

## **Concepção de um software para mapeamento estrutural de analogias empregadas no ensino de ciências**

### **Conception of software for structural mapping of analogies used in science teaching**

**Wilbert Viana Barbosa**

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais  
wilbertviana@gmail.com

.....

**Alexandre da Silva Ferry**

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais  
alexandreferry@cefetmg.br

### **Resumo**

O uso de analogias em sala de aula ou textualmente é uma prática de ensino muito comum, normalmente realizada de forma espontânea e pouco sistematizada. O campo de estudos sobre analogias em contextos de ensino tem revelado o potencial desse recurso de mediação didática para a aprendizagem, mas também tem apontado os riscos decorrentes do mau uso. Na perspectiva da análise de analogias e do seu emprego no ensino, Ferry e Paula (2017) introduzem um sistema de notações, respaldado pela *Structure-mapping theory*, de Gentner (1983), para esquematizar as correspondências entre dois domínios comparados analogicamente no contexto da Educação em Ciências. Esse sistema de notações serviu como base para a estruturação de um software capaz de auxiliar a construção do mapeamento estrutural de analogias e auxiliar o processo de análise estrutural e sistemática desse tipo de comparação, que foi concebido a partir de procedimentos comuns no desenvolvimento de software: levantamento de requisitos; construção do banco de dados; codificação e testes das funcionalidades implementadas. Assim, o presente artigo apresenta o desenvolvimento de uma ferramenta digital fundamentada, denominada Sistema MAPES, que demonstrou ser capaz de otimizar o processo de mapeamento estrutural, por meio da apresentação de elementos úteis para a análise das analogias, e de contribuir para o campo de estudos. Como conclusão, o Sistema MAPES pode ser usado como um importante recurso tecnológico para auxiliar nos estudos de analogias aplicadas a contextos de ensino e de pesquisa, seja no planejamento ou na análise desse recurso mediacional.

**Palavras-chave:** Analogia. Ensino de ciências. Software educativo.

---

## Abstract

The use of analogies in the classroom or in texts is a very common teaching practice, usually carried out spontaneously and unsystematic. The researches on analogies in teaching contexts has revealed the potential of this didactic mediation resource for learning, but has also pointed out the risks arising from misuse. In the perspective of analyzing analogies and their use in teaching, Ferry e Paula (2017) introduce a notations system, backed by Gentner's Structure-mapping theory (1983), to sketch the correspondences between two domains analogically compared in the context of Science Education. This notations system was used to develop a software capable of assisting the construction of the structural mapping of analogies and of assisting the process of structural and systematic analysis of this type of comparison, which was conceived from common procedures in software development: requirements gathering; construction of the database; coding and testing of the implemented functionalities. Thus, this paper presents the development of a grounded digital tool, called MAPES, which has been able to optimize the structural mapping process by presenting useful elements for the analysis of analogies and contributing to the field of studies. In conclusion, the MAPES can be used as an important technological resource to assist in the study of analogies applied to teaching and research contexts, either in the planning or analysis of this mediational resource.

**Key words:** Analogy. Science teaching. Educative Software.

## Introdução

O presente trabalho apresenta o processo de desenvolvimento de um software, construído a partir de uma pesquisa sobre as características de analogias em contextos de ensino, denominado Sistema de Mapeamento Estrutural de Analogias (MAPES).

As analogias são comparações entre dois domínios com foco nas correspondências entre as relações semelhantes de um domínio base, utilizado como fonte de conhecimentos, e um domínio alvo, tomado como conhecimento a ser explicado e/ou compreendido. Empregadas nos processos de ensino e de aprendizagem, as analogias podem ser poderosos recursos de mediação didática desde que o professor as explore adequadamente. Por outro lado, também podem provocar equívocos se forem estruturadas de forma inadequada.

O software apresentado neste trabalho foi concebido a partir de um sistema de notações e instruções para o mapeamento de correspondências entre domínios comparados das analogias, desenvolvido por Ferry e Paula (2015, 2017) e Ferry (2016), que teve como referencial duas teorias do campo da Psicologia Cognitiva – a Teoria do Mapeamento de Estruturas (*Structure-mapping theory*) de Dedre Gentner (GENTNER, 1983) e a Teoria das Múltiplas Restrições (*Multiconstraint theory*) de Keith Holyoak e Paul Thagard (HOLYOAK; THAGARD, 1989). O mapeamento se constitui como uma ferramenta útil para agilizar e sistematizar

o processo de alinhamento entre elementos, atributos e relações correspondentes entre os domínios comparados, e evitar falhas de codificação dessas correspondências, permitindo que se conheça e se deduza a estrutura relacional comum da analogia mapeada. Contudo, mesmo para aqueles que conhecem a Teoria do Mapeamento de Estruturas e as notações desenvolvida por Ferry e Paula (2015, 2017), a construção do mapeamento pode ser uma tarefa complexa. Assim, este trabalho foi orientado pelo propósito de apresentar o desenvolvimento de uma ferramenta tecnológica concebida para permitir o mapeamento estrutural automático de comparações tomadas como analogias para o ensino, uma vez que a tecnologia da informação tem sido utilizada como importante recurso na otimização de processos manuais complexos.

Desta forma, a partir da compreensão dos procedimentos do mapeamento estrutural, foram levantados requisitos de software onde pudemos propor o desenvolvimento de uma ferramenta web que pudesse, de forma amigável, auxiliar o desenvolvimento do mapeamento e análise das comparações.

As linguagens utilizadas na implementação foram o PHP, linguagem de programação para web, HTML, linguagem de marcação para páginas web e CSS, linguagem para definição de estilos de páginas web. A base de dados foi projetada e implementada no SGBD MySQL, que possui excelente integração com o PHP. Na seção da metodologia deste trabalho estão apresentadas, de forma mais detalhada, os procedimentos aplicados no desenvolvimento dessa ferramenta.

## **Fundamentação Teórica**

A presente seção contém os conceitos estruturantes, os referenciais teóricos e o sistema de notações simbólicas utilizadas no desenvolvimento do software apresentado neste trabalho.

### **Analogias**

De acordo com o referencial teórico utilizado neste estudo, as analogias são comparações entre um domínio base, tomado como conhecimento familiar, e um domínio alvo, tomado como conhecimento a ser explicado ou compreendido em situações de ensino, com foco nas correspondências estabelecidas, essencialmente, entre relações similares constituintes dos dois domínios comparados, além das correspondências entre elementos e predicados descritivos desses elementos (GENTNER, 1983; FERRY, 2016).

No campo de estudos desse tipo de recurso mediacional, vários autores atentam para a importância das analogias como uma poderosa ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências, especialmente de conceitos com maior grau de complexidade que podem ser elucidados com o apoio dessas comparações (HOFFMANN, 2012; ZAMBON; TERRAZZAN, 2013; FERRY; NAGEM, 2015)

As analogias, quando exploradas adequadamente em contextos de ensino, configuram-se como um recurso que viabiliza a promoção e a interação entre um conhecimento familiar e um conhecimento a ser compreendido, dando

significado ao conhecimento científico em sua assimilação (FERRY; NAGEM, 2015).

Em sua revisão da literatura sobre os contributos e desafios do uso de analogias na Educação em Ciências, Duarte (2005) reúne uma série de benefícios do emprego desse recurso mediacional discutidas por outros pesquisadores, como: ativar o raciocínio analógico, organizar a percepção, desenvolver capacidades cognitivas e tornar o conhecimento científico mais inteligível e plausível. Contudo, é necessário um cuidado na exploração desse recurso, pois a utilização inadequada pode gerar dificuldades na aprendizagem.

Ferraz e Terrazan (2003) reconhecem a importância do uso de analogias de uma forma mais organizada na qual sejam utilizadas estratégias didáticas elaboradas especificamente para o trabalho com analogias em sala de aula. Para isso, compreender as potencialidades e fragilidades de determinada comparação é fundamental para seu uso efetivo em situações de ensino.

Como método de análise e como meio de promover a compreensão dos aspectos estruturais de uma analogia empregada no ensino de Ciências, Ferry (2016) e Ferry e Paula (2017) desenvolveram um sistema de notações apresentado como padrão de representação de correspondências entre elementos, atributos (predicados descritivos dos elementos), relações, diferenças alinháveis e limitações, baseado na Teoria do Mapeamento de Estruturas brevemente apresentada a seguir.

### **Teoria do Mapeamento de Estruturas das Analogias**

A Teoria do Mapeamento de Estruturas de Analogias foi proposta por Gentner (1983) e retomada por Gentner e Markman (1997) como fundamento para compreensão dos processos cognitivos ocorridos em um raciocínio tipicamente analógico, ou seja, sobre como ocorre o estabelecimento de uma analogia na mente humana. A teoria foi desenvolvida dentro do campo da Psicologia Cognitiva e tem sido utilizada no campo da Educação em Ciências como referencial teórico para a compreensão do uso de comparações em contextos de ensino e aprendizagem mediados por esse tipo de recurso (FERRY, 2016).

Embora nos trabalhos de Ferry e Paula (2017) a tradução desse termo tenha sido “Teoria do Mapeamento Estrutural”, optou-se neste trabalho por readequar essa tradução a fim de referir-se aos processos cognitivos ocorridos na mente humana, em um raciocínio tipicamente analógico, como “Mapeamento de Estruturas” e, aos quadros esquematizados, propostos por Ferry e Paula (2017) como “Mapeamento Estrutural”.

Segundo Ferry (2016), a partir do mapeamento da estrutura relacional de uma analogia, é possível identificar características capazes de revelar suas potencialidades ou fragilidades, por exemplo, como recurso didático para o ensino de conceitos ou modelos científicos. A análise feita a partir do mapeamento estrutural também nos permite categorizar o tipo de comparação em questão. De acordo com esse referencial teórico, as comparações podem se constituir como analogias, similaridades de mera aparência, similaridades literais, anomalias, abstrações, metáforas relacionais ou metáforas baseadas em

atributos. O foco do desenvolvimento do software apresentado neste trabalho está sobre as analogias e seus aspectos estruturais, apresentados no campo da Psicologia Cognitiva como restrições psicológicas.

Gentner e Markman (1997) apresentam três restrições psicológicas como características fundamentais para considerar uma comparação como uma analogia propriamente dita: (i) a Consistência Estrutural, que pode ser entendida a partir das correspondências um-a-um entre os elementos e os atributos desses elementos de ambos os domínios, e a conectividade em paralelo entre os argumentos constituintes das relações colocadas em correspondência no mapeamento; (ii) o Foco Relacional, que se refere a uma característica típica das analogias, diferentemente das similaridades de mera aparência, que são focadas em predicados descritivos colocados em correspondência entre os domínios comparados; refere-se também à possibilidade de se mapear relações de primeira ordem e ordem superior, ou seja, relações complexas entre os elementos, atributos e relações de primeira ordem presentes nos dois domínios; e (iii) a Sistemática, que indica a existência de um sistema de relações mutuamente conectadas, em correspondência nos dois domínios, que de certa forma está relacionada ao poder inferencial sobre as relações pouco conhecidas no domínio alvo a partir da interconectividade das relações conhecidas no domínio base.

Ainda no campo da Psicologia Cognitiva, Holyoak e Thagard (1989) apresentam outras três restrições ao raciocínio analógico: isomorfismo, similaridade semântica e centralidade pragmática. O isomorfismo das enunciações, de forma similar à restrição da consistência estrutural apresentada anteriormente, demanda o estabelecimento e o reconhecimento de correspondências entre elementos e de correspondências entre relações de ambos os domínios comparados; de acordo com essa restrição, o reconhecimento da analogia seria promovido, entre outros fatores, pela similaridade entre as formas dos enunciados referentes a cada domínio. A segunda restrição refere-se à similaridade semântica entre as entidades (elementos, atributos e relações) colocadas em correspondência; pode-se dizer que, de acordo com essa restrição, o raciocínio analógico somente será favorecido se os elementos, os atributos e, principalmente, as relações colocadas em correspondência possuírem significados contextuais semelhantes. A restrição da centralidade pragmática, que está relacionada à adequação da analogia com o seu propósito de aplicação no contexto a ser explorada, favorece correspondências que são pragmaticamente importantes para quem estabelece a analogia. Pode-se dizer que, de acordo com essa terceira restrição, a seleção de um domínio base relevante, bem como dos seus aspectos específicos, é diretamente influenciada pelos objetivos de quem a estabelece, isto é, dos propósitos da analogia.

De acordo com Holyoak e Thagard (1989), a fim de ter utilidade pedagógica e heurística, uma analogia deve satisfazer essas três restrições psicológicas. Em outras palavras, quanto maior for o grau de satisfação de uma analogia sobre esses aspectos estruturais, semânticos e pragmáticos, maior será sua utilidade e potencialidade pedagógica em seu emprego nos contextos de ensino e de aprendizagem. Pressupõe-se, neste trabalho, que a análise desses aspectos também pode ser promovida pelo exercício do mapeamento das

correspondências e pela dedução da estrutura relacional comum das analogias por meio da ferramenta digital aqui proposta.

Nesse contexto, este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma ferramenta digital para auxílio na análise objetiva das estruturas relacionais das analogias, por meio do alinhamento de elementos, atributos e relações, bem como do estabelecimento e codificação dessas correspondências. Em síntese, o seu desenvolvimento teve como principal referencial teórico a Teoria do Mapeamento de Estruturas (GENTNER, 1983; GENTNER; MARKMAN, 1997), o Sistema de Notações para o mapeamento estrutural das analogias e outros tipos de comparação (FERRY, 2016; FERRY; PAULA, 2017) e a Teoria das Múltiplas Restrições (HOLYOAK; THAGARD, 1989).

A próxima subseção apresenta mais dois conceitos fundamentais decorrentes das discussões trazidas pelos referenciais citados anteriormente: as diferenças alinháveis e as limitações das analogias. A subseção seguinte apresenta o sistema de notações proposto por Ferry e Paula (2017) como um padrão de representação das correspondências identificadas entre os domínios de uma analogia. Logo após a apresentação desse sistema de notações simbólicas tomado como referência para o desenvolvimento do sistema MAPES, há uma breve seção dedicada ao conceito da estrutura relacional comum das analogias, constituída por expressões de concatenamento.

### **Diferenças Alinháveis e Limitações das Analogias**

Além das potencialidades das analogias para o ensino de Ciências, diversos autores desse campo de investigação frequentemente alertam sobre os riscos associados ao uso desse recurso mediacional. Um dos focos de preocupação é o modo como as limitações das analogias são abordadas em sala de aula. Segundo Mozzer e Justi (2015), as limitações de uma analogia podem ser compreendidas como sendo as “características e propriedades não compartilhadas entre o análogo e o alvo e/ou as condições nas quais a analogia não se aplica”. Para essas autoras, o “problema” não seria a existência de limitações inerentes a qualquer comparação, mas a não explicitação das mesmas. Nesse sentido, essas autoras reiteram as orientações de Glynn (1991), e Thiele e Treagust (1994) ao afirmarem que: “as limitações das analogias devem ser exploradas com os estudantes” (MOZZER; JUSTI, 2015, p. 137).

No contexto da Teoria do Mapeamento de Estruturas das comparações, de Gentner (1983), Markman e Gentner (1996) apresentam dois conceitos que, no entendimento do presente trabalho e da proposta de Ferry e Paula (2017), se aproximam, em certa medida, das limitações das analogias. Markman e Gentner (idem) trabalham os conceitos nomeados como diferenças alinháveis (*alignable differences*) e diferenças não-alinháveis (*nonalignable differences*). As primeiras estão relacionadas ou conectadas com as correspondências mapeadas entre os domínios comparados, enquanto as não-alinháveis são diferenças que não estão conectadas a tais correspondências de similaridade.

No mapeamento estrutural das comparações, Ferry (2016) distingue as diferenças alinháveis das limitações das analogias. Para o autor, fundamentado na teoria de Gentner (1983), as diferenças alinháveis, como aspectos

conectados a correspondências de similaridades, são diferentes das limitações das analogias. Nesse sentido, em seu sistema de notações do mapeamento estrutural, enquanto as diferenças alinháveis são codificadas a partir dos códigos dados às correspondências a que se encontram conectadas, as limitações devem receber códigos inéditos, em função da condição para a qual a analogia não se aplica ou do aspecto para o qual não se encontra correspondente entre os dois domínios.

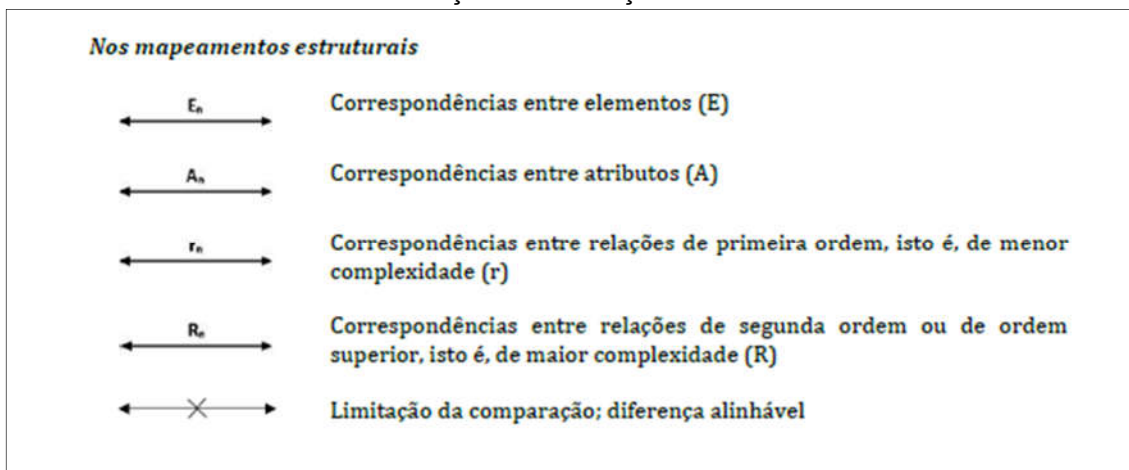
Em síntese, pode haver três tipos de limitações em uma analogia: (1<sup>a</sup>) um contexto ou uma condição na qual a analogia não se aplica; e/ou (2<sup>a</sup>) elementos, características ou relações presentes no domínio alvo que não encontram correspondentes similares no domínio base; e/ou (3<sup>a</sup>) elementos, características ou relações presentes no domínio base que não podem ser transpostos para o domínio alvo.

Essa distinção entre as diferenças alinháveis e as limitações das analogias estão consideradas no sistema de notações de Ferry e Paula (2017) apresentado na próxima seção, inicialmente elaborado durante a tese de doutorado de Ferry (2016).

### Padrão de Representação do Mapeamento das Estruturas das Analogias

Na Figura 1 está apresentado o conjunto de símbolos que orientam a organização das correspondências no mapeamento estrutural, elaborado por Ferry (2016).

Figura 1 – Notação Simbólica para indicar as correspondências entre os Elementos, Atributos, Relações de primeira ordem, Relações de ordem superior em correspondência nos domínios, e as Limitações e Diferenças alinháveis.



Fonte: Ferry (2016)

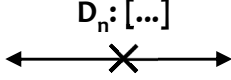
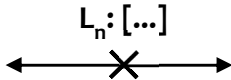
A partir desse conjunto inicial de notações simbólicas, Ferry e Paula (2017) apresentam um padrão de representação das correspondências a serem mapeadas na análise de analogias. Para o desenvolvimento da ferramenta computacional apresentada neste trabalho, esse padrão de representação foi reapropriado em detalhes e exposto pormenorizadamente. A partir desse sistema de notações simbólicas, essa ferramenta foi modelada computacionalmente resultando no Sistema MAPES. Assim, todas as analogias

mapeadas pelo MAPES seguem categoricamente as especificações desse sistema de notação apresentado no quadro 1.

Quadro 1 – Tipologia de correspondências mapeadas e notações simbólicas empregadas na representação das correspondências.

DOMÍNIO BASE (DB)	REPRESENTAÇÕES DAS CORRESPONDÊNCIAS	DOMÍNIO ALVO (DA)
<b>Elementos da base</b>	$E_n$ ↔	<b>Elementos do alvo</b>
Elementos que compõem o DB	<i>Correspondências entre elementos devem ser representadas por setas bidirecionais acompanhadas pela letra E</i>	Elementos que compõem o DA
<b>Atributos dos elementos do DB</b>	$A_n(E_x)$ ↔	<b>Atributos dos elementos do DA</b>
Predicados descritivos relevantes dos elementos mapeados no DB.	<i>Correspondências entre atributos devem ser representadas por setas bidirecionais acompanhadas pela letra A; Cada correspondência dessa natureza deve possuir um único argumento, ou seja, deve estar baseada em uma única característica.</i>	Predicados descritivos relevantes dos elementos mapeados no DA.
<b>Relações de 1ª ordem do DB</b>	$r_n(E_x/A_x, E_y/A_y, \dots)$ ↔	<b>Relações de 1ª ordem do DA</b>
Relações entre dois ou mais elementos do DB ou entre suas características; relações de ordem estrutural que dizem respeito ao modo como os elementos do DB estão dispostos entre si.	<i>Correspondências entre relações de menor complexidade devem ser representadas por setas bidirecionais acompanhadas pela letra r (minúscula); Cada correspondência dessa natureza deve possuir, no mínimo, dois argumentos.</i>	Relações entre dois ou mais elementos do DA ou entre suas características; relações de ordem estrutural que revelam como os elementos do DA estão dispostos entre si.
<b>Relações de 2ª ordem do DB</b>	$R_n(r_x, r_y/E_y/A_y, \dots)$ ↔	<b>Relações de 2ª ordem e/ou de ordem superior no DA</b>
Relações existentes entre relações previamente postuladas entre elementos do DB ou entre uma relação de 1ª ordem com outros elementos/atributos.	<i>Correspondências entre relações mais complexas que devem ser representadas por setas bidirecionais acompanhadas pela letra R (maiúscula); Cada correspondência dessa natureza deve possuir ao menos uma relação de 1ª ordem como um dos seus argumentos.</i>	Relações existentes entre relações previamente postuladas entre elementos do DA ou entre uma relação de 1ª ordem com outros elementos/atributos.
<b>Relações de ordem superior do DB</b>	$R_n(R_x, R_y/r_y/E_y/A_y, \dots)$ ↔	<b>Relações de ordem superior do DA</b>
Relações existentes entre relações do DB, das quais ao menos uma se	<i>Correspondências entre relações de maior complexidade devem ser representadas por setas</i>	Relações existentes entre relações do DA, das quais ao menos uma se configura



configura como uma relação de 2ª ordem.	<i>bidirecionais acompanhadas pela letra R (maiúscula); Cada correspondência dessa natureza deve possuir ao menos uma relação de 2ª ordem como um dos seus argumentos.</i>	como uma relação de 2ª ordem.
<b>Determinados atributos ou relações do DB</b>	$D_n: [\dots]$ 	<b>Determinados atributos ou relações do DA</b>
Características ou relações presentes no DB, conectadas a pontos em correspondência, que são diferentes nos respectivos pontos no DA.	<i>Diferenças alinháveis</i> <i>As setas bidirecionais devem ser marcadas com um sinal gráfico semelhante à letra X, e devem ser acompanhadas pela letra D*.</i>	Características ou relações presentes no DA, conectadas a pontos em correspondência, que são diferentes nos respectivos pontos no DB.
<b>Atributos ou Relações do DB ausentes no DA</b>	$L_n: [\dots]$ 	<b>Atributos ou Relações do DA ausentes no DB</b>
Condições do DB para as quais a comparação não se aplica; ou, elementos, atributos ou relações do DB que não devem ser “transferidos” para o DA.	<i>Limitações da comparação</i> <i>As setas bidirecionais devem ser marcadas com um sinal gráfico semelhante à letra X, e devem ser acompanhadas pela letra L**.</i>	Condições do DA para as quais a comparação não se aplica; ou, elementos, atributos ou relações do DA que não encontram correspondência no DB.
* - Os códigos das diferenças alinháveis devem, sempre, remeterem-se a alguma correspondência previamente codificada. ** - Os códigos das limitações identificadas referem-se a um novo elemento, atributo ou relação. Isto é, na lógica do mapeamento estrutural, as limitações são apresentadas com novos códigos.		

Fonte: Ferry (2018, p. 111-112)

### Estrutura relacional comum: expressões de concatenamento

De acordo com Gentner e Kurtz (2006), a partir do mapeamento de uma analogia é possível conceber sua estrutura relacional comum. De acordo com a Teoria do Mapeamento das Estruturas das comparações, a efetividade de uma relação analógica depende, principalmente, do tamanho e da profundidade da estrutura relacional comum de uma analogia (GENTNER, 1983; GENTNER; MARKMAN, 1997; GENTNER; KURTZ, 2006).

Nesse contexto, Ferry (2016) diz que, embora o conceito de estrutura relacional de uma analogia seja um dos principais termos usados nos trabalhos sobre a Teoria do Mapeamento das Estruturas das comparações, a definição desse termo não aparece formalmente em nenhum desses trabalhos. Contudo, Gentner (1983, p. 162) afirma que uma analogia pode ser representada por uma “estrutura na qual um predicado relacional de ordem superior rege as conexões entre os predicados de ordem inferior”. Ferry (idem), ao citar essa afirmação da autora, também diz que tal concepção, aliada às restrições da consistência estrutural, do foco relacional e da sistematicidade das analogias nos permite conceber o conceito de estrutura relacional comum como um “conjunto de relações concatenadas que, uma vez presentes nos dois domínios, representa a estrutura de uma analogia” (FERRY, 2016, p. 58).

Dessa forma, Ferry (2016) propõem, a partir da codificação do sistema de notações simbólicas elaborado para representar as correspondências identificadas no mapeamento estrutural de uma analogia, uma forma de representar as estruturas relacionais desse tipo de comparação. Para o autor, a estrutura relacional comum de uma analogia pode ser representada por uma ou mais de uma expressão de concatenamento das relações mapeadas. Tais expressões são constituídas por letras (R, r, A e E) que indicam a natureza das entidades colocadas em correspondência no mapeamento estrutural, e por outros sinais gráficos (chaves, colchetes e parênteses), típicos de expressões numéricas, que indicam uma espécie de “hierarquização” entre essas entidades e seus respectivos argumentos.

## Sistema de Mapeamento Estrutural de Analogias (MAPES)

O Sistema Sistema de Mapeamento Estrutural de Analogias (MAPES) foi concebido no contexto das discussões e atividades de uma disciplina sobre analogias e metáforas na Tecnologia, na Educação e na Ciência, ministrada no Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG).

Esse sistema consiste em uma ferramenta que foi desenvolvida com a finalidade de auxiliar a construção do mapeamento estrutural das analogias, bem como a de apresentar, para fins de análise, as expressões de concatenamento que constituem as suas estruturas relacionais comuns. A Figura 2 apresenta o layout da tela principal do Sistema MAPES.

Figura 2 – Tela principal do Sistema MAPES.

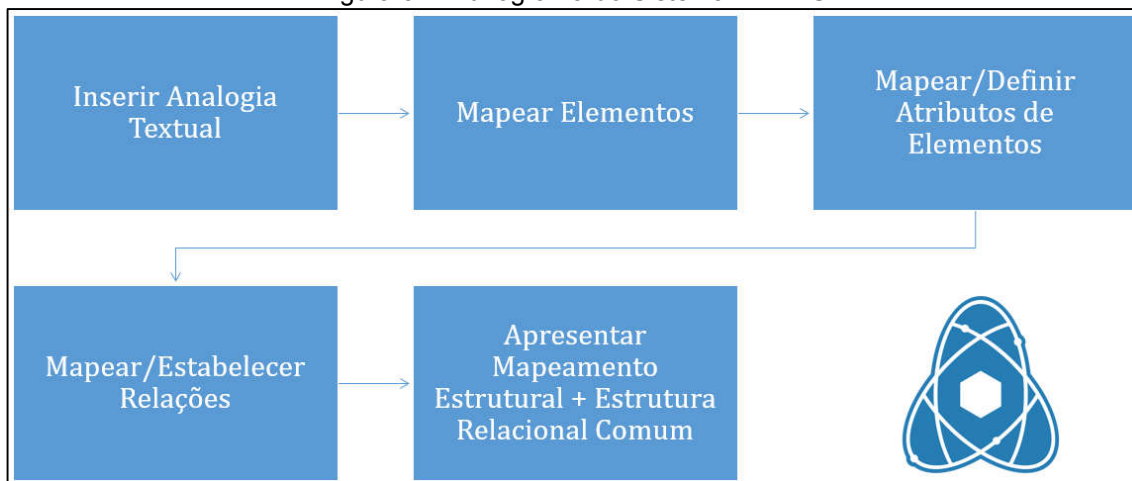


Fonte: Próprios autores (2018).

## Funcionamento do Sistema MAPES

O Sistema MAPES foi desenvolvido para seguir um fluxo lógico e linear de inserção das informações, conforme o fluxograma apresentado na figura 3.

Figura 3 – Fluxograma do Sistema MAPES



Fonte: Próprios autores (2018).

A Figura 3 apresenta o fluxo de inserção das informações no Sistema MAPES para que seja possível a estruturação do mapeamento.

Inicialmente, deve-se inserir uma analogia definindo o título, que aparece na tela principal e uma descrição para orientar a análise. A partir da inserção do título da analogia, é possível iniciar o processo de mapeamento, isto é, a inserção e o alinhamento de elementos, atributos e relações constituintes de ambos os domínios comparados.

A inserção dos itens em correspondência deve ser realizada na seguinte ordem, obrigatoriamente: (1°) mapear elementos; (2°) mapear atributos do elementos (não é possível inserir informações de atributos sem que haja um elemento cadastrado no sistema); (3°) mapear e estabelecer as relações – essa funcionalidade deve ser realizada em duas etapas, primeiro insere-se textualmente a correspondência de relações, e depois estabelece-se os argumentos das relações inserindo dois ou mais parâmetros que se relacionam em correspondência nos dois domínios. Contudo, a visualização do mapeamento, independe do mesmo ter sido integralmente concluído. No entanto, há que se dizer que a análise estrutural da analogia, relacionada com a abrangência do seu mapeamento estrutural, depende da finalização da inserção de todas as correspondências similares nos dois domínios.

Ademais, uma importante restrição lógica a ser considerada é a impossibilidade de se estabelecer uma relação entre um elemento e seu próprio atributo. O Sistema MAPES impede que esse tipo de relação seja desenvolvida no mapeamento e alerta sobre essa inconsistência. O mesmo não ocorre quando o mapeamento é realizado manualmente.

## Metodologia

O desenvolvimento deste trabalho ocorreu em 6 etapas: (i) Compreensão dos procedimentos de construção do mapeamento estrutural das analogias, realizada através do estudo e análise da Teoria do Mapeamento de Estruturas

de Gentner (1983), da Teoria das Múltiplas Restrições de Holyoak e Thagard (1986), das restrições psicológicas de Gentner e Markman (1997) e do Sistema de Notações para o desenvolvimento do Mapeamento Estrutural de Analogias de Ferry (2016) e Ferry e Paula (2017); (ii) levantamento de requisitos baseados nas leituras do item anterior e definição das funcionalidades aparentes que foram implementadas no software; (iii) construção do projeto de banco de dados para armazenamento e gerenciamento das informações; (iv) codificação das funcionalidades; (v) validação por comparação dos mapeamento manuais presentes na tese de doutorado de Ferry (2016) com os mapeamentos desenvolvidos pela ferramenta e (vi) relato dos procedimentos que resultaram no presente artigo.

### **Levantamento de Requisitos**

O levantamento dos requisitos foi realizado por meio da leitura das teorias citadas neste artigo. A base principal para esse levantamento foi o Sistema de Notações desenvolvido por Ferry (2016) e Ferry e Paula (2017).

Há dois tipos de requisitos a serem considerados no projeto de um sistema: os requisitos funcionais que consistem nas funcionalidades aparentes do sistema; e os requisitos não funcionais que englobam as funcionalidades de processos.

1) Requisitos funcionais: são declarações de serviços que o sistema deve fornecer, de como o sistema deve reagir a entradas específicas e de como o sistema deve se comportar em determinadas situações. Em alguns casos, os requisitos funcionais também podem explicitar o que o sistema não deve fazer. 2) Requisitos não funcionais: são restrições aos serviços ou funções oferecidas pelo sistema. Incluem restrições de *timing*, restrições no processo de desenvolvimento e restrições impostas pelas normas. Ao contrário das características individuais ou serviços do sistema, os requisitos não funcionais, muitas vezes, aplicam-se ao sistema como um todo. (SOMMERVILLE, 2011, p. 59) .

Os requisitos funcionais elencados foram:

1. Cadastramento da comparação/analogia a ser mapeada por meio de uma caixa de texto que possibilita o usuário inseri-la em texto corrido;
2. Função de Visualização do mapeamento, que apresenta a estrutura do mapeamento e as expressões de concatenamento da estrutura relacional comum das analogias;
3. Função de Construção do Mapeamento, que permite que o usuário construa o mapeamento da comparação previamente cadastrada;
4. Função de Edição do Mapeamento, que permite editar detalhes mapeados das analogias, bem como a exclusão de partes do mapeamento;
5. Função de Exclusão da comparação, que permite a exclusão de todos os dados referentes à comparação, inclusive o mapeamento;
6. Para o mapeamento, as funções: Inserir Elementos, Atributos de Elementos, Relações de primeira ordem, Relações de ordem superior. Há também as funções para estabelecimento de relações de primeira e ordem superior.



A escolha das linguagens foi orientada pelo objetivo de desenvolver de um sistema web, portanto, todas as linguagens utilizadas são direcionadas particularmente para o desenvolvimento de sistemas dessa natureza.

### Validação e testes

Os testes foram orientados à comparação entre os mapeamentos manualmente elaborados em Ferry (2016) e os mapeamentos gerados a partir do Sistema MAPES. As expressões de concatenamento das estruturas relacionais comuns também foram validadas por meio da verificação da comparativa com as que foram deduzidas no mesmo trabalho.

A fim de exemplificar os resultados desses testes operados com o Sistema MAPES, entre as 13 comparações mapeadas em Ferry (2016), identificadas por letras de A a M, foi escolhida a analogia J, que aborda a relação entre o aumento da temperatura de um sistema reacional e o aumento da velocidade das reações químicas. Todas as 13 comparações analisadas pelo autor em sua tese de doutorado foram extraídas de uma sequência de ensino sobre cinética química, registrada por gravações audiovisuais em uma sala de aula de Química durante um semestre letivo. A analogia, identificada como comparação J, envolveu como domínio alvo o aumento da velocidade de moléculas decorrente do aumento da temperatura do sistema reacional, e como domínio base o hipotético aumento do número de acidentes nas estradas decorrente do aumento da quantidade de veículos e pessoas em trânsito. O trecho da transcrição do episódio de ensino a partir do qual essa comparação foi analisada está apresentado a seguir. Ferry (2016) adotou um padrão de transcrição de episódios de ensino por meio do qual os enunciados referentes ao domínio base são destacados com o recurso do **negrito** e os referentes ao domínio alvo da analogia são destacados com o sublinhado.

((123'09")) [...] em tese / a gente pensa de maneira linear / a gente pensaria assim / se eu duplicar a temperatura / o quê que a gente espera? / [que vai duplicar a velocidade da reação] ((um aluno respondeu)) / a velocidade deveria duplicar / mas o problema que acontece / e foi Van't Hoff que trabalhou essa relação / ele descobriu / não é uma regra aritmética / não é uma lei / mas é uma ideia média / que cada dez graus Celsius / dez graus Celsius! / de aumento de temperatura / (3s) / em média / duplica a velocidade / (1s) / da reação / (5s) / e gente / vamos lembrar que temperatura a gente pensa em Kelvin / não pensa em Celsius / (4s) / tá 273 / zero grau Celsius / passo pra 283 / aumentei dez graus / dupliquei a temperatura? / [não] ((alguns alunos respondem)) / e a velocidade... / [duplicou] / então significa / que a temperatura / age muito mais intensamente do que nós estamos imaginando / (1s) / é lógico que a gente pensa assim / ((**COMPARAÇÃO J - 124'24"**)) se aumenta a velocidade das moléculas / aumentando a temperatura / aumenta os choques / é fácil ver se a gente olhar as nossas estradas né / se a gente pega uma estrada que tem sessenta quilômetros por hora de velocidade máxima / tem acidente / porque nem todo mundo respeita essa velocidade / (1s) / mas se eu passar ela pra oitenta quilômetros por hora / o que vai acontecer com os acidentes? / (2s) / piora! / nas ruas / tem mão certa né / a pessoa devia estar dirigindo numa mão a outra em outra mão / conforme o sentido de direção / (1s) / as moléculas não têm mão / obrigatória / elas estão lá... de maneira caótica / ((125'02")) / Van't Hoff descobriu essa noção aqui / a cada dez

## Resultados e Discussões

O Sistema MAPES demonstrou-se consistente na construção dos mapeamentos. Nas comparações, as estruturas apresentadas, bem como as expressões de concatenamento, não apresentaram inconsistências em relação aos mapeamentos utilizados como base dos testes.

A figura 5 apresenta o mapeamento estrutural da comparação J extraída do trabalho de Ferry (2016). Em seguida, a figura 6 apresenta o mapeamento estrutural dessa mesma comparação, obtido por meio do Sistema MAPES.

Figura 5 – Mapeamento da comparação J.

DOMÍNIO BASE	CORRESPONDÊNCIAS	DOMÍNIO ALVO
Pessoas/carros	$E_1$	Moléculas
Estrada	$E_2$	Sistema reacional
Acidentes	$E_3$	Choques
Aceleração	$E_4$	Aquecimento
Deslocamento das pessoas	$A_1(E_1)$	Movimentação das moléculas
Velocidade dos deslocamentos das pessoas na estrada	$A_2(E_2)$	Velocidade dos movimentos das moléculas no sistema
O deslocamento das pessoas nas estradas pode provocar acidentes	$r_1(A_1, E_3)$	A movimentação das moléculas nos sistemas provoca choques
A aceleração provoca aumento da velocidade dos deslocamentos das pessoas na estrada	$r_2(E_4, A_2)$	O aquecimento provoca aumento da velocidade dos movimentos das moléculas no sistema
O aumento da velocidade dos deslocamentos das pessoas na estrada provoca aumento da quantidade de acidentes	$R_1(r_1, r_2)$	O aumento da velocidade dos movimentos das moléculas no sistema provoca aumento da quantidade de choques
Os deslocamentos das pessoas deveriam ocorrer em apenas dois sentidos, um em cada lado da estrada	$r_3(A_1, E_2)$	Os movimentos realizados pelas moléculas são caóticos

Leg.: E = elementos; A = atributos; r = relações de primeira ordem; R = relações de ordem superior

Fonte: Quadro produzido pelo autor.

Fonte: Ferry (2016, p. 108)

A partir do mapeamento estrutural da comparação J, Ferry (2016) identifica o seu foco e descreve os principais aspectos estruturais dessa analogia:

A comparação entre a movimentação de moléculas em um sistema e os deslocamentos das pessoas em seus carros nas estradas foi construída com a intenção de estabelecer uma relação entre o aumento da temperatura de um sistema e o aumento da quantidade de choques entre as moléculas que o constituem. Considerando o mapeamento estrutural que fizemos, podemos dizer que essa comparação é uma analogia, por culminar no estabelecimento de correspondências entre uma relação de segunda ordem ( $R_1$ ) que envolve duas relações de primeira ordem ( $r_1$  e  $r_2$ ). Constatamos que há

mais relações de primeira e segunda ordem do que atributos dos elementos alinhados. Um destaque deve ser dado a relação  $r_3$ , que foi apontada pelo professor como uma limitação da analogia. (FERRY, 2016, p. 108)

No mapeamento estrutural construído a partir do Sistema MAPES, apresentado na figura 6, uma funcionalidade foi acrescentada e apresentada em uma 4ª coluna, que classifica o **status** do componente mapeado. O símbolo (✓) indica que o componente aparece direta ou indiretamente como parâmetro nas relações de ordem superior, enquanto o símbolo (✗) indica o contrário. O símbolo (#) faz a indicação de que o componente se refere ao mapeamento de uma relação de ordem superior. Acredita-se que essa especificação ajudará o usuário a ter uma percepção maior dos componentes mapeados na analogia.

Figura 6 – Mapeamento da comparação J desenvolvido a partir do Sistema MAPES

Pessoas/Carros & Moléculas			
Analogia extraída da Tese do professor Alexandre Ferry para teste do sistema. Na tese o professor se refere a esta analogia como comparação J. (Pag 108)			
MAPEAMENTO			
Domínio Base	Correspondências	Domínio Alvo	Status
Pessoas/carros	$E_1$	Moléculas	✓
Estrada	$E_2$	Sistema reacional	✓
Acidentes	$E_3$	Choques	✓
Aceleração	$E_4$	Aquecimento	✓
Deslocamento das pessoas	$A_1(E_1)$	Movimentação das moléculas	✓
Velocidade do deslocamento das pessoas na estrada	$A_2(E_2)$	Velocidade dos movimentos das moléculas no sistema	✓
Deslocamento das pessoas nas estradas pode provocar acidentes	$r_1(E_3, A_1)$	A movimentação das moléculas nos sistemas provoca choques	✓
A aceleração provoca aumento da velocidade dos deslocamentos das pessoas na estrada	$r_2(E_4, A_2)$	O aquecimento provoca aumento da velocidade dos movimentos das moléculas no sistema	✓
O aumento da velocidade dos deslocamentos das pessoas na estrada provoca aumento da quantidade de acidentes	$R_1(r_1, r_2)$	O aumento da velocidade dos movimentos das moléculas no sistema provoca aumento da quantidade de choques	#
Os deslocamentos das pessoas deveriam ocorrer em apenas dois sentidos, um em cada lado da estrada	$L: [r_3(E_2, A_1)]$	Os movimentos realizados pelas moléculas são caóticos	✗
<b>EXPRESSÕES DE CONCATENAMENTO DAS RELAÇÕES DE ORDEM SUPERIOR*</b>			
$R_1 = \{r_1[E_3, A_1(E_1)]r_2[E_4, A_2(E_2)]\}$			

Fonte: Próprios autores (2018).

Para apresentar graficamente as limitações e diferenças alinháveis, o Sistema MAPES atribui, respectivamente, as letras L e D para indicar esse tipo de correspondência, como pode ser observado na última linha do mapeamento apresentado na figura 6. Neste caso, por se tratar de um aspecto do domínio base que não pode ser transferido para o domínio alvo, essa última correspondência, assinalada com um sinal gráfico semelhante a letra X, consiste em uma limitação da analogia. Essa limitação, associada a um código inédito, foi codificada como “L:  $[r_3(E_2, A_1)]$ ”.

Há que se destacar a expressão de concatenamento gerada pelo Sistema MAPES, apresentada na última linha logo após o quadro do mapeamento, na figura 6. Essa expressão, embora relativamente simples, representa a estrutura relacional comum da analogia mapeada. A simplicidade dessa expressão certamente decorrente do baixo grau de complexidade da analogia construída



pelo professor em sala de aula. Isso também significa que analogias estruturalmente mais complexas e sofisticadas deverão apresentar estruturas relacionais comuns constituídas por expressões de concatenamento menos simples podendo, em alguns casos, envolver mais de uma expressão.

A fim de exemplificar a complexidade da estrutura relacional comum de uma analogia estruturalmente mais sofisticada, a figura 7 apresenta a estrutura relacional comum de uma outra analogia analisada em Ferry e Paula (2017), também extraída do trabalho de Ferry (2016): a Comparação M, que trata da do efeito do aumento da temperatura sobre a distribuição da energia cinética de moléculas em um sistema reacional, por meio do estabelecimento de correspondências de similaridade com a distribuição de notas obtidas por estudantes em duas avaliações hipotéticas, uma na qual os estudantes tiveram um mau desempenho e outra na qual o desempenho teria sido melhor. O quadro do mapeamento estrutural da comparação M pode ser visto no trabalho de Ferry e Paula (2017); no trabalho original, esse mapeamento não havia sido feito por meio do Sistema MAPES.

Figura 7 – Estrutura relacional comum da Comparação M deduzida pelo Sistema MAPES.

EXPRESSÕES DE CONCATENAMENTO DAS RELAÇÕES DE ORDEM SUPERIOR*
$R_9 = \{R_3[E_5, R_2[r_1[E_1, E_2, E_3], r_2[E_1, E_2, E_3]]], R_7[E_5, A_2(E_3), R_1[A_1(E_2), r_2[E_1, E_2, E_3]]], R_2[r_1[E_1, E_2, E_3], r_2[E_1, E_2, E_3]]\}r_3[E_5, A_2(E_3)]$
$R_6 = \{E_4, A_2(E_3), R_1[A_1(E_2), r_2[E_1, E_2, E_3]]\}$
$R_5 = \{A_2(E_3), R_4[E_4, R_2[r_1[E_1, E_2, E_3], r_2[E_1, E_2, E_3]]]\}$
$R_3 = \{A_2(E_3), R_1[A_1(E_2), r_2[E_1, E_2, E_3]]\}$
<p># Relação de ordem superior;            ✓ Componente aparece nas Expressões de Concatenamento;            ✗ Componente NÃO aparece nas Expressões de Concatenamento;            (*) São apresentadas apenas as expressões de concatenamento das Relações que não são parâmetro para outras Relações de ordem superior.</p>
<p>© - AMTEC / GEMATEC 2016</p>

Fonte: Próprios autores (2018).

Conforme indica a figura 7, a estrutura relacional comum da analogia M é constituída por quatro expressões de concatenamento, iniciadas pelas relações de ordem superior  $R_9$ ,  $R_6$ ,  $R_5$  e  $R_3$ . Essas quatro expressões revelam o modo como as demais relações estão concatenadas umas com as outras e indicam o maior grau de sofisticação e complexidade da analogia M em relação à analogia J.

Para uma melhor visualização e leitura das expressões de concatenamento que compõem as estruturas relacionais comuns das analogias, optou-se por definir cores para os parâmetros primários (elementos, atributo e relações que são parâmetros diretos) das relações de ordem superior. Além disso, o mapeamento estrutural gerado pelo Sistema MAPES oferece uma legenda indicativa dos sinais gráficos apresentados na coluna *status*. A figura 6, referente à analogia J, apresenta esses sinais associados a cada correspondência mapeada. A figura 7, referente à analogia M, apresenta a legenda para leitura desses sinais.

---

## Conclusão

Tendo em vista as funcionalidades apresentadas e ilustradas anteriormente, considera-se que o Sistema MAPES se constitui como uma poderosa ferramenta para auxiliar o processo de desenvolvimento do mapeamento estrutural de analogias pois, potencialmente, torna o processo de construção mais amigável e permite sua análise mais consistente, demonstrando as fragilidades e potencialidades das comparações empregadas no contexto da educação em Ciências.

Por meio da ferramenta digital, é possível estruturar o mapeamento como sugere o referencial teórico e as orientações metodológicas de Ferry e Paula (2017). Além disso, o Sistema MAPES deduz e oferece as expressões de concatenamento que compõem as estruturas relacionais comuns das analogias mapeadas. Como resultado da análise, a ferramenta emite um relatório apontando características importantes a serem observadas na comparação, como por exemplo, as limitações e as diferenças alinhadas mapeadas, acompanhadas por sinais gráficos que facilitam a sua visualização e leitura.

Sendo o processo de construção do mapeamento estrutural das comparações demasiadamente complexo, que exige a apropriação teórica dos conceitos e procedimentos que envolvem o mapeamento, as funcionalidades do Sistema MAPES, por meio da sistematização dos procedimentos e das restrições lógicas empregadas durante a construção do mapeamento, demonstra-se como um recurso fundamental para a simplificação da construção e análise do mapeamento das analogias.

Assim, considera-se que a uso dessa ferramenta tecnológica concebida para o desenvolvimento e análise de comparações a serem empregadas em contextos de ensino e de pesquisa se apresenta como uma estratégia adequada e diferenciada. Considera-se que o Sistema MAPES pode ser usado como um importante recurso tecnológico para auxiliar nos estudos de analogias aplicadas a contextos de ensino e de pesquisa, seja no planejamento ou na análise desse recurso mediacional.

## Referências

DUARTE, M. C. Analogias na educação em ciências contributos e desafios. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 10, n. 1, p. 7-29, 2005. Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo\\_ID121/v10\\_n1\\_a2005.pdf](http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID121/v10_n1_a2005.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2016.

FERRAZ, D. F.; TERRAZZAN, E. A. Uso espontâneo de analogias por professores de Biologia e o uso sistematizado de analogias: que relação? **Ciência & Educação** (Bauru), v. 9, n. 2, p. 213-227, 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1516-73132003000200005>>. Acesso em: 16 set. 2012.

FERRY, A. S. **Análise estrutural e multimodal de analogias em uma sala de aula de química**. Tese de Doutorado – FaE/UFMG – Belo Horizonte, MG, 2016. Disponível em: <[http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUOS-AR8GMT/vers\\_o\\_final\\_\\_\\_tese\\_\\_\\_alexandre\\_ferry.pdf?sequence=1](http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUOS-AR8GMT/vers_o_final___tese___alexandre_ferry.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 01 jul. 2017.

FERRY, A. S. **Pesquisas sobre analogias no contexto da educação em ciências à luz da teoria do mapeamento estrutural (Structure-mapping Theory)**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2018.

FERRY, A. S.; PAULA, H. F. Mapeamento estrutural de analogias e outras comparações em uma sala de aula de Química. In. X ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS – X ENPEC. Águas de Lindóia, SP, 2015. Disponível em <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/busca.htm?query=Ferry>>. Acesso em 26 ago. 2018.

FERRY, A. S.; PAULA, H. F. Mapeamento estrutural de analogias enunciadas em uma aula sobre cinética química. **Ciência & Educação** (Bauru), v. 23, n. 1, p. 29-50, 2017. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132017000100029&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132017000100029&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em 26 ago. 2018.

FERRY, A. S.; NAGEM, R. L. Modelo de compreensão do raciocínio analógico por duas vias: uma contribuição para o ensino e a aprendizagem em ciências com recursos às analogias. **Latin American Journal of Science Education**, v. 1, p.1-22, 2015. Disponível em: <[http://www.lajse.org/may15/12062\\_Ferry.pdf](http://www.lajse.org/may15/12062_Ferry.pdf)>. Acesso em: 26 ago. 2018.

GENTNER, D. Structure-Mapping: a Theoretical Framework for Analogy. **Cognitive Science**, v. 7, p. 155-170, 1983. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0364-0213\(83\)80009-3](https://doi.org/10.1016/S0364-0213(83)80009-3)>. Acesso em: 9 ago. 2013.

GENTNER, D.; KURTZ, K. J. Relations, Objects, and the Composition of Analogies. **Cognitive Science**. v. 30, p. 609-642, 2006. Disponível em: <<http://groups.psych.northwestern.edu/gentner/papers/GentnerKurtz06.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2018.

GENTNER, D.; MARKMAN, A. B. Structure mapping in analogy and similarity. **American Psychologist**, v. 52, n. 1, p. 45-56, 1997. Disponível em: <<http://groups.psych.northwestern.edu/gentner/papers/GentnerMarkman97.pdf>>. Acesso em: 5 out. 2013.

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

HOFFMANN, M. B. **Analogias e Metáforas no Ensino de Biologia: um Panorama da Produção Acadêmica Brasileira**. 2012. 190 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

HOLYOAK, K. J.; THAGARD, P. Analogical Mapping by Constraint Satisfaction. **Cognitive Science**. v. 13, p. 295-355, 1989. Disponível em:

---

<<http://cogsci.uwaterloo.ca/Articles/holyoak.analogical.cogsci.1989.pdf>>.

Acesso em: 26 ago. 2018.

MOZZER, N. B.; JUSTI, R. “Nem tudo que reluz é ouro”: Uma discussão sobre analogias e outras similaridades e recursos utilizados no ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 15, n. 1, p. 123–147, 2015. Disponível em: <<https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/viewFile/2509/1909>>. Acesso em: 10 ago. 2015.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software**, 9ª Edição. Pearson Education, 2011.

THIELE, R.; TREAGUST, D. An interpretative examination of high school chemistry teachers’ analogical explanations. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 31, n. 3, p. 227- 242, 1994. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/tea.3660310304>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

ZAMBON, L. B.; TERRAZZAN, E. A. Analogias produzidas por alunos do ensino médio em aulas de física. **Revista Brasileira de Ensino Física**. v.35, n.1, p.1-5, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v35n1/v35n1a21.pdf>>. Acesso em: 05 ago. 2018.

Submetido em 26/08/2018.

Aceito em 25/10/2018.

