica”, uma sugestão introdutória para separação das palavras e escreveu-se: “corrente normalmente está associada ao fluxo de algo” exemplificando que “no caso de um rio, quando dizemos que a correnteza está forte, queremos nos referir a uma grande quantidade de água que flui”. Esta não pode ser caracterizada como analogia, mas entende-se que o(s) autor(es) pretendem preparar o estudante para a apresentação futura da analogia, que foi o que ocorreu em forma de ilustração e portanto está descrita no item 5.3 deste trabalho.

F - Livro 10

Apesar de não listado nesse item 5.2, percebeu-se neste livro nº. 10, no tópico “circuito elétrico” a ideia do circuito hidráulico como veículo na seguinte frase: “Da mesma maneira que a corrente de água cessa ao se fechar a torneira, também, em um circuito elétrico pode-se interromper a passagem da corrente elétrica” frase que, apesar de não identificada como analogia, configura uma referência à analogia pesquisada.

5.3 - Presença da Analogia em Elementos Ilustrativos

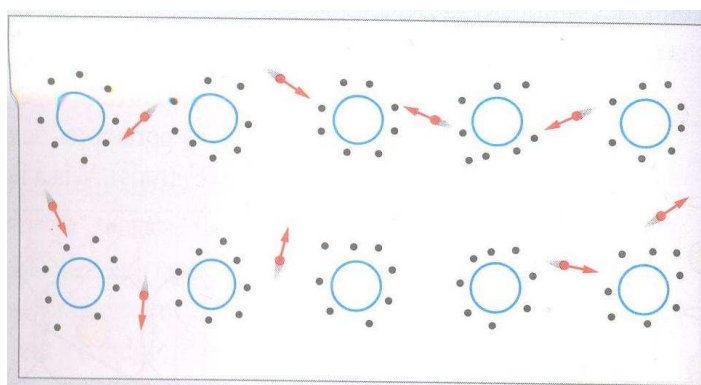
Foram encontradas cinco analogias da corrente elétrica em elementos ilustrativos. Essas foram identificadas nos livros 1, 2, 5, 9 e 10 e como já foi dito, os livros 1, 2 e 9 apresentaram esta analogia na forma mista, textual e ilustrativa, e estão citadas neste item.

Lista-se a seguir as analogias encontradas em cada livro.

A - Livro 1

As seguintes ilustrações encontram-se no tópico “conhecendo um pouco mais” intitulado “velocidade de arrastamento”, no capítulo 5 – “Corrente Elétrica” desse livro. A legenda informa ser um “esquema do extenso saguão de um aeroporto”

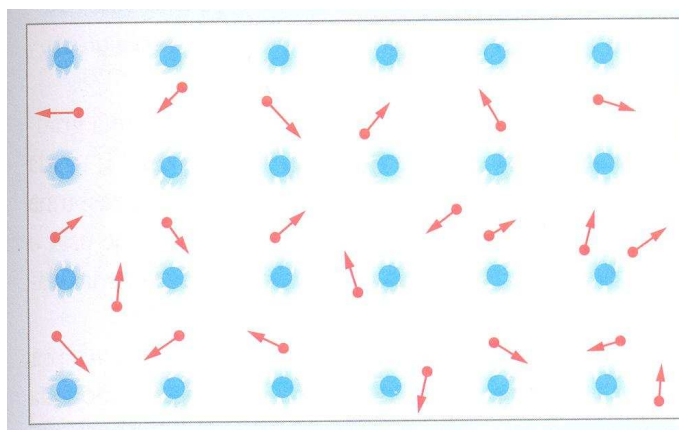
Figura 1 – Primeira Ilustração de Analogia Sobre Corrente Elétrica Encontrada em Livro de Física Analisado e Identificado como Livro nº 1 (2012)



Fonte: livro 1

A figura 1 (veículo) recebe a denominação de “esquema do extenso saguão de um aeroporto”. Os círculos azuis representam os bancos, os pontos pretos representam alguns passageiros sentados em torno destes bancos. Os pontos vermelhos representam os guardas e as setas indicam direção, sentido e velocidade em que eles se deslocam num determinado instante.

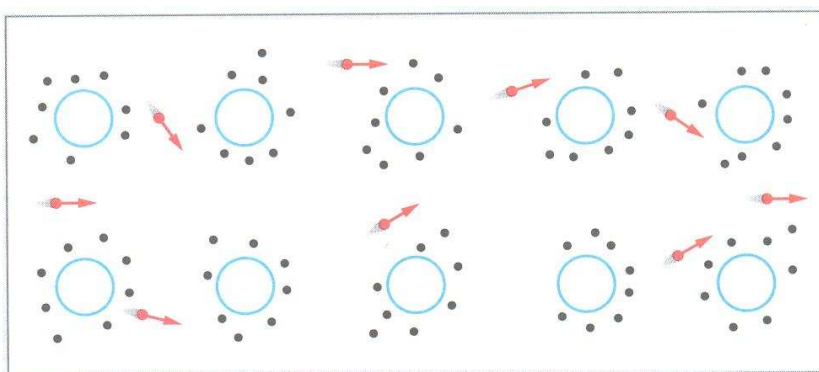
Figura 2 - Segunda Ilustração de Analogia Sobre Corrente Elétrica Encontrada em Livro de Física Analisado e Identificado como Livro nº 1 (2012)



Fonte: livro 1

A figura 2 (alvo) recebe a denominação de “esquema do movimento de elétrons livres num condutor de cobre quando não há nele um campo elétrico”. As bolas azuis representam os núcleos dos átomos com os elétrons das camadas inferiores em sua periferia, representados pela manchas azuladas. Os pontos vermelhos representam os elétrons livres e as setas indicam direção, sentido e velocidade em que eles se deslocam num determinado instante.

Figura 3 - Terceira Ilustração de Analogia Sobre Corrente Elétrica Encontrada em Livro de Física Analisado e Identificado como Livro nº 1 (2012)



Fonte: livro 1

A figura 3 trata dos movimentos ordenados que se estabelecem nas figuras 1 e 2 quando há um motivo para isto. Representa o esquema do movimento de guardas (elétrons livres) no saguão do aeroporto (condutor de cobre) quando estes guardas recebem instruções (campo elétrico) para seguir em determinada direção e sentido. As bolas azuis (bancos X núcleo dos elétrons) estão rodeadas por pontos pretos (passageiros X elétrons “não livres”) e indicam os obstáculos que tem de ser contornados para que os elementos em movimento (guardas X elétrons livres) possam se dirigir ao destino especificado.

Quando devidamente acompanhadas do texto explicativo e estabelecidos os limites da analogia, entende-se que as figuras são adequadas ao entendimento dos alunos e possivelmente favorecem o processo de ensino e aprendizagem.

Ressalta-se que este livro ilustra uma quarta situação associando a um movimento ordenado acompanhado por um supervisor dos guardas e explica a grandeza “velocidade de arrastamento” justificando a importância do conhecimento

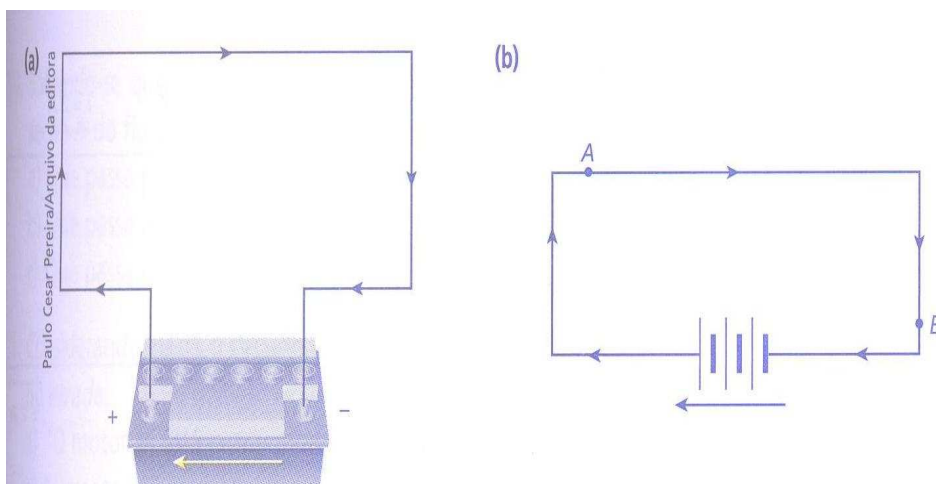
desta grandeza para se compreender a natureza da corrente elétrica, explicitando a fórmula matemática e calculando o valor desta grandeza.

B - Livro 2

As seguintes ilustrações encontram-se no capítulo 4 “Corrente elétrica” no tópico 4.2 “Circuitos simples” deste livro.

No item “Circuito Elétrico Simples” tem-se a primeira figura que é apresentada logo abaixo.

Figura 4 - Primeira Ilustração de Analogia Sobre Corrente Elétrica Encontrada em Livro de Física Analisado e Identificado como Livro nº 2 (2012)

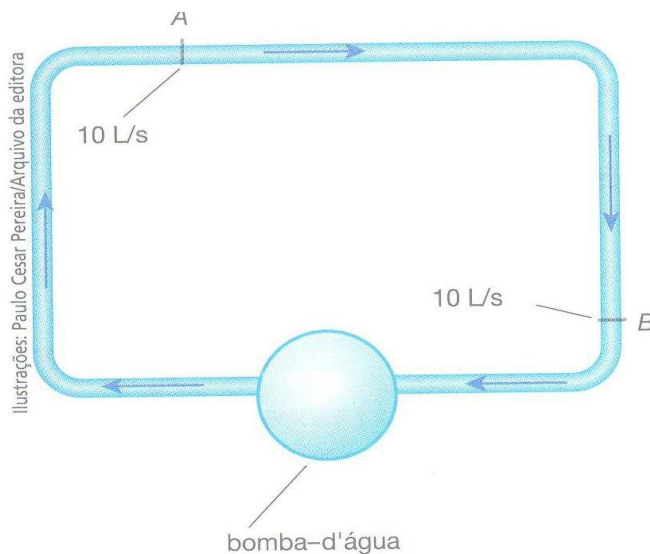


Fonte: livro 2

A primeira imagem representa uma bateria com um fio condutor ligado em seus dois polos mostrando como se estabelece a corrente elétrica. Na segunda imagem tem-se a representação esquemática desta bateria.

No item “Comentários” tem-se a segunda figura, também apresentada na sequência.

Figura 5 - Segunda Ilustração de Analogia Sobre Corrente Elétrica Encontrada em Livro de Física Analisado e Identificado como Livro nº 2 (2012)



Fonte: livro 2

Trata-se aqui de uma analogia do fluxo de água numa tubulação, impulsionado por uma bomba, (veículo) objetivando apreender o conceito de intensidade da corrente elétrica, mostrando a constância desta intensidade (ou fluxo) durante o trajeto percorrido. A legenda explica: “a vazão d’água no cano é a mesma em qualquer seção do condutor”. A conclusão remete à figura 1 e lembra, que “a intensidade da corrente é a mesma em qualquer ponto do fio”, estabelecendo assim a analogia pesquisada.

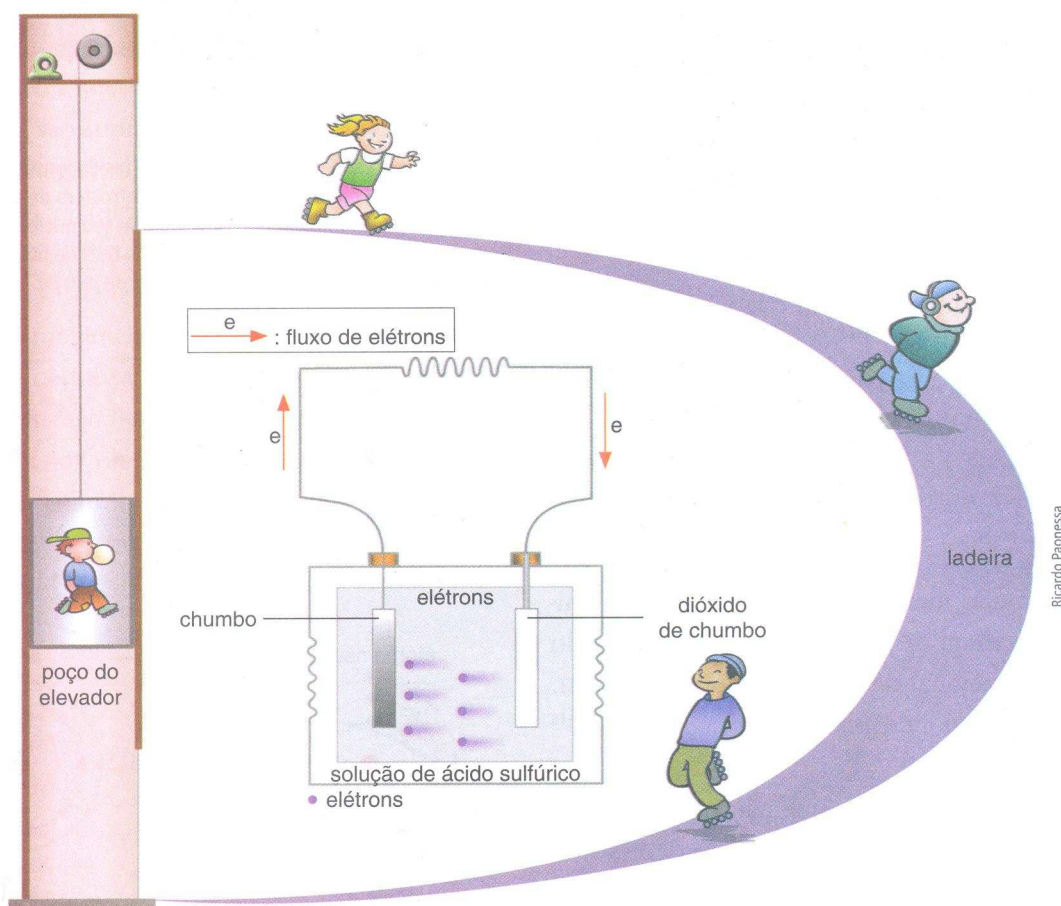
C - Livro 5

A seguinte ilustração encontra-se no capítulo 5 “Eletricidade, geração e usos” no tópico “Conexão” intitulado “A energia das pilhas e baterias”, neste livro 5. Encontrou-se a figura com um texto introdutório, texto este que não se refere à analogia. A legenda descreve:

esquema representativo de uma analogia entre o potencial químico eletrostático da pilha, o potencial gravitacional (representado por um elevador) e a corrente elétrica (representada pelo movimento ‘deslizar ladeira abaixo’).

A ilustração é apresentada a seguir na Figura 6.

Figura 6 - Primeira Ilustração de Analogia Sobre Corrente Elétrica Encontrada em Livro de Física Analisado e Identificado como Livro nº 5 (2012)



Fonte: livro 5

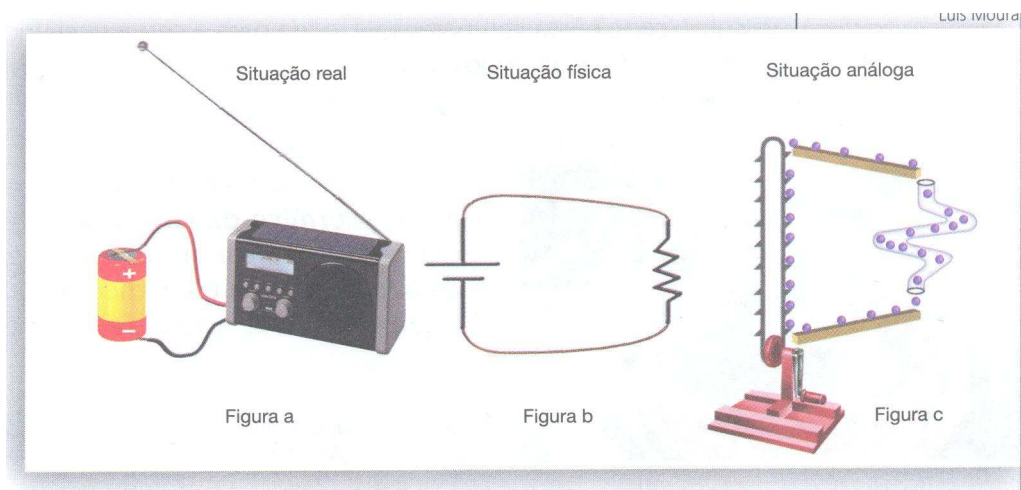
A figura mostra quatro patinadores que se utilizam de um elevador para subir até o topo de uma rampa de onde deslizam ladeira abaixo até chegarem à parte mais baixa e iniciarem o ciclo novamente. A figura leva em consideração o potencial gravitacional (Terra) associando-o ao potencial químico (pilha) e mostra a situação veículo (movimento dos patinadores) comparada à situação alvo (corrente elétrica). Entende-se que a ilustração objetiva mostrar a corrente elétrica como um movimento do maior para o menor potencial. A imagem das placas de chumbo e dióxido de chumbo colocadas no centro podem remeter à ideia do movimento dos elétrons ser um movimento de subida e descida. Também se propõe a análise desta analogia para confirmar sua adequação ao processo de ensino-aprendizagem.

Ressalta-se que esta figura não está no tópico “Corrente elétrica” e que este livro propõe, logo na sequência, uma analogia textual, esta sim no tópico “Corrente elétrica” (ver tópico anterior - item 5.2) que não tem referência com a figura.

D - Livro 9

A seguinte ilustração encontra-se no capítulo 2 “Circuitos elétricos” deste livro. Ressalta-se que no tópico 1 “Corrente elétrica” não foi encontrada nenhuma referência análoga. Esta ilustração encontra-se no tópico 3 com o título idêntico ao do capítulo e escreve: “a vantagem de estudar algumas situações por meio de analogias é que começamos a compreender o novo conceito (desconhecido) com base no que já conhecemos”.

Figura 7 - Primeira Ilustração de Analogia Sobre Corrente Elétrica Encontrada em Livro de Física Analisado e Identificado como Livro nº 9 (2012)



Fonte: livro 9

Tem-se nesse caso uma figura semelhante à figura 6, observada do ponto de vista da diferença de potencial que estabelece a corrente elétrica. Na primeira imagem a ilustração de um rádio destaca a pilha, responsável por esta diferença de potencial. Na segunda imagem uma representação de um circuito elétrico simples. E na terceira imagem uma correia movida a manivela que eleva as bolinhas (do potencial menor para o potencial maior) possibilitando o movimento contínuo.

A referência a corrente elétrica é feita quando lê-se: “a força elétrica realiza trabalho sobre as cargas no interior dos condutores e induz uma corrente elétrica em seu interior. (A ação da força da gravidade é a responsável pelo movimento da corrente de bolinhas na analogia)”. Apesar de esta analogia visar o circuito elétrico como um todo, achou-se adequado descrevê-la neste trabalho.

E - Livro 10

No livro 10 foi apresentada a fotografia (Figura 8) que aparece no tópico inicial “um modelo para a corrente elétrica”, remetendo à ideia análoga neste próprio título. Após conceituar, sucintamente, corrente elétrica como “o movimento ordenado de elétrons livres no interior de um condutor metálico”, o livro exhibe a seguinte fotografia (Figura 8).

Figura 8 - Primeira Ilustração de Analogia Sobre Corrente Elétrica Encontrada em Livro de Física Analisado e Identificado como Livro nº 10 (2012)



Fonte: livro 10

Tem-se as mãos de uma pessoa que segura uma mangueira transparente, com formato de meio círculo, cheia de esferas metálicas. Percebe-se, facilmente, que empurrando a primeira bola numa das extremidades (mão direita), após o movimento ter sido transmitido à sequência de bolas, a última bola é expulsa pela outra extremidade (mão esquerda). A legenda da foto explica:

Quando se estabelece a diferença de potencial nos extremos do condutor, os elétrons trocam energia em colisões elásticas, de modo que se verifica um ‘movimento’ líquido através de uma seção transversal do fio. Observe o modelo: um elétron não percorre o fio em toda a sua extensão, mas transfere sua energia para o próximo.

Percebeu-se também neste livro 10, no tópico “circuito elétrico” a ideia do circuito hidráulico como veículo na seguinte frase: “Da mesma maneira que a corrente de água cessa ao se fechar a torneira, também, em um circuito elétrico pode-se interromper a passagem da corrente elétrica” frase que, apesar de não identificada como analogia, configura uma referência à analogia pesquisada.

5.4 - Presença da Analogia em Exercícios

Não foi encontrado nenhum exercício que fizesse referência à analogia da corrente elétrica com o fluxo de água, bem como com qualquer outra situação que objetivasse verificar o aprendizado através desta analogia.

5.5 – Crítica à Analogia da água corrente X corrente elétrica

Conforme informado no início do capítulo, o livro 1 faz uma crítica e aponta as inadequações da analogia da “água corrente x corrente elétrica” e, um pouco à frente, usa a analogia de um saguão de aeroporto cheio de passageiros e guardas, para identificar a “velocidade de arrastamento” no condutor. A crítica encontra-se conforme transcrição a seguir:

A analogia entre corrente elétrica e água corrente tem pelo menos três grandes inadequações.

A primeira se refere a aquilo que se movimenta e como se movimenta. Na água encanada, o movimento é do líquido, e todo o líquido se desloca uniformemente. Na corrente elétrica, o movimento é dos portadores de carga, que, embora existam em quantidades fantásticas, são uma parcela ínfima de toda a matéria de que é constituído o condutor.

A segunda inadequação se refere à velocidade do deslocamento. A velocidade média de qualquer ponto de um fluido em movimento dentro de um tubo depende da posição desse ponto em relação a uma seção normal do tubo, mas, em média, pode-se dizer que, com exceção de uma fina película que adere às paredes interiores do tubo, todo fluido se desloca pelo encanamento. Na corrente elétrica isso não ocorre. Em primeiro lugar, porque não existe situação equivalente à da água percorrendo um tubo — não há, na corrente elétrica, distinção entre água e tubo, ou seja, o "tubo" é o próprio condutor. Em segundo lugar, porque os portadores de carga, embora comecem a se mover quase instantaneamente, têm em média uma velocidade muito pequena. Em outras palavras, na corrente elétrica há duas velocidades de propagação a considerar: a do campo elétrico, praticamente igual à

velocidade da luz, que provoca o movimento dos portadores de carga, e a velocidade dos próprios portadores de carga, que, quando se trata de corrente contínua, é muito pequena, da ordem de centímetros por hora.

A terceira inadequação se refere à forma de propagação da corrente elétrica. A água sempre flui continuamente, enquanto a corrente elétrica, sobretudo a doméstica (a que essas analogias costumam se referir), não flui, oscila. Os portadores de carga não se deslocam ao longo do fio, mas executam um movimento de vaivém em torno de posições fixas. Por isso essa corrente se chama corrente alternada.

Em síntese, a analogia da corrente elétrica com a água corrente só faz algum sentido em relação à corrente contínua, na qual os portadores de carga movem-se num único sentido. Mas a corrente contínua é muito menos utilizada do que a corrente alternada. Na prática, a corrente contínua é empregada apenas na rede de telefonia fixa, nos veículos de transporte e no interior dos aparelhos eletrônicos ou dispositivos elétricos movidos a pilha ou bateria.

Quanto à analogia que tem o saguão de aeroporto como veículo e a corrente elétrica como alvo identificou-se ao final do livro no “Manual do Professor – Orientações para o desenvolvimento de cada capítulo e resolução dos exercícios” uma tentativa do(s) autor(es) de introduzir(em) uma nova ideia. Trata-se “de uma ideia muito simples, mas diferente da habitual”, pois é considerado que constantemente “confunde-se a velocidade de propagação do campo elétrico [...] com a velocidade de arrastamento da corrente elétrica” enfatizando que tal confusão “é um erro grave”. A velocidade de arrastamento é definida como o movimento ordenado de elétrons em função de um campo elétrico que passa a existir no condutor, sendo normalmente muito baixa; já a velocidade de propagação do campo elétrico é da ordem de grandeza das ondas eletromagnéticas, ou seja, próximas à velocidade da luz, instantâneas.

O(s) autor(es) conclui(em) a sugestão de discussão da inadequação da analogia “água corrente x corrente elétrica” comparada à analogia do “saguão de um aeroporto” afirmando: “esperamos que o professor se convença dos erros da primeira para aceitar a necessidade da segunda” e lembram que “ideias novas só são aceitas depois de muito convencimento”. Entretanto, a analogia proposta pelo

autor, do “saguão de um aeroporto” parece conter inadequações, embora reafirmemos a necessidade de uma avaliação com metodologia apropriada.

5.6 – Quadro Geral da Presença da Analogia da Corrente Elétrica nos Livros Pesquisados

O Quadro indica cada coleção analisada denominada Livro; mostra em quantos livros a analogia da corrente elétrica foi encontrada, como ocorre a distribuição e a disposição (forma textual, gráfica ou ambas) em cada uma delas. Os livros que só possuíam a analogia na forma textual foram marcados no quadro com o “X” na segunda coluna, assim como aqueles que só possuíam a forma gráfica (elementos ilustrativos) foram marcados na terceira coluna. Três dos livros analisados possuíam ambas as formas de analogias textual e também ilustrativa.

QUADRO 2: Presença da Analogia da Corrente Elétrica nas Coleções de Física do PNLEM (2012 – 2014) Pesquisados (2012)

COLEÇÃO	ANALOGIA TEXTUAL	ANALOGIA GRÁFICA	ANALOGIA MISTA	ANALOGIA EM EXERCÍCIOS
Livro 1			X	
Livro 2			X	
Livro 3				
Livro 4	X			
Livro 5	X	X		
Livro 6				
Livro 7				
Livro 8				
Livro 9			X	
Livro 10		X		

FONTE: Dados da Pesquisa

O quadro permite uma visão geral da distribuição das analogias pesquisadas em cada coleção, preocupou-se em não identificar nem a coleção e nem o(s) autor(es).

As três coleções que não apresentaram nenhum tipo de analogia para explicação da temática corrente elétrica. Talvez não o fizeram para não se arriscarem num tema complexo. Ressalta-se que as analogias, não somente a estudada nesse trabalho, são importantes ferramentas no processo de ensino e aprendizagem, além de serem critério eliminatório específico estabelecido pelo Guia do Livro Didático do PNL 2012 para o componente curricular Física e devem estar presentes de maneira controlada e sistematizada.

CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a pesquisa, foram encontradas variadas analogias para o processo de ensino e aprendizagem do tema corrente elétrica. Portanto, além de atingir os objetivos, essa pesquisa levantou questões que possibilitam ampliar os estudos através de uma minuciosa análise das propostas apresentadas para o ensino com analogias do tema tratado nos livros didáticos.

Em relação as questões de pesquisa, foi mostrada a importância das analogias como recurso cognitivo, foram destacados os aspectos que envolvem o uso de analogias no ensino de ciências; ressaltou-se as características das analogias da corrente elétrica, foi traçado um panorama de como se estruturam os livros didáticos de Física brasileiros e, sobretudo, a variedade de propostas apresentadas no material analisado a respeito de como as analogias da corrente elétrica aparecem e são tratadas nestes livros.

Este trabalho mostrou-se bastante enriquecedor para o processo de ensino e aprendizagem desde o início da revisão bibliográfica, momento em que foram identificadas críticas à analogia da corrente elétrica, objeto de pesquisa do mesmo. A riqueza do tema é demonstrada na variedade de analogias que foram encontradas e, sobretudo, nos questionamentos que estavam propostos nos próprios livros didáticos, propondo a mudança destas analogias que, historicamente, usam como veículo a água corrente por influências de cientistas renomados conforme visto no texto.

A proposta que foi encontrada para substituição desta clássica analogia discute de forma direta (inclusive em tópico especial e no manual do professor), os motivos para reavaliar o emprego desta analogia e outra relação analógica substituta, o que proporcionou enriquecimento deste trabalho.

A análise das analogias da corrente elétrica pareceu frustrada no instante em que se identificou a crítica à analogia tradicional. Porém, no decorrer da pesquisa empírica, as variadas propostas apresentadas, tanto na forma textual como na forma de elementos ilustrativos superaram nossas expectativas e identificaram uma

preocupação dos autores de livros didáticos em relação ao uso de analogias para o tema “corrente elétrica”. Cabe ressaltar que não foram avaliadas a eficiência destas analogias como tal. No entanto, em nenhum momento foi encontrado um tratamento metodológico semelhante ao proposto pelas metodologias específicas para o ensino com analogias, em especial a MECA, adotada nessa pesquisa.

Também com relação ao ensino de ciências através de atividades investigativas este trabalho foi proveitoso para o processo de ensino e aprendizagem. De forma geral, analogias são excelentes recursos didáticos e possibilitam interação com atividades investigativas.

Dessa forma, espera-se ter contribuído para o processo de ensino e aprendizagem com analogias, sobretudo de forma investigativa, que se apresenta atualmente como uma proposta enriquecedora de conteúdos e passível de promover o interesse dos alunos pelas temáticas estudadas.

Fica clara a necessidade de novas pesquisas, sobretudo para verificar a aplicabilidade das analogias apresentadas, bem como aprofundamento de pesquisas relacionadas à atividade investigativa nas Ciências. O teste em sala de aula, como sugerido em algumas análises, indicaria a eficácia ou não das analogias apresentadas neste trabalho.

REFERÊNCIAS

ALVES-MAZZOTTI, Alda J.; GEWANDSZNAJDER, Fernando. *O Método nas Ciências Sociais*. São Paulo: Pioneira, 2002. 203 p.

AZEVEDO, F. A educação e seus problemas. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1937. 359 p.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. Guia de livros didáticos: PNLD 2012 : Física. – Brasília :, 2011, 90p.

BRASIL, Ministério da Educação, FNDE - Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Disponível em www.fnde.gov.br/programas/livro-didatico/livro-didatico-historico. Acesso em 13/10/2011

BRASIL. (1938). Presidência da República. Decreto-Lei nº 1.006 de 30 de dezembro de 1938. Estabelece as condições de produção, importação e utilização do livro didático. DOU nº 1.006 de 05 de janeiro de 1939. Seção 1, p. 277.

BRASIL. (1945). Presidência da República. Decreto-Lei nº 8.460 de 26 de dezembro de 1945. Consolida a legislação sobre as condições de produção, importação e utilização do livro didático. DOU nº 8.460 de 28 de dezembro de 1945. Seção 1, p.19208.

BRASIL. (1976). Presidência da República. Decreto nº 77.107, de 4 de fevereiro de 1976. Dispõe sobre a edição e distribuição de livros e textos e dá outras providências. DOU nº 77107 de 05 de fevereiro de 1976.

BRASIL. (1985). Presidência da República. Decreto nº 91.542, de 19 de agosto de 1985. Institui o Programa Nacional do Livro Didático, dispõe sobre sua execução e dá outras providências. DOU nº 91542 de 20 de agosto de 1985. Seção 1, p.12178.

BRASIL. (2008). Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica, Fundo Nacional do Desenvolvimento da Educação. Física: catálogo do Programa Nacional do Livro do Ensino Médio – PNLEM 2009. Brasília: MEC, 2008.

BRASIL. (2009). Ministério da Educação, Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio. Edital. Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br/index.php/pnld-historico>. Acesso em 15/10/2012.

BRASIL. (2011). Ministério da Educação, Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Resolução/CD/FNDE nº 60, de 09 de novembro de 2011. Disponível em: <http://www.fnde.gov.br/fnde/legislacao/resolucoes/item/3488-resolu%C3%A7%C3%A3o-cd-fnde-n%C2%BA-60-de-9-de-novembro-de-2011>. Acesso em 15/10/2012.

BRASIL. (2011). Ministério da Educação, Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Resolução/CD/FNDE nº 38, de 21 de julho de 2011. Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br/fnde/legislacao/resolucoes/item/3461-resolu%C3%A7%C3%A3o-cd-fnde-n%C2%BA-38-de-21-de-julho-de-2011>>. Acesso em 15/10/2012.

Secretaria Estadual de Educação Básica, Currículo Básico Comum – CBC. Disponível em: http://crv.educacao.mg.gov.br/aveonline40/banco_objetos_crv/%7B467096A5-B3B4-4DAE-B9D3-A7AF67D6E0C2%7D_PDF%20CBC%20Fisica.pdf. Acesso em 13/10/2011

BROWN, D. & Clement, J. (1989). Overcoming Misconceptions via Analogical Reasoning: Abstract Transfer versus Explanatory Model Construction. *Instructional Science*, 18, 237-261.

CACHAPUZ, Antônio. Linguagem Metafórica e o Ensino das Ciências. *Revista Portuguesa de Educação*, Universidade do Minho, v.2, n.3, 117-129, 1989.

CURTIS, R. V.; REIGELUTH, C. M. 'The Use of Analogies in Written Text'. *Instructional Science*, v.13, p.99-117, 1984.

DAGHER, Z. (1995a). Analysis of Analogies Used by Science Teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32 (3), 259-270.

DOMINGUINI, L. *Fatores Que Evidenciam a Necessidade de Debates Sobre o Livro Didático*. In: V Congresso Internacional de Filosofia e Educação. Caxias do Sul, R.S., Brasil, Maio de 2010. *On line*, disponível em http://www.ucs.br/ucs/tplcinfe/eventos/cinfe/artigos/artigos/arquivos/eixo_tematico7/Fatores%20que%20Evidencia%20a%20Necessidade%20de%20Debates%20sobre%20o%20Livro%20Didatico.pdf. Acesso em 10/10/2012.

DUARTE, Maria da Conceição. Analogias na educação em ciências: contributos e desafios. In: *Investigações em Ensino de Ciências*. Vol. 10, nº 1, mar/2005. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID121/v10_n1_a2005.pdf> acesso em 13/10/2011.

DUIT, R. (1991). On the Role of Analogies and Metaphors in Learning Science. *Science Education*, 75 (6), 649-672.

FLEURY, R. S. Livro didático. *Revista Brasileira de estudos Pedagógicos*, Brasília, v. 35, n. 82, abr/jun. 1961.

FRANCO, M. L. B. O livro didático de História no Brasil : a versão fabricada. São Paulo : Global, 1982. 105 p.

FREITAG, B.; COSTA, W. F.; MOTA, V. R. O livro didático em questão. 3. ed. São Paulo: Cortez, 1997. 159 p.

GLYNN, S. M. (1989) Analogical reasoning and problem solving in science textbooks. In: Glover, J.A. et al (Eds), *A Handbook of Creativity: Assesment, Theory and Research*. New York, Plenum, 1989, pp. 383-398.

GLYNN, S. (1991). Explaining Science Concepts: A Teaching-with-Analogies Model. Em Glynn, S.M., Yeany, R.H. & Britton, B.K. (Eds.). *The Psychology of Learning Science*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associate, 219-240.

GLYNN, S. M.; TAKAHASHI (1998). Learning from Analogy-Enhanced Science Text *Journal of Research in Science Teaching* Vol. 35, nº 10, p. 1129–1149.

GODOY, L. A. Sobre La Estructura de las Analogías en Ciencias. *Interciência*, v. 27, n. 8, p. 422-429, 2002.

HARRISON, A. & TREAGUST, D. (1993). Teaching with Analogies: A Case Study in Grade-10 Optics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (10), 1291-1307.

HÖFLING, H. M. Notas para a discussão quanto à implementação de programas de governo: em foco o Programa Nacional do Livro Didático. *Educação e Sociedade*. Campinas, ano XXI, n. 70, p. 159-171, abril, 2000.

JUNGES, S (2010). Análise do uso de analogias em livros de física para o ensino médio. Trabalho de conclusão de curso. Faculdade de Física da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. 105p. Disponível em: <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/graduacao/article/view/8692/6140>. Acesso em 13/10/2011.

MARCELOS, Maria de F (2006). Analogias e Metáforas da Árvore da Vida, de Charles Darwin, na Prática Escolar. Dissertação (Mestrado em Educação Tecnológica) 203f. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.

MARCELOS, M. F.; NAGEM, R. L. (2010) Use of the “Tree” Analogy in Evolution Teaching by Biology Teachers. *Science & Education*, Springer Netherlands, 21 (4), 507-541. ISSN: 0926-7220 doi: 10.1007/s11191-011-9370-3.

NAGEM, Ronaldo L. *Expressão e recepção do pensamento humano e sua relação como processo de ensino e de aprendizagem no campo da ciência e da tecnologia: imagens, metáforas e analogias*. 1997. 55 f. Seminário. (Concurso Público – Professor) Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1997.

NAGEM, R. L.; CARVALHAES, D.; DIAS, J. (2001) A. Uma proposta de Metodologia de Ensino com Analogias. *Revista Portuguesa de Educação*. 14 (1), 197-213, 2001.

NEWTON, D. (2000). *Supporting Understanding with Analogies. Teaching for understanding: what it is and how to do it*. London: RoutledgeFalmer, 71-85.

NOSELLA, M. L. C. D. As belas mentiras: a ideologia subjacente aos textos didáticos. São Paulo: Moraes, 1981. 137 p.

PACCA, Jesuína L. A.; FUKUI, Ana; BUENO, Maria C. F.; COSTA, Regina H. P.; VALÉRIO, Rosa M.; MANCINI, Sueli. Corrente Elétrica e circuito Elétrico: Algumas Concepções do Senso Comum. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.20, n.2, p.151-167, ago/2003. Disponível em: <http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6541/6033>. Acesso em 11/10/2012.

Portaria nº 35, de 11/3/1970, do Ministério da Educação (MEC)

Resolução CD FNDE nº. 38, de 15/10/2003

PFROMM NETO, S; DIB, C; ROSAMILHA, N;. Livro na Educação. Rio de Janeiro: Primor, 1974. 256 p.

SANTOS, Sandra M. O. Critérios para Avaliação de Livros Didáticos de Química para o Ensino Médio. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) 234f. Universidade de Brasília, Brasília, Brasil. 2006. Disponível em: <http://repositorio.bce.unb.br/handle/10482/3745>. Acesso em 11/10/2012.

SPIRO, R., FELTOVICH, P., COULSON, R. & ANDERSON, D. (1989). Multiple Analogies for Complex Concepts: Antidotes for Analogy-Induced Misconception in Advanced Knowledge Acquisition. Em Vosniadou, S. & Ortony, A. (Eds.). *Similarity and Analogical Reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press, 498-531.

STOCKLMAYER, S. & TREAGUST, D. (1994). A Historical Analysis of Electric Currents in Textbooks: A Century of Influence on Physics Education. *Science & Education*, 3, 131-154

TERRAZZAN, Eduardo A.; PIMENTEL, Naida L.; DA SILVA, Leandro L.; BUSKE, Rodrigo.; AMORIM, Mary Angela L. Estudo das analogias utilizadas em coleções didáticas de Física, Química e Biologia. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra. VII Congresso. 2005.

TREAGUST, D. *et al.* Science Teachers' Use of Analogies: Observations from Classroom Practice. *International Journal of Science education*, 14 (4), 413-422, 1992.

TREAGUST, D., HARRISON, A. & VENVILLE, G. (1996). Using an Analogical Teaching Approach to Engender Conceptual Change. *International Journal of Science Education*, 18 (2), 213-229.

WONG, E. (1993a). Self-Generated Analogies as a Tool for Constructing and Evaluating Explanations of Scientific Phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (4), 367-380.

WONG, E. (1993b). Understanding the Generative Capacity of Analogies as a Tool for Explanation. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (10), 1259-1272.

ZAMBON, Luciana B.; PICCINI, Ingrid P.; TERRAZZAN, Eduardo A. Comparando a Utilização de Analogias em Livros Didáticos para a Educação em Ciências. 2009. 12p. <http://www.foco.fae.ufmg.br/viienepec/index.php/enpec/viienepec/paper/viewFile/1541/487>. Acesso em 15/10/2012.

BIBLIOGRAFIA ANALISADA

BARRETO FILHO, B.; SILVA, C. X. da. Física Aula por Aula : ensino médio, v. 3. São Paulo: FTD, 2010.

BISCUOLA, G. J.; VILLAS BÔAS, N.; DOCA, R. H. Física, v. 3. 1ª ed. São Paulo: Saraiva, 2010

FUKE, L. F.; YAMAMOTO, K. Física para o Ensino Médio, v. 3. 1ª ed. São Paulo: Saraiva, 2010

GASPAR, A. Compreendendo a Física : ensino médio, v. 3. São Paulo: Ática, 2010.

GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C. Física e Realidade: ensino médio, v. 3. São Paulo: Scipione, 2010

KANTOR, C. A.; PAOLIELO JR, L. A.; MENEZES, L. C.; BONETTI, M C.; CANATO JR, O.; ALVES, V. M. Física, 1º ano : ensino médio – 1ª ed. São Paulo : Editora PD, 2010.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. Curso de Física : v. 3. São Paulo: Scipione, 2010.

OLIVEIRA, M. P. P. de; POGOBIN, A.; OLIVEIRA, R. C. A.; ROMERO, T. R. L. Física em contextos : pessoal, social e histórico. 1ª ed. São Paulo: FTD, 2010.

SANT'ANNA, B.; MARTINI, G.; REIS, H. C.; SPINELLI, W. Conexões com a Física : v. 3. São Paulo: Moderna, 2010

TORRES, C. M. A.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T. Física – Ciência e Tecnologia : v. 3 / 2ª ed. São Paulo: Moderna, 2010.

ANEXOS

Anexo 1

O que diz a mídia!

Anatomia de um fio

A vida moderna, cercada como é de artefatos elétricos, torna a sociedade extremamente dependente do uso da eletricidade. E onde existe eletricidade, existe fio. Ao menos por enquanto. Eu me lembro de ter de quebrar a cabeça imaginando onde eu poria os 20 fios que ligavam os vários componentes do meu equipamento de som sem embolá-los, uma tarefa quase impossível. Mas, uma vez solucionado o complicado problema estético, a mágica não falha jamais: é só conectar o fio na tomada, ligar o amplificador e o tocador de CD, e a música jorra dos alto-falantes. A “alma” dessa mágica é a corrente elétrica, bilhões de trilhões de elétrons fluindo pelos fios e circuitos elétricos, como água em um rio.

Para começar, um fio comum é feito de dois materiais: uma substância capaz de conduzir eletricidade, como o cobre, e um material isolante, o plástico que vemos em torno do cobre. O cobre, como todo metal, é um excelente condutor de eletricidade. Isso porque os metais têm uma propriedade extremamente importante, que pode ser entendida em grau atômico. Um átomo tem um núcleo, feito de prótons e nêutrons, e elétrons girando em torno. Essa visualização do átomo como um minissistema solar não é propriamente correta, mas é suficiente. Átomos de elementos diferentes têm números diferentes de elétrons e prótons. O elemento mais simples, o hidrogênio, tem apenas 1 elétron e 1 próton. O cobre tem 29 de cada. O que difere os metais de outros elementos químicos é a facilidade com que um elétron, o que está na camada mais externa, pode ser extraído. São esses elétrons que fluem no fio, transportando carga elétrica de uma extremidade a outra.

Podemos fazer analogia com uma cachoeira. A água “cai” do ponto mais alto ao ponto mais baixo devido à atração gravitacional da Terra. Na verdade, dizemos que existe uma “diferença de energia potencial gravitacional” entre o alto da cachoeira e sua base. Essa energia pode ser interpretada como a possibilidade de um corpo suspenso cair. É só largar e deixar a gravidade fazer o resto.

Mesmo que a água seja um fluido para nós, microscopicamente ela é feita de moléculas. A corrente elétrica funciona de modo semelhante a uma cachoeira. Em lugar da diferença de energia potencial gravitacional, temos uma diferença de potencial elétrico, que pode ser criada por uma bateria. A função da bateria é a mesma da diferença de altura na cachoeira. Fazer com que as cargas elétricas “caiam” de um potencial maior para um menor. No caso, a diferença de potencial existe entre as duas extremidades do fio.

A diferença de potencial elétrico extrai os elétrons exteriores dos átomos do metal que compõe o fio. No caso do sódio, também um metal, existem 25 bilhões de trilhões de átomos por centímetro cúbico ($2,5 \cdot 10^{22}$ átomos/cm³), e cada um deles libera um elétron para a corrente elétrica. Por isso, a aproximação da corrente elétrica como um fluido contínuo não é nada má. Os átomos dos metais, agora com um elétron a menos, se arranjam em estruturas geométricas extremamente regulares, como cubos ou pirâmides. E os elétrons fluem através dessas redes cristalinas como se elas praticamente não existissem. Claro, existe sempre uma resistência ao movimento dos elétrons que, no caso dos metais, aumenta com a temperatura. Em altas temperaturas, a rede cristalina de íons (átomos que, no caso, perderam elétrons) oscila mais vigorosamente, oferecendo maior resistência à passagem dos elétrons.

Mas os metais não são os únicos elementos químicos usados na condução de eletricidade. A maioria dos circuitos elétricos modernos usa elementos conhecidos como semicondutores, como silício ou germânio. Esses elementos formam cristais extremamente rígidos, como o carbono forma o diamante. Em temperatura ambiente ou mais baixa, esses elementos são ótimos isolantes. Mas, com um aumento de temperatura, é possível fazer com que alguns de seus elétrons passem a ser condutores tais como os metais. Os semicondutores são usados nos transistores, que são fundamentais nos circuitos de computadores, nos amplificadores etc. Um processador [...] tem milhões de transistores integrados em dimensões microscópicas. Pense nisso na próxima vez em que você ligar seu computador.