

Comparações potencialmente analógicas para o ensino dos conceitos básicos em Eletrodinâmica presentes nos livros de Física do PNL D 2018 e 2022

Potentially analogical comparisons for teaching basic concepts in Electrodynamics present in Physics textbooks

Daniel Mota Ricardo

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET/MG)
danielmota83@gmail.com.br

Alexandre da Silva Ferry

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET/MG)
alexandreferry001@gmail.com

Resumo

As analogias são importantes recursos mediacionais para o ensino de Física assim como são para o de Ciências em geral, pois favorecem o aprendizado de conceitos complexos a partir do estabelecimento de correspondências de similaridade dos elementos, atributos e relações desses conceitos com domínios mais familiares e conhecidos. Por isso, elas são frequentemente utilizadas por autores de livros didáticos. Este estudo identifica e classifica comparações potencialmente analógicas, apresentadas no contexto dos conceitos básicos da Eletrodinâmica, presentes nos livros didáticos recomendados no Programa Nacional do Livro Didático de 2018 e de 2022. Essa classificação foi feita com base em uma estrutura de categorização de analogias presentes em livros didáticos de Ciências proposta por Curtis e Reigeluth (1984) com contribuições de Thiele e Treagust (1994). Com o resultado obtido, propomos a alteração de algumas categorias empregadas com o objetivo de melhor descrever os domínios utilizados como base nas comparações analógicas investigadas.

Palavras-chave: Analogias, Eletrodinâmica, Ensino de Física, Livros didáticos

Abstract

Analogies are important mediational resources for the teaching of Physics as they are for Science in general, since they contribute to the learning of complex concepts from the setting up of correspondences of similarity of the elements, attributes and relationships of these concepts with more familiar and known domains. Therefore, they are often used by textbook authors. This study identifies and classifies potentially analogical comparisons, presented in the context of the basic concepts of Electrodynamics, present in the textbooks recommended in the National Textbook Program of 2018 and 2022. This classification was based on a categorization structure of analogies presented in Science textbooks proposed by Curtis and Reigeluth (1984) with contributions of Thiele and Treagust (1994). With the result obtained, we propose the

alteration of some categories used in order to better describe the domains used as a basis for the investigated analogical comparisons.

Key words: Analogies, Electrodynamics, Teaching Physics, Textbooks

Introdução

Dentre os conteúdos ensinados na disciplina de Física, a Eletrodinâmica é um tema cujos conceitos demandam alto grau de abstração, exigindo o desenvolvimento de modelos mentais para a sua compreensão (TABER et al., 2006). Nesse contexto, as analogias desempenham um papel importante no ensino da Eletrodinâmica, pois podem permitir que os alunos estabeleçam vínculos cognitivos entre o que já sabem e o que estão aprendendo, integrando dessa forma os novos conceitos da Física ao seu conhecimento existente (FOTOU; ABRAHANS, 2020). Pode-se dizer que o objetivo do uso das analogias em sala de aula seria o de apresentar conceitos desconhecidos ou pouco conhecidos a partir de ideias familiares, e, de acordo com Duit (1991), auxiliar a aprendizagem dos alunos, favorecendo a imaginação de estruturas, sistemas, processos ou ideias das Ciências a partir de coisas mais conhecidas e tangíveis. Além disso, as analogias lhes permitem estabelecer correspondências de similaridade entre aspectos do mundo vivido pelos estudantes com as questões apresentadas pela Ciência.

A origem das analogias utilizadas em uma sala de aula é variada, podendo ter sido planejada ou gerada espontaneamente pelo professor ou pelos próprios alunos, ou ainda estar presente em livros didáticos. Sendo esses um importante recurso pedagógico, referência para o planejamento de aulas e fonte de consulta para professores e estudantes, neste trabalho analisamos as comparações empregadas como analogias, no contexto da Eletrodinâmica, presentes nos livros didáticos de Física e de Ciências da Natureza e suas Tecnologias recomendados no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) dos anos de 2018 e de 2022. A análise foi feita a fim de caracterizar essas comparações e responder às seguintes questões: (1^a) considerando as duas últimas edições do PNLD, com que frequência as analogias para o estudo da Eletrodinâmica estão incluídas nos livros didáticos de Física? (2^a) como se caracterizam os domínios utilizados como base para a compreensão das teorias e conceitos da Eletrodinâmica? (3^a) as categorias propostas por Curtis e Reigeluth (1984) com contribuições de Thiele e Treagust (1994) contemplam a diversidade de comparações normalmente presentes nesses livros didáticos?

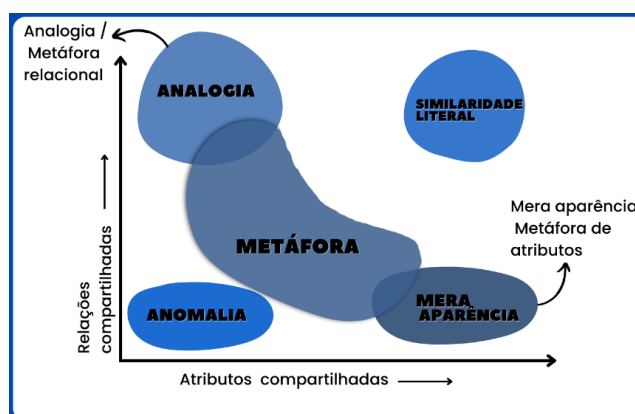
Definição de analogia

Segundo Gentner (1983), analogias são comparações envolvendo correspondências relacionais entre um domínio base (DB) – familiar ao interlocutor – e um domínio alvo (DA) – que se busca a compreensão. Para indicar que tipo de comparação tem essas correspondências relacionais (classificando assim a comparação como uma analogia), a autora propôs uma teoria para o mapeamento das analogias, a Teoria do Mapeamento Estrutural (TME). Na TME os elementos e predicados do DB e do DA se relacionam entre si e podem ser mapeados sistematicamente. Contudo, uma distinção simples, mas fundamental, é feita entre os tipos de predicados: deve-se distinguir os atributos dos elementos das relações existentes entre esses elementos e/ou seus atributos. Os atributos são predicados descritivos baseados em um único argumento, e as relações são predicados relacionais baseados em dois ou mais argumentos. Por exemplo, uma colisão (entre os elementos 1 e 2) é uma relação, enquanto vermelho (a cor de um dos elementos) é um atributo (GENTNER & GENTNER 1982). Uma analogia é, portanto, uma comparação em que uma estrutura relacional (de relações, e não de atributos) que se aplica ao



DB pode ser aplicada ao DA. Destacando a diferença entre analogias e outras comparações, Gentner e Markman (1997) elaboraram um mapa de similaridades (Figura 1). Para os autores, uma analogia ocorre quando as comparações exibem muita similaridade entre relações e pouca similaridade entre atributos. Outros tipos de comparação são definidos Dependendo da predominância das quantidades de correspondências de similaridade existentes entre relações e atributos: similaridades literais, comparações de mera aparência e anomalias. De acordo com o mapa, é possível ainda descrever o modo como as metáforas aparecem nessa distribuição: as metáforas abrangem desde comparações relacionais até comparações baseadas em atributos, porém no caso das metáforas tem-se o estabelecimento de comparações menos explícitas ou o emprego de expressões de caráter metafórico nas descrições de entidades de interesse científico.

Figura 1: Mapa de similaridades



Fonte: Elaborado pelos autores baseado em Gentner e Markman (1997)

Metodologia de pesquisa

Analisamos as comparações potencialmente analógicas utilizadas para o ensino dos conceitos básicos da Eletrodinâmica presentes nos livros de Física e Ciências da Natureza recomendados pelo Guia de Livros Didáticos do PNL D, anos de 2018 e de 2022. Contudo, faz-se necessário definir, no âmbito deste trabalho, dois conceitos presentes na afirmação anterior:

a) **Comparações potencialmente analógicas (CPA):** Segundo o nosso referencial teórico, para definir o tipo de comparação existente entre dois domínios, deve-se fazer um mapeamento estrutural dos elementos, atributos e das relações existentes. Entretanto, este mapeamento não será feito no presente estudo. Por isso, iremos considerar que CPA são comparações nas quais foi possível identificar, pela leitura do texto contido no livro didático, um foco relacional entre os elementos e atributos do DB e do DA.

b) **Conceitos básicos da Eletrodinâmica (CBE):** Para essa análise, entendemos por CBE o ensino dos conceitos de corrente elétrica, diferença de potencial/fontes de tensão, resistência elétrica, 1ª e 2ª Leis de Ohm e fundamentos dos circuitos elétricos.

Para a identificação das CPA, utilizamos 2 procedimentos metodológicos: i) Leitura integral dos capítulos, dos livros envolvidos, que tratam dos conceitos básicos da Eletrodinâmica; ii) Utilização das obras didáticas em formato digital PDF e programa de computador leitor de PDF (Adobe Acrobat Reader DC), permitindo a busca por caracteres coringa (ou truncamento). Nessa busca, utilizando, por exemplo, os caracteres ANALOG, conseguimos fazer a busca por palavras do documento que tenham esses caracteres na ordem apresentada (seria possível achar no texto palavras como analogias, analogamente, análogo). Os caracteres de busca utilizados

para identificar no texto as comparações potencialmente analógicas presentes foram: ANALOG, COMPAR, SEMELH, SUPON, PAREC, ASSIM COMO, MESM.

Na edição do PNLD 2018, foram doze coleções de Física recomendadas. Na Tabela 1 especificamos a identificação utilizada neste trabalho referente a cada um dos livros didáticos.

Tabela 1: Identificação dos livros didáticos – PNLD 2018

Identificação adotada	Referência do livro didático
L1	GASPAR, A. Compreendendo a Física. 3. ed. São Paulo: Ática, 2016. v. 3.
L2	GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J. R.; CARRON, W. Física. 2. ed. São Paulo: Ática, 2016. v. 3
L3	LUZ, A. M. R.; ÁLVARES, B. A.; GUIMARÃES, C. G. Física: contexto & aplicações: ensino médio. 2. ed. São Paulo: Scipione, 2016. v. 3.
L4	VÁLIO, A. B. M. et al. Ser protagonista: física: 3º ano do ensino médio. 3. ed. São Paulo: Edições SM, 2016.
L5	YAMAMOTO, K.; FUKU, L. F. Física para o ensino médio. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2016. v. 3.
L6	BISCUOLA, G. J.; VILLAS BÔAS, N.; DOCA, R. H. Física. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016. v. 3.
L7	GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C. Física: interação e tecnologia. 2. ed. São Paulo: Leya, 2016. v. 3.
L8	BARRETO, B.; XAVIER, C. Física aula por aula: 3º ano. 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.
L9	BONJORNO, V. et al. Física: 3º ano. 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.
L10	PIETROCOLA, M. et al. Física em contexto: 3º ano do ensino médio. São Paulo: Editora do Brasil, 2016.
L11	TORRES, C. M. A. et al. Física: ciência e tecnologia. 4. ed. São Paulo: Moderna, 2016. v. 3.
L12	MARTINI, G. et al. Conexões com a física. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2016. v. 3.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Já no PNLD 2022, em adequação ao Novo Ensino Médio, foram selecionadas obras didáticas por área de conhecimento. Portanto o conteúdo de Física está inserido nas coleções da área de conhecimento *Ciências da Natureza e suas tecnologias*. Cada uma das coleções é composta por 6 obras, contemplando as disciplinas de Física, Química e Biologia. O conteúdo de CBE está presente em todas as coleções recomendadas cuja referência e identificação adotada neste trabalho estão dispostos na tabela 2.

Tabela 2: Identificação dos livros didáticos – PNLD 2022

Identificação adotada	Referência do livro didático
L13	MORTIMER, E. et al. Matéria, energia e vida: uma abordagem interdisciplinar – O mundo atual: Questões sociocientíficas. 1. Ed. São Paulo: Scipione, 2020
L14	LOPES, S.; ROSSO, S. Ciências da natureza: Mundo tecnológico e ciências aplicadas. 1. ed. São Paulo : Moderna, 2020.
L15	SANTOS, K. C. et al. Diálogo: ciências da natureza e suas tecnologias. Energia e sociedade: uma reflexão necessária. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020
L16	AMABIS, J.M. et al. Moderna plus: ciências da natureza e suas tecnologias: Ciência e tecnologia. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020.
L17	THOMPSON, M. et al. Conexões: ciências da natureza e suas tecnologias: Energia e ambiente. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020.
L18	FUKUI, A. et al. Ser protagonista: ciências da natureza e suas tecnologias: Energia e transformações: 1. ed. São Paulo: Edições SM, 2020.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022

Categorização das analogias

Vários trabalhos, nacionais e internacionais, que fazem uma análise quantitativa de analogias encontradas em livros didáticos e em práticas docentes, o fazem de acordo com a classificação proposta por Curtis e Reigeluth (1984) e Thiele e Treagust (1994). Como exemplo desta prática podemos citar os trabalhos de Silva (2016), Zambon e Terrazan (2013), Zambon, Piccini e Terrazan (2009), Silva e Martins (2010) e Yener (2012). Contudo, como sugerem Curtis e Reigeluth (1984), os esquemas de classificação são arbitrários e as comparações podem ser categorizadas de várias maneiras distintas e que o ideal seria uma classificação a partir das analogias já levantadas previamente, o que possibilitaria modificações ao esquema a partir das características encontradas.

Dito isto, classificamos as comparações entre as categorias já propostas por Curtis e Reigeluth (1984) e Thiele e Treagust (1994) e analisamos se as categorias propostas contemplam a diversidade de comparações normalmente presentes nesses livros didáticos para, a partir dessa análise, discutir uma proposta de ampliação de categorias capaz de abranger a complexidade das analogias encontradas.

Segundo o sistema proposto por Curtis e Reigeluth (1984) e as modificações acrescentadas por Thiele e Treagust (1994), as analogias encontradas nos livros didáticos de ciências podem ser classificadas com a seguinte estrutura:

1) Tipo de relação analógica:

- a) Estruturais: Quando o DB e o DA compartilham a mesma aparência física geral ou constituição similar;
- b) Funcionais: Quando o DB e o DA compartilham funções similares;
- c) Estruturais-Funcionais: Este tipo de relação analógica é uma combinação de relação estrutural e funcional.

2) Formato da apresentação da analogia:

- a) Verbal: Quando a analogia é explicada apenas por palavras;
- b) Imagem-verbal (ou pictórica-verbal): Quando a explicação da analogia é reforçada por uma ou mais imagens que representam o DB, e não o DA*.

3) Condição da analogia:

- a) Concreta-concreta: Quando DB e DA são de natureza concreta;
- b) Abstrata-abstrata: Quando DB e DA são de natureza abstrata;
- c) Concreta-abstrata: Quando o DB é de natureza concreta e o DA de natureza abstrata.

4) Posição do domínio base e alvo na explicação:

- a) Domínio base apresentado no início do tópico: O DB pode ser apresentado no começo da instrução, portanto, antes do DA;
- b) Domínio base apresentado durante a instrução: O DB pode ser apresentado durante a instrução num momento em que o conteúdo é mais difícil para o aprendiz. Nessa posição, atua como um recurso que permite clarificar as informações precedentes e/ou podendo funcionar como um guia para as próximas informações sobre o DA;
- c) Domínio base apresentado no final do tópico: O DB pode aparecer no final da instrução, auxiliando na síntese da informação precedente e concluindo a explicação sobre o DA.
- d) Domínio base apresentado à margem do texto*: O DB pode ser apresentado fora do



texto principal, por exemplo em uma nota, à margem.

5) Nível de enriquecimento:

- Simple: Também denominadas apresentações analógicas de 1º nível, apresentam apenas uma pequena semelhança entre DB e DA. São usualmente compostas de três partes principais – o alvo, o análogo e um conectivo do tipo “é como” ou “pode ser comparado a”;
- Enriquecida: Também denominadas apresentações analógicas de 2º nível, apresentam algumas correspondências estabelecidas entre o DB e o DA;
- Estendida: Também denominadas apresentações analógicas de 3º nível, podem ser de duas formas: são utilizados vários DB para descrever o alvo ou são estabelecidas várias relações entre o DB e o DA.

6) Orientação pré-tópico:

- Explicação da analogia: Introduce o DB e identifica a relação com o DA em pelo menos um ponto;
- Identificação da estratégia: Destaca que o texto apresentado como analogia é apenas uma comparação;
- Explicação da analogia e identificação da estratégia: Inclui ambas as ações.
- Nenhum

7) Limitações da analogia*:

- Deixa explícito que existem pontos de ruptura nas analogias, em que podem surgir mal-entendidos.
- Não fala sobre limitações da analogia

* Os critérios ou categorias marcadas com asteriscos foram modificações propostas no trabalho de Thiele e Treagust (1994).

Resultados e discussão

Nas tabelas 3 e 4 apresentamos o quantitativo de comparações potencialmente analógicas presentes nas obras didáticas de acordo com a classificação adotada:

Tabela 3: Comparações potencialmente analógicas (CPA) encontradas nos livros L1 a L12 – PNLD 2018.

		Número de CPA encontradas											
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12
Total de CPA por livro:		2	1	4	2	1	0	0	1	2	2	0	5
Relação	Estrutural	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Funcional	2	1	2	2	1	-	-	1	2	2	-	3
	Estrutural-funcional	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Apresentação	Verbal	1	1	1	1	-	-	-	1	2	2	-	3
	Imagem-verbal	1	-	3	1	1	-	-	-	-	-	-	2
Condição	Concreto/Concreto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Abstrato/Abstrato	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	Concreto/Abstrato	2	1	4	2	1	-	-	1	2	-	-	4
Posição	Início	-	-	-	1	1	-	-	-	1	-	-	2
	Durante	2	1	1	-	-	-	-	1	1	1	-	2
		6											

	Final	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	À margem	-	-	1	1	-	-	-	-	1	-	1
Enriquecimento	Simple	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-
	Enriquecida	-	-	2	1	-	-	-	2	2	-	2
	Estendida	2	-	2	-	1	-	-	1	-	-	3
Orientação	Explicação	1	1	1	1	-	-	-	1	1	1	4
	Identificação	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
	Ambos	1	-	3	-	1	-	-	-	1	1	1
	Nenhum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Limitações	Apresenta	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-
	Não apresenta	1	-	3	1	1	-	-	1	2	2	5

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Tabela 4: Comparações potencialmente analógicas (CPA) encontradas nos livros L13 a L19 – PNLD 2022.

		Número de CPA encontradas						
		L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19
Total CPA por livro:		1	0	0	0	0	0	0
Relação	Estrutural	-	-	-	-	-	-	-
	Funcional	1	-	-	-	-	-	-
	Estrutural-funcional	-	-	-	-	-	-	-
Apresentação	Verbal	-	-	-	-	-	-	-
	Imagem-verbal	1	-	-	-	-	-	-
Condição	Concreto/concreto	-	-	-	-	-	-	-
	Abstrato/abstrato	-	-	-	-	-	-	-
	Concreto/abstrato	1	-	-	-	-	-	-
Posição	Início	1	-	-	-	-	-	-
	Durante	-	-	-	-	-	-	-
	Final	-	-	-	-	-	-	-
	À margem	-	-	-	-	-	-	-
Enriquecimento	Simple	-	-	-	-	-	-	-
	Enriquecida	1	-	-	-	-	-	-
	Estendida	-	-	-	-	-	-	-
Orientação	Explicação	1	-	-	-	-	-	-
	Identificação	-	-	-	-	-	-	-
	Ambos	-	-	-	-	-	-	-
	Nenhum	-	-	-	-	-	-	-
Limitações	Apresenta	-	-	-	-	-	-	-
	Não apresenta	1	-	-	-	-	-	-

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Um total de 21 CPA foram identificadas no contexto do ensino dos CBE. Dessas, 20 (95% do total de comparações) estão presentes nos 12 livros do PNLD 2018 (63% do total de livros analisados). Desses 12 livros recomendados pelo PNLD 2018, 3 não apresentaram nenhuma analogia. Já para as 9 obras do PNLD 2022, 8 não apresentaram nenhum tipo de analogia. O que nos permite inferir, em uma análise preliminar, que há uma diferença de estilo pedagógico sobre como o conteúdo de Física é apresentado nessas obras, visto que o emprego de analogias na edição de 2022 é quase inexistente.

Sobre o tipo de relação analógica, não tivemos analogias classificadas como apenas estruturais. No entanto, a maioria (17) foi classificada como funcional e apenas 4 como estruturais-funcionais. Esse resultado é condizente com a definição aqui utilizada para a seleção das analogias, pois consideramos que as comparações potencialmente analógicas são aquelas que possuem foco relacional, pela definição de Curtis e Reigeluth (1984), as analogias estruturais

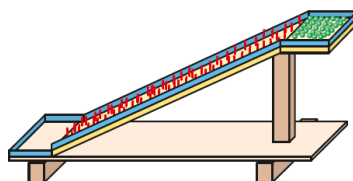
podem ter a mesma aparência física ou terem uma similaridade de construção. Portanto, para a definição de analogia dada pelo nosso referencial teórico, dificilmente teremos comparações relacionais puramente estruturais. Um exemplo de comparação relacional e funcional encontrada na obra L9 é mostrado a seguir:

Quando pressionamos o interruptor de luz, a lâmpada acende imediatamente. Será que essa rapidez está relacionada com a velocidade dos elétrons no interior do condutor? Algo semelhante ocorre quando abrimos o registro de uma torneira, mas sabemos que a água, em geral, desce da caixa sob a ação da gravidade, e sua velocidade é relativamente baixa. Então como esses dois fenômenos podem ocorrer de modo quase instantâneo? Vejamos. A água está nos canos, assim como os elétrons estão no condutor. Todas as partículas de água nos canos estão sob a ação da gravidade. O mesmo ocorre com os elétrons de um condutor quando submetidos a uma diferença de potencial: todos ficam sob a ação do campo elétrico (pág. 69).

Com relação à forma de apresentação, tivemos 12 comparações do tipo verbal e 9 comparações do tipo imagem-verbal, o que mostra um equilíbrio entre esses 2 modos de apresentação. Boa parte das analogias do tipo imagem-verbal (6) aparecem nas abordagens onde a situação analógica é do tipo abstrata/abstrata ou do tipo concreto-idealizado/abstrato (esse tipo não está na classificação utilizada, mas iremos definir esta categoria adiante). Consideramos que os autores das obras didáticas recorrem ao uso de ilustrações por se tratar de comparações onde o DB exige um maior esforço cognitivo para o entendimento de seus elementos, características e relações, como mostrado na Figura 2, e no trecho a seguir, extraído da obra L12:

As bolinhas de gude representam os elétrons livres da corrente elétrica. Os pregos representam os íons da rede que formam o próprio condutor e que oferecem oposição à passagem das bolinhas, assim, os pregos estão associados à resistência elétrica R do condutor. Quanto maior a velocidade de descida das bolinhas, maior o número de elétrons livres que passam por uma seção da rampa (condutor), deste modo, a velocidade de descida é proporcional à intensidade da corrente elétrica i . Nesta analogia, a altura vertical da rampa é proporcional à diferença de potencial elétrico V_{AB} (pág. 101).

Figura 2: Analogia sobre a 1ª Lei de Ohm



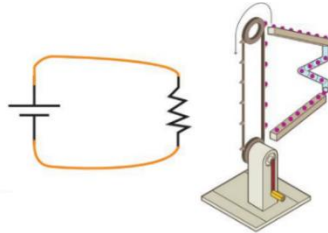
Fonte: MARTINI, G. et al. Conexões com a física (2016).

As condições analógicas mais comuns que encontramos foram as do tipo concreto-abstrato (19). Essa quase predominância dessa categoria já era esperada e está em consonância com os resultados de Curtis e Reigeluth (1984) e Thiele e Treagust (1994). Contudo, achamos que no que se refere às condições comparativas é necessário haver a inclusão de novas categorias a fim de melhor identificar as analogias encontradas. Algumas comparações, como a presente no livro L12 (Figura 3), o DB atenderia parte da definição dada por Thiele e Treagust (1994), onde concreto é um domínio com a possibilidade de observação sensorial direta. No entanto, a referida comparação não atende o restante da definição dada pelos autores em que a condição

concreta deve ser consistente com as experiências de vida dos estudantes.

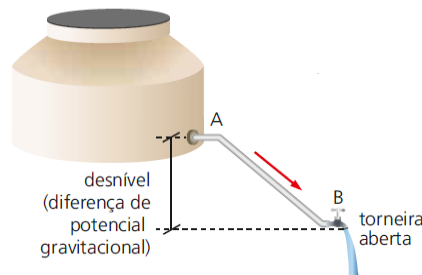
Por isso, achamos adequado a reclassificação da categoria concreto/abstrato em 2 categorias emergentes: i) concreto-real/abstrato e ii) concreto-idealizado/abstrato, para distinguir o DB em situações concretas da experiência real e possível de ser vivida pelos estudantes, de situações concretas idealizadas, criadas apenas para facilitar a compreensão do DA. Em contraposição à figura 3, que representa uma analogia concreto-idealizado/abstrato, a figura 4 traz uma comparação concreto-real / abstrata.

Figura 3: Analogia mecânica de um circuito elétrico



Fonte: MARTINI, G. et al. Conexões com a física (2016).

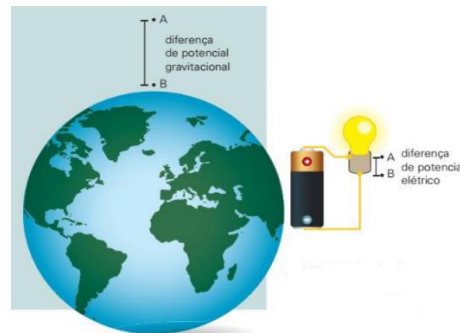
Figura 4: Analogia do fluxo hidráulico com a corrente elétrica



Fonte: YAMAMOTO, K.; FUCE, L. F. Física para o ensino médio (2016).

Ainda em relação à condição, tivemos 2 comparações classificadas como abstrato/abstrato, onde tanto o DB quanto o DA são de natureza abstrata. Nesses casos, como exemplificado pela analogia entre a diferença de potencial gravitacional e elétrico extraído do livro L12 (figura 5), o DB utilizado é um domínio conceitual interno à Física, que requer que o estudante já tenha aprendido esse tópico anteriormente. Dito isto, propomos o desmembramento da categoria abstrato/abstrato em 2 categorias emergentes: i) abstrato-interno/abstrato e ii) abstrato-externo/abstrato, de modo a possibilitar a classificação do DB de natureza abstrata cujo conceito é interno à disciplina de Física daquele que é de natureza abstrata, porém externo aos conceitos da Física.

Figura 5: Analogia entre a diferença de potencial gravitacional e elétrico



Fonte: MARTINI, G. et al. Conexões com a física (2016).

Quanto à posição das analogias a maior ocorrência foi a de comparações apresentadas durante a explicação do conceito (9 ocorrências, 43%), seguida de 6 ocorrências apresentadas no início, 4 à margem e 2 no final. A categoria de comparações apresentadas à margem do texto principal foi acrescentada no trabalho de Thiele e Treagust (1994) e aqui a entendemos como sendo todas as comparações fora do texto-base, como notas de página, descrição de figuras e exercícios.

No caso do nível de enriquecimento, Curtis e Reigeluth (1984) relata que as analogias de nível simples são raras nos livros didáticos, pois são comparações que apresentam o DB e o DA, porém sem explicações adicionais. Encontramos apenas 2 comparações desse tipo nas obras analisadas. Para os demais tipos foram encontradas 10 comparações do tipo enriquecida e 9 comparações do tipo estendida, o que mostra um bom número de analogias que envolvem comparações de vários atributos e relações de um único DB. O trecho extraído do livro L10 é um exemplo de comparação considerada com estendida:

A água de uma cachoeira “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 (pág. 58).

Quanto à orientação pré-tópico, a maioria das comparações (12 – 57%) foram classificadas por apresentarem uma explicação do DB. Outras 8 comparações (38%) foram classificadas não apenas por apresentarem essa explicação, mas também por identificar a analogia como uma estratégia cognitiva. Esses dados mostram a importância dada à descrição do DB, mostrando a complexidade deste, ou pressupondo que ele não seja familiar aos estudantes.

No que diz respeito à presença de comentários que apontassem as limitações das analogias utilizadas nos livros didáticos, apenas 4 comparações incluíram alguma observação. Esse baixo número de ocorrências sugere a pouca atenção dada pelos autores a este aspecto importante das analogias, transferindo para professores ou estudantes a tarefa de distinguir corretamente os

elementos, atributos e relações que não tem correspondência entre os DB e DA. O trecho a seguir foi extraído do livro L3 e exemplifica um texto que trata de limitações da analogia:

Atente, no entanto, para os limites da analogia! Apenas para que conste um de seus limites, chamamos a atenção para o fato de os pregos estarem parados, o que não é análogo ao movimento oscilatório real dos íons do metal (pág. 101).

Apesar de ser sucinto, e de ter abordado apenas uma das limitações presentes na analogia, o trecho acima demonstra um importante aspecto das comparações analógicas e a forma na qual o texto aponta explicitamente as limitações é essencial para que os alunos não transportem conceitos não correspondentes entre os domínios base e alvo.

Conclusões

A análise das ocorrências de comparações potencialmente analógicas sobre os conceitos básicos da Eletrodinâmica presentes nos livros didáticos investigados nos permitiu elaborar as respostas que apresentamos nesta seção.

Sobre a primeira questão, que trata da frequência com a qual as analogias são empregadas nos livros didáticos de Física no contexto da Eletrodinâmica, verificamos uma acentuada diferença no uso de analogias entre as obras selecionadas no PNLD 2018 em comparação ao PNLD 2022. Somente 1 comparação potencialmente analógica foi encontrada nas obras da edição de 2022 em contraposição à 20 comparações nas obras da edição de 2018. Houve uma grande mudança na concepção das obras didáticas entre as edições investigadas em razão da adequação do conteúdo das disciplinas isoladamente para obras por área de conhecimento. Esse pode ser um possível motivo de alterações de estratégias de ensino para as quais o papel das analogias foi menorizado.

Nossa segunda questão de pesquisa foi respondida em detalhes na seção de resultados e discussões, tendo, como aspecto geral, que os domínios base presentes nos livros analisados são, em maior parte, caracterizados por terem relações funcionais, apresentações verbais, de condição concreta (real/idealizado), de posição durante a instrução, do tipo enriquecida, de orientação pré-tópico com explicação e sem apresentar as limitações das analogias.

Relativamente à terceira questão de pesquisa, as categorias já propostas nos estudos anteriores contemplaram a diversidade de analogias presentes nas obras didáticas. Contudo, com o objetivo de melhor categorizar os domínios base das analogias presentes nos livros sugerimos uma modificação na estrutura de classificação utilizada no que diz respeito à condição de apresentação das analogias. As seguintes subcategorias foram então propostas: i) concreto-real/abstrato, ii) concreto-idealizado/abstrato, iii) abstrato-interno/abstrato e iv) abstrato-externo/abstrato. Entendemos que com essas novas categorias há uma maior possibilidade de compreender a natureza do domínio base, resultando em algumas implicações para o ensino de Física, como: 1º) o entendimento da complexidade do DB a fim de avaliar a adequação do uso deste para a transferência de conceitos ao domínio alvo. 2º) avaliar perdas e ganhos pedagógicos quanto ao uso de determinadas analogias. 3º) avaliar a necessidade de explicações adicionais sobre o DB. 4º) avaliar a possibilidade do uso de outros recursos como os modelos analógicos para auxiliar a compreensão de DB complexos.

Pelas conclusões apresentadas consideramos que este trabalho apresenta importantes contribuições para o ensino de Física. Sugerimos que futuros estudos investiguem a diminuição do emprego de analogias entre as obras do PNL D 2018 e 2022 e ainda se as categorias aqui criadas para melhor descrever as características do DB são relevantes para outros conteúdos da Física e para as demais disciplinas das Ciências da Natureza.

Referências

- CURTIS, R. V.; REIGELUTH, C. M. The use of analogies in written text. *Instructional Science*. v. 13, p. 99-117, 1984.
- DUIT, R. On the Role of Analogies and Metaphors in Learning Science. *Science education*, v. 75, n. 6, p. 649-672, 1991.
- FOTOU, N.; ABRAHAMS, I. Extending the Role of Analogies in the Teaching of Physics. *The Physics Teacher*, Vol. 58. 2020.
- GENTNER, D., & GENTNER, D. R. Flowing waters or teaming crowd: Mental models of electricity. In D. Gentner & A. L. Stevens (Eds.), *Mental models*. Hillsdale. NJ: Erlbaum, 99-129, 1983.
- GENTNER, D. Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive science*, v. 7, n. 2, p. 155-170, 1983.
- GENTNER, D.; MARKMAN, A. B. Structure Mapping in Analogy and Similarity. *American psychologist*, v. 52, n. 1, p. 45, 1997.
- SILVA, C. A. S.; MARTINS, M. I. Analogias e metáforas nos livros didáticos de física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 27, n. 2: p. 255-287, ago. 2010.
- SILVA, L. L. As analogias no estudo de conteúdos conceituais de física. 315f, 2016. Mestrado em Educação do Programa de pós-graduação em educação da Universidade Federal de Santa Maria UFSM RS, 2016.
- TABER, K. S. ET AL. Conceptual resources for constructing the concepts of electricity: the role of models, analogies and imagination. *Physics Education* 41, 2006.
- THIELE, R.; TREAGUST, D. An interpretative examination of high school chemistry teachers' analogical explanations. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (3), 227- 242, 1994.
- ZAMBON, L. B.; TERRAZZAN, E. A. Analogias produzidas por alunos do ensino médio em aulas de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 35, n. 1, 1505 (2013).
- ZAMBON, L. B.; PICCINI, I. P.; TERRAZZAN, E. A. Comparando a Utilização de Analogias em Livros Didáticos para a Educação em Ciências. In: VII ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisadores em Educação em Ciências, 2009, Florianópolis., 8 nov. 2009.
- YENER, D. A study on analogies presented in high school physics textbooks. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, Volume 13, Issue 1, Article 5, p.1 (Jun., 2012).