Ronaldo Luiz Nagem
Siane Paula de Araujo
Maria de Fátima Marcelos
(Orgs.)

A & M 20 ANOS

Formação e Atuação de Pesquisadores em Analogias, Metáforas e Modelos







O que é possível fazer quando se tem conhecimento sobre uma Lei Universal? O que se fez e o que se faz com o conhecimento sobre a lei da Gravidade? É possível construir prédios enormes, mover um automóvel, comandar um navio, fazer voar um avião, sair da órbita da Terra... e... O que é possível fazer quando se tem conhecimento sobre a Lei da Analogia? Embora esse conhecimento esteja para nós ainda no início, é possível ao leitor de *A&M 20 anos: formação e atuação de pesquisadores em Analogias, Metáforas e Modelos* ter uma pequena ideia das imensas possibilidades e aplicabilidades, para muitas áreas do conhecimento humano, das pesquisas e atributos do pensamento analógico e ou metafórico. Indo além de seus papéis como figuras de linguagem, as Analogias e Metáforas - *A&M* - assumem outras funções ligadas à Educação, às Ciências, à Tecnologia e às Artes juntamente com os modelos.



Ronaldo Luiz Nagem é fundador dos grupos AMTEC e GEMATEC, pesquisador e líder (1998-2021) do grupo AMTEC/CNPq/CEFET-MG. Pós-doutor em Educação (UMINHO- Portugal), Doutor em Parasitologia (UFMG), graduado em Ciências Biológicas (UFMG). Foi docente na UFMG por 22 anos (1973-1995) atuando no COLTEC e no CECIMG/FAE e no Mestrado em Educação Tecnológica do CEFET-MG por mais 22 anos (1997-2019).



Siane Paula de Araujo é pós-doutora em Educação Tecnológica pelo CEFET-MG junto ao Grupo de Pesquisa AMTEC da mesma instituição, onde atua como pesquisadora colaboradora desde 2014. Membro da coordenação do GEMATEC desde 2019. Doutora em Artes pela EBA/UFMG, mestra em Estudos de Linguagens (CEFET-MG) e graduada em Educação Física (UFMG).



Maria de Fátima Marcelos é coordenadora do grupo GEMATEC/CEFET-MG, pesquisadora e vice-líder (2009-2021) do grupo AMTEC/CNPq/CEFET-MG. Mestra em Educação Tecnológica (CEFET-MG), especialista em Educação, graduada em Ciências (PUC Minas), graduanda em Psicologia (PUC Minas). Atuou como professora de Ciências e Biologia da Prefeitura de Belo Horizonte -PBH e da Fundação de Ensino de Contagem - FUNEC por 25 anos.

9 786559 173730

editora Pfi .org

CC BY SA

A&M 20 anos



Diretor da série:

Herlon Alves Bezerra (IF Sertão-PE - Pernambuco, Brasil)

Conselho Editorial:

Alexandre Franca Barreto (Univasf - Pernambuco, Brasil)

Ana Patrícia Frederico Silveira (IF Sertão-PE - Pernambuco, Brasil)

André Ricardo Dias Santos (IF Sertão-PE - Pernambuco, Brasil)

Antonio Marcos da Conceição Uchoa (IF Sertão-PE - Pernambuco, Brasil)

Bartolomeu Lins de Barros Júnior (IF Sertão-PE - Pernambuco, Brasil)

Edivânia Granja da Silva Oliveira (IF Sertão-PE - Pernambuco, Brasil)

Bernadete de Lourdes Ramos Beserra (UFC - Ceará, Brasil)

Carlos Alberto Batista Santos (Uneb - Juazeiro, Brasil)

Carlos César Leal Xavier (Ensp/Fiocruz - Rio de Janeiro, Brasil)

Carlos Eduardo Panosso (IFTO - Tocantins, Brasil)

Caroline Farias Leal Mendonça (Unilab - Ceará, Brasil)

Dilsilene Maria Ayres de Santana (UFT - Tocantins, Brasil)

Edson Hely Silva (UFPE - Pernambuco, Brasil)

Eduardo Barbosa Vergolino (IF Sertão-PE - Pernambuco, Brasil)

Eliana de Barros Monteiro (Univasf - Pernambuco, Brasil)

Francisco Gilson Rebouças Porto Júnior (UFT - Tocantins, Brasil)

Gabriel Kafure da Rocha (IF Sertão-PE - Pernambuco, Brasil)

Juliano Varela de Oliveira (IF Sertão-PE - Pernambuco, Brasil)

Helder Manuel Guerra Henriques (IPP, ESECS - Portugal)

Juracy Marques (Uneb - Paulo Afonso, Brasil)

Leandro de Proença Lopes (Unilab - Ceará, Brasil)

Léo Barbosa Nepomuceno (UFC - Ceará, Brasil)

Marcelo Silva de Souza Ribeiro (Univasf - Pernambuco, Brasil)

Márcia Farias de Oliveira Sá (IF Sertão-PE - Pernambuco, Brasil)

Matheus Henrique da Fonseca Barros (IF Sertão-PE - Pernambuco, Brasil)

Sebastião Francisco de Almeida Filho (IF Sertão-PE - Pernambuco, Brasil)

Tito Eugênio Santos Souza (IF Sertão-PE - Pernambuco, Brasil)

Mariana Tavares Cavalcanti Liberato (UFC - Ceará, Brasil)

Pablo Dias Fortes (Ensp/Fiocruz - Rio de Janeiro, Brasil)

A&M 20 anos

Formação e atuação de pesquisadores em analogias, metáforas e modelos

Organizadores
Ronaldo Luiz Nagem
Siane Paula de Araujo
Maria de Fátima Marcelos



Assessoria editorial: Eliene Diniz dos Santos
Consultoria editorial: Karla Menezes Lopes Niels
Diagramação: Marcelo A. S. Alves
Capa: Carole Kümmecke - https://www.conceptualeditora.com/
Arte da Capa: Luhan Dias
Revisores colaboradores: Andrea Cristina Maggi, Arielle Aline da Cruz Pereira, Cristiane Ribeiro Coelho, Karla Menezes Lopes Niels, Fernanda Tonholi Sasso Curanishi.
Apoio institucional: Programa de Pós-Graduação em Educação Tecnológica do CEFET-MG e pesquisadores dos grupos AMTEC e GEMATEC

O padrão ortográfico e o sistema de citações e referências bibliográficas são prerrogativas de cada autor. Da mesma forma, o conteúdo de cada capítulo é de inteira e exclusiva responsabilidade de seu respectivo autor.

Todos os livros publicados pela Editora Fi
estão sob os direitos da Creative Commons 4.0
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pt_BR

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

NAGEM, Ronaldo Luiz; ARAUJO, Siane Paula de; MARCELOS, Maria de Fátima (Orgs.)

A&M 20 anos: formação e atuação de pesquisadores em analogias, metáforas e modelos [recurso eletrônico] / Ronaldo Luiz Nagem; Siane Paula de Araujo; Maria de Fátima Marcelos (Orgs.) -- Porto Alegre, RS: Editora Fi, 2022.

420 p.

ISBN - 978-65-5917-373-0
DOI - 10.22350/9786559173730

Disponível em: http://www.editorafi.org

1. Formação; 2. Pesquisa; 3. Analogias; 4. Metáforas; 5. Modelos; I. Título.

CDD: 370

Índices para catálogo sistemático:
1. Educação 370

O legado do Prof. Ronaldo Luiz Nagem
Analogias e Metáforas na Educação, nas Artes e na Tecnologia

Dácio G. Moura

Como amigo e colega de trabalho do Prof. Dr. Ronaldo Luiz Nagem, anteriormente na UFMG e posteriormente no CEFET-MG, no Curso de Mestrado em Educação Tecnológica, tive o prazer e a honra de acompanhar o nascimento do GEMATEC e depois AMTEC originados nas ideias e nos ideais do Prof. Ronaldo, que trouxe para o CEFET-MG, no ano de 1997, o tema das "analogias e metáforas na educação, nas artes e na tecnologia", como era inicialmente denominado.

Esse foi o tema que o Prof. Ronaldo defendeu em sua Monografia de exame de seleção pública de professores para o corpo docente do Curso de Mestrado, de cuja banca examinadora tive o prazer de participar.

Logo após seu ingresso nesse Curso de Mestrado, o Prof. Ronaldo iniciou o seu trabalho de criação de disciplinas e de projetos de pesquisas envolvendo a temática das analogias e metáforas, dando início a um conjunto incontável de atividades de estudos, pesquisas e orientações tendo como base essa grande temática.

Sempre me impressionou no Prof. Ronaldo a sua capacidade extraordinária para criação de projetos envolvendo estudos e pesquisas com a participação de muitas pessoas, entre interessados, alunos e até professores da escola, abordando uma temática relativamente nova na instituição e no próprio campo da educação tecnológica.

Nos grupos do GEMATEC e AMTEC se destacaram, desde sempre, o entusiasmo e a dedicação das pessoas que ali conviviam e trocavam os

resultados de seus estudos e pesquisas. Tive o prazer de participar de vários dos inúmeros momentos de atividades desses dois grupos, como seminários, debates e atividades de orientação e avaliação de trabalhos, pesquisas e produção de artigos e dissertações de mestrado.

Sempre me chamou a atenção o incentivo constante do Prof. Ronaldo para os trabalhos envolvendo também as atividades de ensino utilizando metodologias baseadas nas concepções de analogias e metáforas.

Vi muitos trabalhos sendo produzidos ao longo dessas duas décadas de orientação paciente e perseverante do Prof. Ronaldo, focalizando uma diversidade rica e interessante de aspectos conceituais e metodológicos.

Vi muitos alunos iniciarem seus mestrados, dando os seus primeiros passos nessa grande temática das analogias e metáforas, e se tornando depois pesquisadores e professores renomados de várias instituições.

Ao longo dessa caminhada de duas décadas, tive a oportunidade de participar de muitos debates inesquecíveis junto com o Prof. Ronaldo e a sua equipe, algumas vezes discutindo as nuances e as diferenciações entre os conceitos de analogia, metáfora, analógico e lógico e o significado e a função do processo analógico na formação e desenvolvimento da mente humana.

Sempre me impressionou o destaque que o Prof. Ronaldo dava à concepção interessante de analogia formulada pelo pensador argentino Carlos B. González Pecotche, que a distinguia como uma lei universal que atua naturalmente no desenvolvimento da mente humana assim como nos processos de aprendizagem e de construção dos conhecimentos. Essa concepção dá às analogias e metáforas uma hierarquia enorme no conjunto das questões de ponta nos campos das teorias do conhecimento e da psicologia do desenvolvimento humano.

Reproduzo aqui um aspecto dessa concepção que nos propiciou muitas reflexões e incentivo para o trabalho com as analogias e metáforas:

> La vida ha enseñado a los seres humanos miles y miles de cosas, pero, naturalmente, nadie ha tenido la capacidad suficiente para comprender todas esas cosas, haciendo uso de la Ley de Analogía. (...) en el mundo se cumplen muchos procesos que pueden enseñar a los seres, por analogía, como deben cumplirse otros similares, haciendo uso de la misma ley. (Conferencia de C.B. González Pecotche, en 06/12/1947)

Hoje, vendo surgir agora mais uma obra impulsionada pelo Prof. Ronaldo, constituída por esse livro de descrição e registro histórico da caminhada desses grupos de estudos e pesquisas, GEMATEC e AMTEC, sinto-me feliz e agradecido por todas as oportunidades que tive de assistir e de participar de muitas de suas atividades.

Por tudo que já se fez e já se viveu e que agora fica aqui registrado, podemos afirmar com muita segurança que o caminho está aberto e pavimentado e muito promissor para gerar ainda muitos resultados.

Ficam aqui essas palavras de louvor, de agradecimento e de incentivo ao Prof. Ronaldo e aos inúmeros participantes, antigos e atuais, de sua equipe.

Parabéns, estimado Prof. Ronaldo Nagem, pelo legado de sua Obra aqui registrada, neste belo e completo manual.

Carta ao leitor

Ronaldo Luiz Nagem
Siane Paula de Araujo
Maria de Fátima Marcelos

A&M 20 anos: formação e atuação de pesquisadores em analogias, metáforas e modelos começou bem antes. Não é uma obra perfeita e nem completa. Para torná-la melhor, é necessário acrescentar uma parte "invisível" desses 20 anos: a história de vida de cada um dos pesquisadores, alunos, estagiários, bolsistas e voluntários. De forma livre e espontânea, todos esses construíram os dois grupos: um de estudos (GEMATEC) e um de pesquisas (AMTEC). Grupos acolhidos pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET MG – que, além do apoio estrutural e funcional, deu a liberdade ampla e irrestrita de estudo, pesquisa e extensão junto ao Departamento de Educação e ao Programa de Mestrado em Educação Tecnológica.

Essas histórias de vida, recheadas de amor, respeito e consideração pela forma de ver e de sentir o mundo do outro, geraram uma equipe. Cada um tem seu papel relevante, não importando qual seja. Nota-se que a totalidade de um grupo perpassa pelas afetações, indo muito além da soma de suas partes. A todos esses parceiros, nossos mais sinceros votos de sucesso, de alegria, de trabalho e de ajuda, primeiro a si mesmo e depois ao outro.

Organizado por nós, "três aventureiros", sendo parte das atividades de pós-doutorado de Siane, o livro traz a contribuição de vários participantes. Dentre eles, a Eliene com sua assessoria editorial, o professor Alexandre que gentilmente acolheu a proposta do livro aos

projetos do PPGET, o Luhan que elaborou a arte da capa, os estimados autores de cada capítulo ou resumo e os revisores voluntários. Além de todos os que, de alguma forma, fizeram parte da história do AMTEC/GEMATEC com especial estima ao professor Ivo, que se mantém firme nessa jornada desde os seus primórdios. Destacamos e agradecemos ainda ao professor Mauro Condé (UFMG), pelas contribuições no campo da Filosofia e ao professor Dácio, companheiro de longa data dessa história: nos estudos e pesquisas, na Academia, na Logosofia, e que nos agraciou com o texto inicial.

Esclarecemos, em tempo, que a concepção dos grupos GEMATEC e AMTEC recebeu influência significativa da obra completa de Gonzalez Pecotche, (autor da Logosofia) como uma Ciência que ensina o conhecimento de si mesmo e pensamentos que conduzem a vida humana. A influencia se deu da conexão entre o humano e o científico no sentido de que, quando alguém lida consigo mesmo, aprende, também, a lidar com os demais. A orientação se deu pelo afeto (amor feito consciência) a si próprio e aos demais, pela lei de repetição (inteligente) e da lei da analogia. Uma vez conectando esses conhecimentos entre si, de maneira ativa e prática, pode se constituir uma forma de vida e de trabalho, em conjunto, um pouco diferente das demais.

Embora analogias, metáforas e modelos sejam objetos de estudos desde Aristóteles, para nós ainda há muito a fazer. Acreditamos que a leitura de *A&M 20 anos: formação e atuação de pesquisadores em analogias, metáforas e modelos* pode dar uma pequena ideia das imensas possibilidades e aplicabilidades para muitas áreas do conhecimento humano. São exemplos, as descobertas de novos atributos do pensamento analógico e do metafórico. Assim, as A&M assumem não só papeis linguísticos, mas também outras funções ligadas às áreas da Educação, da Ciência, da Tecnologia e das Artes. Bom proveito!

Indice

Apresentação e Breve Histórico 15

Parte 1

1 32

Guarda-chuva de ideias

Ronaldo Luiz Nagem
Maria de Fátima Marcelos
Siane Paula de Araujo

Parte 2

2 103

O papel do design na divulgação da ciência: o projeto animando o ano da luz

Anderson Antônio Horta
Clara Santana Lins Cerqueira
Daniela Martins Barbosa Couto
Délcio Julião Emar de Almeida
Michelle Alvarenga Pinto Cotrim
Júlio César Alessi de Carvalho Lafetá
Rita Aparecida da Conceição Ribeiro

3 124

Comparação analógica entre o corpo humano e uma orquestra musical: possibilidades pedagógicas para o ensino de biologia

Érica Dinorá Portela
Leila Saddi Ortega
Alexandre da Silva Ferry
Ronaldo Luiz Nagem

4 148

Produção e aplicação de modelos de aprendizagem e o STEAM *Education*

Siane Paula de Araujo
Ronaldo Luiz Nagem
Luhan Dias Souza
Ivo de Jesus Ramos
Maurício Silva Gino

5 **170**

Analogias nas ciências da saúde

Eliene Diniz dos Santos

João Rodolfo Lauton M. de Souza

Ronaldo Luiz Nagem

6 **198**

Jogo de empresas como modelo na educação gerencial

Suryam Guimarães Lima

Ronaldo Luiz Nagem

Raquel Quirino

7 **218**

A teoria do mapeamento estrutural das analogias como referencial teórico para estudos e pesquisas no GEMATEC

Alexandre da Silva Ferry

8 **236**

Ciência e comunidades – desafios e criatividade no desenvolvimento de objetos de aprendizagem baseados em modelos

Cláudia Gomes França

Leila Saddi Ortega

9 **259**

Uma reflexão sobre o ensino de ciências e o STEAM: a função da criatividade

Josefina Barrera Kalhil

César E. Mora Ley

10 **274**

O raciocínio lógico no contexto de ensino e de aprendizagem

Tamires Sousa Batista

Marina Chaves Silva

Ronaldo Luiz Nagem

11 **291**

O raciocínio analógico no contexto de ensino e de aprendizagem

Marina Chaves Silva

Tamires Sousa Batista

Ronaldo Luiz Nagem

Parte 3

Catálogo de Resumos **317**

Apresentação e Breve Histórico

O objetivo deste livro é celebrar os mais de vinte anos de estudo e investigação em Analogias, Metáforas e Modelos (A&M) na formação e atuação de pesquisadores em diversas áreas do conhecimento de forma a ampliar a visibilidade e memória do trabalho desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa AMTEC (*Analogias, Metáforas e Modelos na Tecnologia, na Educação e na Ciência*). O Grupo é reconhecido pelo Programa de Pós-Graduação em Educação Tecnológica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (PPGET/CEFET-MG) e registrado no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) desde 1998. Suas ações são desenvolvidas junto ao GEMATEC[1] (*Grupo de Estudos em Analogias, Metáforas e Modelos na Tecnologia, na Educação e na Ciência)*, projeto de extensão vinculado ao Departamento de Educação do CEFET-MG. Além disso, a obra propõe divulgar conceitualmente a temática de forma a promover o diálogo entre pesquisadores da Educação, da Tecnologia, da Ciência e também de outras áreas, como da Arte, ampliando a rede de colaboração e trabalho a respeito.

Os estudos em A&M são recorrentes na literatura desde os tempos de Aristóteles. Historicamente, analogias e metáforas são assuntos considerados e pesquisados vastamente no campo da linguística e literatura, mas ainda pouco considerados nos estudos e pesquisas na área da Educação, em especial, no Ensino de Ciências, no Brasil. Em

[1] Projeto de Extensão criado pelo professor Ronaldo Luiz Nagem em 1998 e aprovado, em 2005, pelo Conselho Departamental do CEFET. O GEMATEC tem por objetivo reunir interessados, de diversas áreas do conhecimento, na temática de A&M, promovendo, atualmente, encontros semanais realizados em forma de palestras e debates ou oficinas. Está vinculado ao Departamento de Educação e tem parceria com o Mestrado em Educação Tecnológica. Em decorrência da aposentadoria do professor Ronaldo, autor do projeto, o grupo é coordenado atualmente pelo professor doutor Alexandre da Silva Ferry, junto com a pesquisadora Ma. Maria de Fátima Marcelos. Vide a página do grupo disponível em: http://www.dedu.cefetmg.br/gematec/. Acesso em: 16 fev. 2021.

contrapartida, os modelos são utilizados vastamente como recurso pedagógico no campo científico e apresentam uma forte relação com as analogias e metáforas, de forma a estabelecer o diálogo das três temáticas da A&M com diversas áreas do conhecimento. Entretanto, é importante considerar que, ao longo das últimas décadas, diversos autores têm discutido os conceitos, as consequências do uso de A&M e as maneiras pelas quais seus elementos podem ser utilizados nos processos de ensino e de aprendizagem e na mudança do perfil conceitual do aluno de distintas áreas do conhecimento. Entre esses trabalhos, destaca-se também os desenvolvidos pelos grupos AMTEC e GEMATEC ao longo de mais de duas décadas de atuação pautada no tripé ensino, pesquisa e extensão.

Nesse sentido, os textos apresentados, nesse livro, também possuem como finalidade apresentar o trabalho desenvolvido de maneira a contribuir com o processo de formação e atuação dos pesquisadores e demais interessados na temática. Em especial, a partir de sua relação com o campo da Educação Tecnológica, destacando temas como o papel das A&M em sala de aula, em livros didáticos, nos processos de ensino e de aprendizagem, de formação docente e profissional, dentre outros assuntos. Além disso, propõe o aprofundamento nos caminhos alternativos de estudos e pesquisas de distintas áreas do saber e suas relações com a sociedade.

Vale ressaltar que todo o estudo aqui apresentado teve sua gênese no trabalho desenvolvido pelo professor doutor Ronaldo Luiz Nagem. O primeiro deles, no início da década de 1990, no Centro de Ensino de Ciências e Matemática de Minas Gerais (CECIMIG), enquanto docente do curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* – especialização - em Ensino de Ciências na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Destaca-se, nesse contexto, a oferta, pela primeira vez, da disciplina *Analogias e Metáforas* nesse curso e a orientação do trabalho de conclusão da aluna

Amarlei de Almeida Melo Carvalho, intitulado *Imagens e Analogias no Ensino de Ciências: uma pequena revisão bibliográfica*. Dessas duas experiências iniciou-se o projeto que, mais tarde no CEFET-MG, foi designado *ABCdados* com o propósito de construir um banco de dados de referências sobre as A&M e à publicação do livro: *Índice de Analogias e Metáforas – Referências Bibliográficas sobre Analogias e Metáforas na Tecnologia, na Ciência e na Arte* (2004).

Em 1997, após o professor se aposentar da UFMG, prestou concurso público para ingressar na carreira docente do CEFET-MG. Nessa ocasião, apresentou o seminário *Expressão e Recepção do Pensamento Humano e sua Relação com o Processo de Ensino e de Aprendizagem no Campo da Ciência e da Tecnologia – Imagens, Metáforas e Analogias* o qual foi defendido e aprovado, passando a lecionar, desde então, no Mestrado em Tecnologia da instituição, atual PPGET. A partir do desdobramento desse seminário, o professor realizou suas atividades docentes no referido curso de mestrado, sendo a primeira disciplina ofertada no segundo semestre de 1997, intitulada *Seminários – Epistemologia e Analogia na Tecnologia*. Logo no ano seguinte, foi ofertada a disciplina *Analogias e Metáforas*[2] que deu origem às duas disciplinas, em vigor, desde então[3], na pós-graduação, a saber: *Analogias, Metáforas e Modelos na Tecnologia, na Educação e na Ciência* e a disciplina *Reconstrução de Modelos por Analogias (REMODA)*. Como fruto dessas disciplinas, outros trabalhos foram desenvolvidos de forma a ampliar a rede de pesquisa e pesquisadores, bem como na fundação dos grupos de pesquisa e estudo AMTEC e GEMATEC, e está caminhando para a consolidação de um Centro de Referência em A&M.

[2] Disciplina que se desmembrou em *Analogias e Metáforas* I, II e III, ofertadas em semestres respectivos.

[3] A partir de 2021 as disciplinas do curso de Mestrado em Educação Tecnológica estão se reestruturando e assumindo novas designações, porém as disciplinas relacionadas às A&M permanecem.

A disciplina *REMODA* teve sua origem, não ao mesmo tempo, mas da mesma forma como ocorreu, pela primeira vez no mestrado, no segundo semestre de 1998, pela sua oferta como *Tópicos Avançados em Educação Tecnológica I*: *Analogias, Metáforas e Modelos na Tecnologia, na Educação e na Ciência*. Pouco tempo depois, a disciplina ministrada na modalidade *Tópicos Avançados* passou a fazer parte da grade de optativas relativas à linha de pesquisa *Práticas Educativas em Ciência e Tecnologia* do curso de mestrado e oferecida pelo professor Ronaldo, desde então.

Dessa forma, essas disciplinas estão inseridas dentro da linha IV[4] do PPGET/CEFET-MG e, portanto, já ministradas pelos professores que a essa linha também integram, ou integraram, a saber: o professor Ronaldo Nagem – hoje aposentado, mas que ainda acompanha, voluntariamente, o trabalho nos Grupos AMTEC e GEMATEC –, o professor Dr. Alexandre da Silva Ferry[5] e o professor Dr. Ivo de Jesus Ramos[6]. Além da professora Dr. Siane Paula de Araújo que também já realizou atividades de ensino nessas disciplinas para cumprimento de parte do seu plano de atividades de Estágio Pós-Doutoral no PPGET/CEFET-MG junto ao AMTEC, no ano de 2019.

Em 1998, também foram criados os Grupos AMTEC e GEMATEC. Ressalta-se ainda, a inclusão da área de Artes aos propósitos de trabalho do grupo e como complemento de um ciclo capaz de contemplar e relacionar, de forma multi e até transdisciplinar os campos da Educação, da Ciência, da Tecnologia e das Artes. Nessa perspectiva, é interessante destacar que, durante cinco anos (2002-2006), o grupo de pesquisa AMTEC manteve também um grupo de estudos e práticas sobre *Ciências*

[4] Vale ressaltar que está em andamento o projeto de implementação do curso de doutorado em Educação Tecnológica no PPGET/CEFET-MG. Nesse processo, haverá uma mudança em relação às linhas de pesquisa do Programa, passando a se estruturar não mais em quatro, mas em apenas duas linhas, a saber: Linha: Educação e Cultura; Linha: Saberes e Processos Educativos.

[5] Docente efetivo e atual coordenador do PPGET/CEFET-MG.

[6] Docente efetivo do programa.

e Artes, denominado *Núcleo Interdisciplinar de Ciências e Humanidades* – NICHU, verificando, em culturas antigas, em especial a grega, a interseção entre as analogias, as metáforas e os modelos com a Arte, a História e a Tecnologia. Na época, era coordenado pelo professor Dr. Ewaldo Melo de Carvalho do mestrado em Tecnologia do CEFET-MG (hoje também aposentado) e pela ex-aluna do mesmo programa, hoje professora Dra. Ana Cristina Carvalho Pereira, da Escola de Belas Artes (EBA) da UFMG. Destacamos que, além de encontros semanais, os membros do NICHU realizaram duas viagens de imersão à Grécia para estudos *in loco*. Além disso, vale ressaltar que outros pesquisadores e professores na linha de trabalho em Artes também foram alunos do PPGET/CEFET-MG junto ao AMTEC, como o professor Dr. Mauricio Silva Gino, hoje também docente na EBA/UFMG e membro efetivo do Programa de Pós-graduação em Artes dessa mesma instituição.

O grupo de pesquisa AMTEC foi reconhecido e autorizado pela instituição e registrado no CNPq desde 1998. Desse período, até a presente edição, o grupo desenvolveu um vasto trabalho com cerca de 50 projetos que resultaram em mais de 100 artigos publicados em periódicos, anais de eventos e capítulos de livro, mais de 50 apresentações de trabalhos em eventos científicos nacionais e internacionais. Além da publicação regular de livros desde o ano de 2004 por pesquisadores do grupo e as mais de 50 dissertações defendidas com a temática, entre outras produções acadêmicas, tais como: de modelos análogos tecnológicos - como o Multiverso (modelo análogo ao espaço sideral em 3D em meio fluido) -, de software como o MAPES, para mapeamento estrutural de analogias, além de um banco de dados digital de banners apresentados pelo grupo, da videoteca analógica e de materiais didáticos diversos.

Salientamos, nesse contexto, que o Multiverso foi destaque, em 2012, na inauguração do Laboratório de Inovação em Recursos Educacionais

(LIRE) do Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST), a convite do professor Dr. Douglas Falcão, então, coordenador de Educação em Ciências do museu. Posteriormente, o projeto foi exposto com destaque em diferentes espaços, como o Espaço do Conhecimento da UFMG, o Museu de Ciências Naturais da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG), ambos em Belo Horizonte-MG, bem como no evento "Noite dos Investigadores" na Universidade do Minho, em Portugal, no ano de 2017, desta vez por meio do professor Dr. Alexandre da Silva Ferry, hoje líder do Grupo AMTEC.

Ao longo desses 20 anos, o AMTEC esteve presente em várias edições de eventos acadêmicos nacionais e internacionais, dos quais destacamos: o Encontro Nacional de Pesquisadores em Ensino de Ciências (ENPEC); Encontro Nacional de Educação em Ciências (ENEC) em Portugal; II Conference On Metaphor In Language And Thought; VI Congreso de Historia de las Ciencias y la Tecnología; Language, Culture and Mind International Conference (LCM); Seminário de la Asociación Latinoamericana de Investigación En Educación en Ciências (LASERA); International Organization of Science and Technology Education Symposium (IOSTE); Congreso Internacional Sobre Investigación En Didáctica De Las Ciencias. Neste último, realizado em 2013 na cidade de Girona, Espanha, o grupo AMTEC coordenou os 1º, 2º e 3º SIMATEC - Simpósio Internacional de Pesquisa em Analogias, Metáforas e Modelos na Tecnologia, na Educação e na Ciência.

Nesse sentido, esse livro busca sintetizar um pouco da essência de todo esse trabalho, que se mantém vivo e contínuo englobando diversas áreas do conhecimento. Os Grupos AMTEC e GEMATEC permitem, portanto, esse encontro entre áreas como Ensino de Ciências, Matemática, Biologia, Física, Química, História, Geologia, Astronomia, Design, Cinema de Animação, Dança, Letras, Arquitetura, Fisioterapia, Educação Afetivo-

Sexual, Administração, Informática, Recursos Humanos, Música e outros para o desenvolvimento de suas pesquisas, estudos e parcerias.

Cabe ressaltar que os Grupos AMTEC e GEMATEC receberam algumas visitas internacionais, dentre elas cabe destacar duas em sua trajetória. A primeira visita a se destacar foi da professora Dra. Conceição Medeiros Martins Duarte (*in memoriam*), da Universidade de Minho, Portugal. O primeiro encontro presencial entre a professora e membros do grupo de pesquisa, em especial com o professor Ronaldo Nagem, ocorreu em oportunidade de realização de um minicurso sobre a temática "O uso de analogias no ensino de ciências", durante o V Encontro Nacional de Pesquisadores de Ensino de Ciências (ENPEC), em 2005, na cidade de Bauru/São Paulo.

Naquela oportunidade, a professora ofereceu o minicurso dentro da proposta do ENPEC e da Escola de Formação de Pesquisadores. Coincidentemente, a professora Conceição havia sido parecerista do texto *Uma Proposta de Ensino com Analogias*, de autoria do professor Ronaldo e demais integrantes, o qual foi aprovado e publicado na Revista Portuguesa de Educação, em 2001. Em função desse fato, a professora Conceição reconheceu o professor Ronaldo em sala de aula e, a partir disso, iniciaram uma parceria de trabalho e pesquisa que resultou na visita da professora ao GEMATEC no mesmo ano, ofertando um mini curso sobre a temática para os mestrandos e demais participantes do grupo.

Durante a sua visita, ela também participou como membro da banca de defesa de dissertação de mestrado das ex-alunas - hoje mestras em Educação Tecnológica - Silvia Eugênia do Amaral e Maria de Fátima Marcelos, esta última atual coordenadora do GEMATEC e vice-líder do AMTEC (2009-2021). Além disso, também resultou na efetivação do pós-doutorado no exterior do professor Ronaldo Nagem, em 2007, na

universidade portuguesa, uma vez que a professora Conceição atuou como mentora nesse processo.

Dessa primeira parceria internacional de trabalho entre os pesquisadores também resultou na ampliação dos laços entre o PPGET/CEFET-MG e a Universidade do Minho, quando em 2016 o professor doutor Alexandre da Silva Ferry, também realizou seu Estágio Pós-Doutoral na mesma universidade, porém sob a mentoria da professora doutora Laurinda Sousa Ferreira Leite – que também visitou o GEMATEC em 2013. Cabe ressaltar que o professor Alexandre foi ex-aluno e orientando do professor Ronaldo no mestrado em Educação Tecnológica, membro do Grupo AMTEC desde 2006, atual docente e coordenador do PPGET/CEFET-MG, como também do GEMATEC, junto com a Ma. Maria de Fátima Marcelos.

A segunda presença em destaque se refere à visita, de forma voluntária, do Professor Dr. Michael Robert Matthews, da *University of New South Wale*, Austrália, na condição de *President, Inter-Divisional Teaching Commission of DHST/DLMPS of IUHPS*. O professor Michael teve conhecimento e interesse no grupo em decorrência do artigo *Comparative Structural Models of Similarities and Differences between Vehicle and Target in Order to Teach Darwinian Evolution*[7] de autoria da pesquisadora Maria de Fátima Marcelos e do professor Ronaldo, submetido e publicado em novembro de 2009 no periódico internacional *Science & Education*, da Editora *Springer*, do qual o professor Michael era editor chefe. Ressaltamos ainda que, posteriormente, os autores do artigo foram convidados e passaram a integrar a equipe de pareceristas do periódico.

Em oportunidade de uma visita acadêmica na UFMG, no ano de 2010, o professor Michael entrou em contato com o grupo para conhecer,

[7] Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-009-9218-2.

pessoalmente, o trabalho realizado e as instalações do GEMATEC no CEFET-MG, que se encontrava em uma ampla sala no Campus VI nesse período. Na oportunidade, o professor ministrou uma conferência no grupo com o tema *Pesquisa em História, Filosofia e Ensino de Ciências,* destacando o construtivismo como uma teoria e não uma metodologia. Ao regressar ao seu país, o professor manifestou seu reconhecimento em e-mail enviado ao professor Ronaldo, afirmando que "o grupo é um dos líderes mundiais de pesquisa na temática." (Tradução nossa)[8]. Na mesma época, solicitou um texto sobre o grupo de pesquisa AMTEC, intitulado *Study group of analogies, metaphors and models in science, education and technology*[9], que foi publicado como *Newsletter* no *site* da editora que possuía mais de 4.000 seguidores na data de publicação.



Registro de um almoço na época da visita ao GEMATEC do professor australiano Dr. Michael, à esquerda na foto, junto ao professor Ronaldo Nagem, à direita.
Fonte: Acervo pessoal do GEMATEC.

[8] Your own Belo Horizonte group is clearly one of the world leaders in the science teaching and learning part of this research. (E-mail disponível na íntegra em NAGEM, 2015, p. 22).

[9] http://ihpst.net/newsletters/sept2010.pdf

A proposta deste livro, portanto, está alicerçada em como o trabalho desenvolvido pelos grupos AMTEC e GEMATEC, ao longo desses anos, podem repercutir em diversas pesquisas e recursos pedagógicos, cognitivos, heurísticos e de inovação, de forma a reforçar o alargamento da rede de pesquisadores na referida área. Trata-se na tentativa de agrupar e sistematizar significados, conceitos, definições e classificações de analogias, metáforas e modelos, considerando possibilidades pedagógicas, históricas e críticas sobre o tema, bem como a sua aplicabilidade em contextos educacionais e culturais diversos. Além disso, o livro é uma forma de iniciar a implementação de um Centro de Referências e de Investigação em Analogias, Metáforas e Modelos na Tecnologia, na Educação, nas Ciências e Artes (CRIATECA).

Isso posto, o livro A&M 20 anos está organizado em três partes distintas, porém comunicantes. A primeira, intitulada *Guarda-Chuva de Ideias*[10], está composta por dois textos, o *Módulo I: A&M na Ciência, na Educação e em Outros Contextos e o Módulo II: Modelos, Dispositivo de Modelagem* e *Analogias*. Nesse sentido, *Guarda-Chuva de Ideias* tem como propósito apresentar uma síntese das ideias primordiais e das principais conceituações e aplicações a respeito da temática. Essa premissa acontece a partir da atualização do trabalho intitulado *Analogy and Model in the Teaching and Learning of Science: Philosophical and Educational Aspects* que vem sendo produzido desde 2011, porém ainda não publicado, mas que se configura como uma importante referência para diversas pesquisas e estudos dentro dos Grupos AMTEC e GEMATEC. O texto de *Módulo I* propõe introduzir o assunto sobre Analogias e Metáforas, em especial, a

[10] O título expressa a ideia conotativa de um texto "guarda-chuva" baseada na expressão Programa (ou Projeto) Guarda-Chuva, quando pesquisadores apresentam vários projetos dependurados a uma mesma perspectiva ou área de pesquisa. Esse projeto guarda-chuva, portanto, representa a base epistemológica do qual os demais projetos, ou propostas, se apoiaram.

partir da importância do raciocínio analógico para o campo científico e demais áreas, da discussão a respeito da relação entre concepção e conceito e da discussão sobre a polissemia de sentidos para esses termos, bem como a sua considerável presença em livros didáticos, especialmente para o Ensino de Ciências. O *Módulo II* enfatiza a temática dos Modelos, considerando a polissemia do tema, sua aproximação com as analogias e uma proposta de classificação das tipologias de modelo apresentadas, designada de Chave Sistemática Multiopcional. Além disso, lança mão da noção de Dispositivo de Modelagem, sua conceituação e caracterização.

A segunda parte do livro apresenta um compêndio de 10 artigos produzidos por pesquisadores ativos do AMTEC relacionados a projetos de pesquisa interinstitucionais, dissertações de mestrado, resultados de trabalhos científicos oriundos do Grupo e/ou das disciplinas ofertadas no Curso de Mestrado em Educação Tecnológica relacionadas à temática. O primeiro artigo, *O papel do Design na divulgação da ciência: O Projeto Animando o Ano da Luz,* como o próprio título revela, versa sobre um projeto coordenado pela professora Dra. Rita Ribeiro e desenvolvido por demais professores e pesquisadores da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) em parceria com o AMTEC, especialmente através da participação do professor Délcio Almeida, ex-aluno do PPGET, membro AMTEC e atual doutorando em Design na UEMG. O projeto visa realizar atividades educativas sobre o ensino de Astronomia para crianças relacionadas ao campo do Design, tais como a produção de *paper toys*, revista em quadrinhos e de vídeos animados.

O artigo *Comparação Analógica entre o Corpo Humano e uma Orquestra Musical: Possibilidades Pedagógicas para o Ensino de Biologia* é resultado da pesquisa de mestrado de Érica Dinorá orientada pelo professor Dr. Ronaldo Nagem e co-orientada pela professora de biologia, Dra. Leila Ortega. O trabalho apresenta uma proposta sistemática de

comparação presente na analogia entre o corpo humano e uma orquestra musical. Baseada no instrumental teórico e de análise denominado Teoria do Mapeamento Estrutural, de Drede Gentner (1983), o trabalho discute a utilização da analogia entre o corpo humano e a orquestra musical no contexto do ensino de Biologia.

O terceiro artigo *Produção e Aplicação de Modelos de Aprendizagem e STEAM Education* propõe uma reflexão sobre o processo de produção a aplicação de três modelos virtuais de aprendizagem para o ensino de Dança, a saber, os softwares *Monte o Esqueleto*, *Tipos de Articulações Sinoviais* e *Coordenação Motora* – a partir do conceito *STEAM Education*. Esses modelos foram produzidos durante duas pesquisas, uma de mestrado e outra de doutorado, defendidas pelo Programa de Pós-Graduação em Artes da UFMG sob a orientação do professor Dr. Maurício Gino, e se mantém em continuidade através do projeto de pesquisa de pós-doutorado da Dra. Siane Araujo, desenvolvido no PPGET junto ao AMTEC e em parceria com o projeto de Extensão em Game Design da UEMG.

O quarto artigo, *Analogias nas Ciências da Saúde*, é fruto de duas dissertações de mestrado dos pesquisadores Eliene Diniz e João Rodolfo Souza, defendidas no PPGET junto ao AMTEC, e versam sobre o uso de analogias em livros didáticos para o ensino de Enfermagem e de Fisioterapia. Nesse sentido, o trabalho apresenta uma proposta de unificação entre essas duas pesquisas a partir da elaboração de um sistema de classificação para analogias encontradas no campo das Ciências da Saúde. Esse sistema está representado por quadros que elucidam a categoria, tipologia e classificação, orientando, assim, a análise de algumas analogias dadas como exemplos muito concretos presentes na área.

O quinto artigo, *Jogo de Empresas como Modelo na Educação Gerencial,* também fruto da dissertação de mestrado de Suryam Lima no PPGET e AMTEC sob a orientação do professor Dr. Ronaldo Nagem e

coorientação da professora Dra. Raquel Quirino do mesmo programa, apresenta uma análise comparativa entre os jogos de empresa desenvolvidos ao longo de uma curso de educação gerencial e a realidade de uma atuação profissional. O resultado da pesquisa mostra que, de fato, esses jogos podem ser entendidos como modelos educativos para o exercício profissional pela similaridade com as situações vividas no cotidiano do mundo do trabalho.

O sexto artigo, *A Teoria do Mapeamento Estrutural das Analogias como referencial teórico para estudos e pesquisas no GEMATEC,* apresenta um apanhado das dissertações realizadas no PPGET utilizando a Teoria Mapeamento Estrutural (TME) como fundamentação de análise de analogias utilizadas no campo da Educação em Ciências. Essa teoria foi apresentada pelo professor Dr. Alexandre Ferry ao GEMATEC em 2015 e, desde então, é aplicada como referência para muitas pesquisas desenvolvidas no AMTEC. Foram catalogadas 10 dissertações defendidas utilizando a TME até o final de 2020.

O artigo sétimo, *Ciência e Comunidades – Desafios e Criatividade no Desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem Baseados em Modelos*, sintetiza o trabalho desenvolvido no projeto *O CEFET-MG, do Cabana do Pai Tomás ao Aglomerado da Serra: conexões entre ciência, tecnologia e educação (SOPHIA)*, financiado pela FAPEMIG em 2015, sob a coordenação da professora Dra. Cláudia França, também ex-aluna do PPGET/CEFET-MG e hoje professora da instituição. O projeto foi desenvolvido em parceria com o grupo AMTEC, em especial, por intermédio da professora Dra. Leila Ortega. No projeto, foram realizadas várias atividades educativas com crianças moradoras das comunidades Cabana do Pai Tomás e do Aglomerado da Serra, em Belo Horizonte, de forma a relacionar a Educação Artística com conhecimentos do Ensino de Ciências.

Em *Uma reflexão sobre o ensino de Ciências e o STEAM: a função da criatividade* os professores estrangeiros, Dra. Josefina Kalhil e Dr. César Ley, da Universidade do Estado do Amazonas, discutem a questão da criatividade dentro do modelo STEAM de educação, em especial quando voltado para o Ensino de Ciências. Os autores concluem que a criatividade é um importante componente não somente para o processo de formação profissional, como também para o desenvolvimento da personalidade dos sujeitos. Cabe ressaltar ainda que a professora Dra. Josefia Kalhil é Coordenadora e Docente do Doutorado em Redes de Ensino de Ciências da Amazônia do polo Manaus e uma importante parceira do Grupo AMTEC.

Os artigos nono e décimo que encerram essa parte, *O Raciocínio Lógico no Contexto da Ensino e da Aprendizagem* e *O Raciocínio Analógico no Contexto do Ensino e da Aprendizagem,* possuem a mesma autoria e representam duas pesquisas que as autoras de Tamires Batista e Marina Silva realizaram em função de uma atividade para a disciplina *REMODA*, ministrada pelo professor Ronaldo Nagem no ano de 2019. A intensão de inserir estes trabalhos nessa obra ocorre como uma forma de ampliar e dar continuidade aos assuntos tratados no texto de *Módulo I* da primeira parte, *Guarda-chuva de ideias*. Nesse sentido, o nono e décimo artigos apresentam uma consulta nas principais bases de dados científicas a fim de realizar uma revisão bibliográfica sobre cada assunto: o raciocínio lógico e o raciocínio analógico no campo do ensino e da aprendizagem.

Por fim, a terceira parte se refere a um catálogo de resumos de teses, dissertações e pesquisas de iniciação científica relacionadas às A&M desenvolvidas e defendidas por membros AMTEC desde sua criação até a presente edição desse livro. A proposta é apresentar um pouco da abrangência da temática em pesquisas diversas sobre distintos enfoques ao longo de sua história. Foram coletados 65 resumos com trabalhos relacionados às A&M relacionados às A&M e/ou que se relacionam com os

campos da Tecnologia, da Educação e da Ciência, fruto dos desdobramentos dos estudos realizados nos grupos AMTEC e GEMATEC ao longo desses anos. Desejamos a todos uma ótima leitura!

7

A teoria do mapeamento estrutural das analogias como referencial teórico para estudos e pesquisas no GEMATEC

Alexandre da Silva Ferry [1]

Introdução

Em decorrência de uma pesquisa doutoral (FERRY, 2016) dedicada a investigar a relação entre os aspectos estruturais, semânticos e pragmáticos de analogias construídas em uma sala de aula de Química e os modos de comunicação empregados na sua construção, a Teoria do Mapeamento Estrutural – TME (GENTNER, 1983; GENTNER e MARKMAN, 1997), adotada como principal referencial teórico, foi apresentada e introduzida nos encontros semanais do Grupo de Estudos em Analogias, Modelos e Metáforas na Educação, na Ciência e na Tecnologia (GEMATEC) no início do ano de 2015.

A partir desse ano, alguns projetos de pesquisa conduzidos por mestrandos do Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica do CEFET-MG, no âmbito das atividades do GEMATEC, começaram a ser elaborados adotando-se a TME como referencial teórico para a análise de analogias empregadas na educação em Ciências, particularmente no ensino de Química e de Biologia, em sua maioria. Entre os anos de 2015 e 2020 foram produzidas 9 dissertações de mestrado que tiveram como base teórica a TME (quadro 1).

[1] Coordenador e docente do Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica do CEFET-MG.

Quadro 1: Dissertações produzidas no GEMATEC, no âmbito do Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica do CEFET-MG, que adotaram a Teoria do Mapeamento Estrutural das Analogias (GENTNER, 1983; GENTNER; MARKMAN, 1997) como referencial teórico

Autor	Ano da defesa	Título	Área de conhecimento
Gilson Rodrigues de Alvarenga	2017	Análise estrutural de analogias em livros didáticos de Química	Ensino de Química
Érica Dinorá Portela	2017	Possibilidades pedagógicas de uma comparação do corpo humano com uma orquestra musical: o que pensam os professores de Biologia?	Ensino de Biologia
Rangel Benedito Sales de Almeida	2017	Analogias e Modelos: construção de objetos museais para a divulgação científica	Divulgação científica
Gláucia de Sousa Murta	2017	Análise estrutural de analogias e outras comparações em livros didáticos de Biologia	Ensino de Biologia
Cristiane de Paula Gouveia	2018	Potencialidades e limitações do modelo didático *Haploid-book* para o ensino de Genética	Ensino de Biologia
Helton Luiz Dias Ferreira	2019	Análise estrutural de analogias em livros didáticos de Química da década de 1990 e contemporâneos	Ensino de Química
Wilbert Viana Barbosa	2019	Análise da sistematicidade de analogias em contextos de ensino e de pesquisa na Educação em Ciências	Ensino de Química
Luciana Paula de Assis	2020	Potencialidades e limitações pedagógicas no uso de modelos analógicos para o ensino de estequiometria na Educação Tecnológica	Ensino de Química
Núbia Silva Schmidt	2020	Implicações pedagógicas do uso de modelos analógicos no ensino de Química para estudantes deficientes visuais	Ensino de Química

FONTE: Elaborado pelo Prof. Alexandre Ferry (2020).

Teoria do Mapeamento Estrutural das Analogias

A partir da TME, compreendemos as analogias como comparações entre dois domínios, um base e um alvo, nas quais privilegiam-se as relações entre elementos (originalmente chamados de objetos) e seus atributos, e as relações de ordem superior, que impõem restrições sobre

relações de ordem inferior, de forma que a analogia "A é como a B" define o mapeamento de B para A. Nesse sentido, A passa a ser chamado de alvo (ou domínio alvo – DA) desde que esse domínio seja explicado, e B passa a ser chamado de base (ou domínio base – DB), desde que sirva como fonte de conhecimento. Esses são os princípios desenvolvidos por Dedre Gentner, em 1983, que fundamentaram a *Structure-mapping Theory*, aprimorada por Gentner e Markman em 1997. Essa teoria surgiu no campo da Psicologia Cognitiva e buscava diferenciar as analogias das similaridades literais e outras comparações por meio do alinhamento de conhecimentos sobre o domínio base no domínio alvo, o qual foi denominado mapeamento de estruturas (GENTNER, 1983).

De acordo com essa teoria, a especificidade das analogias em relação aos outros tipos de comparação pode ser identificada por meio de um mapeamento das similaridades postuladas entre relações existentes no domínio familiar (domínio base) e no domínio desconhecido ou pouco conhecido (domínio alvo). Gentner (1983, p. 156) afirma que esses domínios são sistemas que incluem elementos (objetos, estados ou processos), atributos (características dos elementos) e relações tanto entre os atributos dos elementos quanto entre os próprios elementos, podendo também ser relações mais complexas entre relações menos complexas.

As analogias também são vistas como um mapeamento entre duas situações representadas, de modo que uma estrutura relacional comum é alinhada (GENTNER, 1983; GENTNER; MARKMAN, 1997; HOLYOAK, GENTNER; KOKINOV, 2001 *apud* GENTNER; BOWDLE, 2008). Em outras palavras, as analogias são comparações nas quais uma estrutura de relações similares pode ser identificada entre o domínio base e o domínio alvo.

Apesar da TME dar ênfase às analogias e diferenciá-las das similaridades literais, outros tipos de comparação (abstração, mera

aparência e anomalia) são discutidos durante a construção da teoria que apresenta características que nos permitem distingui-las. Portanto, segundo Gentner (1983), uma analogia é uma comparação com foco nas correspondências entre predicados relacionais entre os domínios envolvidos. Nas comparações de mera aparência, as correspondências são estabelecidas, predominantemente, entre atributos de elementos pertencentes ao domínio base (DB) e atributos de elementos pertencentes ao domínio alvo (DA). Assim, por exemplo, pode-se dizer que um gráfico de uma distribuição de Gauss, ou gaussiana, tem aparência similar ao do sino de uma igreja. De modo geral, esse tipo de comparação tem foco em propriedades descritivas de elementos pertencentes aos dois domínios, tais como a forma, a cor, o tamanho e outros.

As similaridades literais se aproximam das similaridades de mera aparência no sentido de que atributos dos elementos que pertencem ao DB devem corresponder àqueles que pertencem ao DA. Por outro lado, também se aproximam das analogias dada a exigência de similaridades entre relações existentes em cada domínio. A título de exemplo, vejamos uma comparação de similaridade literal entre uma usina hidrelétrica (DB) e uma termelétrica (DA). Há elementos correspondentes nos dois sistemas, tais como tubos, reservatórios de água, e turbinas movidos a partir da água (líquida no DB e vapor de água no DA). Há, também, uma correspondência entre as relações dos elementos dos dois domínios. Assim, no DB, podemos dizer que "o aquecimento da água pelo Sol é o processo mais importante, pois origina o movimento da água líquida que, posteriormente, serve para a produção de energia elétrica pela turbina". De forma similar, no DA diremos que "o aquecimento da água pela fornalha é o processo mais importante, pois origina o movimento do vapor de água que, posteriormente, serve para a produção de energia elétrica na turbina".

No caso das analogias, as correspondências são estabelecidas, predominantemente, entre relações. Não há necessidade de correspondência entre atributos que pertencem a cada domínio. Assim, por exemplo, quando alguém diz que um microfone piezoelétrico é análogo à cóclea humana, o foco de sua comparação está no funcionamento desses sistemas, pois não há, efetivamente, correspondência entre atributos dos elementos que constituem o microfone piezoelétrico e aqueles que constituem a cóclea. Por essa razão, jamais poderíamos dizer que a comparação entre microfone e cóclea envolve uma similaridade literal. Afinal, o microfone piezoelétrico é apenas um cristal ligado a fios condutores, que produz uma onda elétrica ao sofrer deformações provocadas por uma onda sonora. A cóclea tem uma estrutura imensamente mais complexa do que a do microfone piezoelétrico. Nela, um líquido produz deformações em um enorme conjunto de células especiais individuais que, ao serem deformadas, geram impulsos nervosos. Apesar da enorme diferença entre os elementos que compõem o microfone (cristal e fios de cobre) e aqueles que compõem a cóclea (estruturas ósseas, líquidos, membranas, células, etc.), o microfone pode ser usado para substituir a cóclea, em um procedimento médico conhecido como implante coclear. Nesse sentido, ele é realmente análogo à cóclea do ponto de vista da estimulação dos terminais nervosos que permitem ao cérebro de um ser humano produzir sensações sonoras.

Além das similaridades de mera aparência, das analogias e das similaridades literais, Gentner (1983) fala de um quarto tipo de comparação denominada *Anomalia*, na qual o mapeamento das similaridades entre os dois domínios comparados não encontra correspondências, nem entre atributos dos elementos, tampouco entre as relações que os elementos exibem em cada domínio. O quadro 2 nos apresenta uma forma de distinção dessas diferenças entre os tipos de

comparação e um exemplo para cada caso, tendo como campo de referência o ensino de Química.

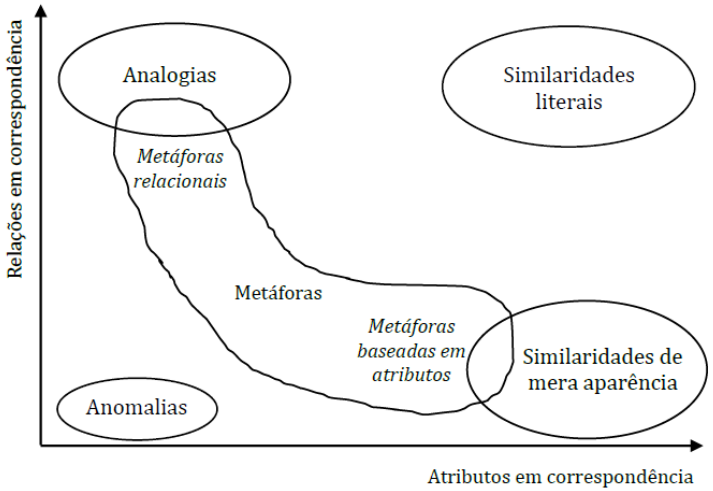
Quadro 2: Tipos de comparação segundo a TME

Tipo de Comparação	Atributos mapeados	Relações mapeadas	Exemplo
Similaridade Literal	Muitos	Muitas	O propanol é como o etanol.
Analogia	Poucos	Muitas	O átomo de Bohr é como o sistema solar.
Anomalia	Poucos ou nenhum	Poucas ou nenhuma	A Tabela Periódica dos elementos químicos é como um campo de futebol.
Similaridade de mera aparência	Muitos	Poucas	O átomo de Dalton é como uma bola de sinuca.
Abstração*	Poucos	Muitas	O número de Avogadro corresponde a distância percorrida pela luz, em metros, durante mais de 63 milhões de anos.
Metáfora relacional	Poucos ou nenhum	Muitas	Os elementos químicos Li, Na e K são de uma mesma família.
Metáfora baseada em atributos	Muitos	Poucas ou nenhuma	Os orbitais atômicos são nuvens eletrônicas
*As abstrações diferem das analogias por envolver domínios carentes de concretude, especialmente no domínio base, implicando em certa dificuldade de sua visualização.			

FONTE: Adaptado de Gentner (1983), Gentner e Markman (1997), Ferry (2016) e Assis (2020).

A Figura 1 apresenta representação gráfica do que, na TME, é chamado de “espaço de similaridade”. Essa representação gráfica nos permite uma visualização das distinções dos tipos de comparação a partir do grau de semelhança dos predicados descritivos dos elementos e do grau de semelhança relacional, ou seja, a frequência dos compartilhamentos de atributos ou relações no mapeamento das estruturas dos dois domínios comparados.

Figura 1: Espaço de similaridades mostrando diferentes tipos de comparação em função do número de relações e de atributos colocados em correspondência



FONTE: Gentner e Markman (1997, p. 48) – tradução em Ferry (2016).

Por meio da figura 1, Gentner e Markman (1997) apresentam dois tipos de metáforas: as metáforas relacionais (*relational metaphors*), baseadas em relações, e as *atribute metaphors*, isto é, metáforas baseadas em atributos. As diferenças entre as metáforas relacionais e as baseadas em atributos são como as diferenças apresentadas pelos autores entre analogias e similaridades de mera aparência.

Os exemplos de metáforas dados por Gentner (2001) e Gentner e Markman (1997) apresentam uma concepção desse tipo de comparação muito similar àquela que encontramos na Retórica Antiga:

> Na Retórica Antiga definia-se a metáfora como uma comparação abreviada, elíptica, concebida nos termos de uma figura de plano de conteúdo [...] resultante de uma comparação entre dois termos, *A* e *B,* tomados como impropriamente semelhantes entre si; *A* seria, então, o termo a definir – o *comparado* – e *B* o *comparante* que o define a partir de um fundamento (sema

> comum a *A* e *B)* impróprio, com supressão da partícula comparativa (como, qual, tal, tal como...) (LOPES, 1986, p.24, grifos do autor).

Entre os exemplos de metáforas encontrados nos trabalhos de Gentner e de seus colaboradores, os enunciados "meu trabalho é uma prisão", "enciclopédias são minas de ouro" ou ainda "a lua é uma moeda de prata", são, claramente, comparações abreviadas. De acordo com Lopes (1986), em comparações abreviadas como essas, o enunciador tenta expressar um dado segmento discursivo por meio de um paradigma inesperado, pouco familiar, utilizando-o no lugar do paradigma esperado, programado em nossa memória.

A respeito das analogias, Gentner e Markman (1997) afirmam que as correspondências estabelecidas supõem a existência de um alinhamento estrutural entre os domínios comparados. O método de análise para a realização de um mapeamento de similaridades consiste em identificar: (i) os elementos colocados em correspondência; (ii) os atributos ou características desses elementos que são relevantes para a comparação; (iii) as relações que, dentro de cada domínio, são estabelecidas entre elementos, atributos ou outras relações "de ordem inferior" ou, em outras palavras, menos complexas do que aquelas identificadas no mapeamento de similaridades feito pelo analista.

O estudo das analogias e outras comparações está fortemente ligado ao mapeamento analógico – um processo que permite um alinhamento estrutural entre duas situações representadas e a projeção de inferências sobre o domínio a ser compreendido (FALKENHAINER, FORBUS; GENTNER, 1989; GENTNER; MARKMAN, 1997; MARKMAN; GENTNER, 1993 *apud* GENTNER; BOWDLE, 2008). Esse mapeamento é o cerne da TME, pois ele modela os processos cognitivos ocorridos durante a interpretação de uma comparação. Gentner e Bowdle (2008), portanto,

apresentam o mapeamento como sendo um alinhamento que consiste em um conjunto explícito de correspondências entre a representação de elementos de duas situações, na qual há ênfase nas correspondências relacionais. O alinhamento é condicionado por uma consistência estrutural de modo que se tenha: (1º) correspondências um a um entre elementos mapeados na base e no alvo e (2º) conectividade em paralelo, em que os argumentos dos predicados relacionais e dos predicados descritivos em um domínio sejam correspondentes aos argumentos similares dos predicados mapeados no outro domínio. Além disso, a seleção dos alinhamentos é determinada pelo princípio de sistematicidade: a correspondência de um sistema de relações conectadas por relações de ordem superior que impõem restrições a relações de ordem inferior, assim como relações causais são priorizadas no alinhamento com um número igual de correspondências independentes.

Gentner e Markman (1997) apresentam três restrições psicológicas como características fundamentais para considerar uma comparação como uma analogia propriamente dita: (1) a Consistência Estrutural, apresentada anteriormente; (2) 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 (3) a Sistematicidade, 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.

Diante disso, entendemos que, para que uma comparação possa ser considerada como uma "boa" analogia (ou uma "analogia verdadeira"), ela deve ser estruturalmente consistente, apresentar foco relacional e ser, preferencialmente, de alta sistematicidade. A sistematicidade é, portanto, uma importante característica na construção de uma analogia, devendo ser evidenciada no mapeamento das correspondências entre as relações similares. Segundo Gentner e Markman (1997), o mapeamento de um conjunto de relações de ordem superior interconectadas, que impõem restrições a relações de ordem inferior, possibilita uma melhor correspondência analógica do que a mesma quantidade de relações mapeadas, porém desconectadas. Assim, uma vez que o alinhamento é estabelecido, favorece-se a projeção das inferências mais prováveis da base para o alvo (FALKENHAINER et al, 1989 *apud* GENTNER e BOWDLE, 2008). A sistematicidade também orienta a inferência analógica: pessoas não importam fatos randômicos da base para o alvo, em vez disso, projetam inferências que completam o sistema de relações comum (CLEMENT; GENTNER, 1991 *apud* GENTNER; BOWDLE, 2008).

Padrão de Representação das Correspondências no Mapeamento Estrutural

A partir dos princípios e fundamentos da TME, Ferry (2016) propôs um padrão de codificação e representação das correspondências identificadas no mapeamento estrutural de analogias e outros tipos de comparação, no qual as correspondências entre elementos são codificadas pela letra E, as correspondências entre atributos pela letra A, acompanhada pelo código do respectivo elemento, e as correspondências entre relações pela letra r (minúscula) ou R (maiúscula), respectivamente para relações de primeira ordem e relações de ordem superior. De acordo com esse padrão de representação, os códigos de todas essas correspondências de similaridade devem vir acompanhados por setas

bidirecionais simples. Além das correspondências de similaridade, o padrão também orienta sobre a identificação e codificação de diferenças alinháveis (D) e de limitações (L). Nesses casos, as setas bidirecionais devem vir assinaladas com um sinal gráfico semelhante a uma letra X, a fim de evidenciar a não similaridade observada entre os domínios comparados.

O quadro 3, a seguir, apresenta o padrão atualizado de representação das correspondências que devem ser levantadas para o mapeamento estrutural de analogias ou qualquer outro tipo de comparação. Ou seja, essa ferramenta também pode ser utilizada para mapear estruturalmente comparações de mera aparência, similaridades literais, contra-analogias e, até mesmo, metáforas. Esse quadro apresenta os códigos genéricos a serem usados junto às setas bidirecionais, marcadas ou não com outros sinais gráficos, além de orientações sobre a natureza de cada correspondência que pode ser mapeada.

Quadro 3: Tipologia de correspondências mapeadas e notações simbólicas empregadas nas representações das correspondências para análise de analogias

Domínio Base (DB)	**Representações das Correspondências**	**Domínio Alvo (DA)**
Elementos da base	E_n ⟷	**Elementos do alvo**
Elementos que compõem o DB	*Correspondências entre elementos devem ser representadas por setas bidirecionais acompanhadas pela letra **E***	Elementos que compõem o DA
Atributos dos elementos do DB	$A_n(E_x)$ ⟷	**Atributos dos elementos do DA**
Predicados descritivos relevantes dos elementos mapeados no DB.	*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.*	Predicados descritivos relevantes dos elementos mapeados no DA.
Relações de 1ª ordem do DB	$r_n(E_x/A_x, E_y/A_y, \ldots)$ ⟷	**Relações de 1ª ordem do DA**

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.	*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.*	Relações entre dois ou mais elementos do DA ou entre suas características; relações de ordem estrutural que revelam como os elementos do DA estão disposto entre si.
Relações de 2ª ordem do DB	$^{2}R_{n}\ (r_{x}, r_{y}/E_{y}/A_{y}, \ldots)$ ⟷	**Relações de 2ª ordem e/ou de ordem superior no DA**
Relações existentes entre relações de 1ª ordem previamente postuladas entre elementos do DB ou entre uma relação de 1ª ordem com outros elementos/atributos.	*Correspondências entre relações mais complexas que devem ser representadas por setas bidirecionais acompanhadas pelo código **^{2}R**;* *Cada correspondência dessa natureza deve possuir ao menos uma relação de 1ª ordem como um dos seus argumentos.*	Relações existentes entre relações de 1ª ordem previamente postuladas entre elementos do DA ou entre uma relação de 1ª ordem com outros elementos/atributos.
Relações de ordem superior de nível hierárquico ou grau 'nh' do DB	$^{nh}R_{n}\ (^{(nh-1)}R_{x}, R_{y}/r_{y}/E_{y}/A_{y}, \ldots)$ ⟷	Relações de ordem superior de nível hierárquico ou grau 'nh' do DA
Relações existentes entre relações do DB, das quais ao menos uma se configura como uma relação de 2ª ordem.	*Correspondências entre relações de maior complexidade devem ser representadas por setas bidirecionais acompanhadas pelo código ^{nh}R;* *Cada correspondência dessa natureza deve possuir ao menos uma relação de 2ª ordem como um dos seus argumentos.*	Relações existentes entre relações do DA, das quais ao menos uma se configura como uma relação de 2ª ordem.
Determinados atributos ou relações do DB	$D_{n}: [\ldots]$ ⟷	Determinados atributos ou relações do DA
Características ou relações presentes no DB, conectadas a pontos em correspondência, que são diferentes nos respectivos pontos no DA.	*Diferenças alinháveis* *As setas bidirecionais devem ser marcadas com um sinal gráfico semelhante à letra X, e devem ser acompanhadas pela letra D*.*	Características ou relações presentes no DA, conectadas a pontos em correspondência, que são diferentes nos respectivos pontos no DB.
Elementos, Atributos ou Relações do DB ausentes no DA	$L_{n}: [\ldots]$ ⟷	Elementos, Atributos ou Relações do DA ausentes no DB
Condições do DB para as quais a comparação não se aplica; ou, elementos, atributos ou	*Limitações da comparação* *As setas bidirecionais devem ser marcadas com um sinal gráfico semelhante à letra X, e devem ser acompanhadas pela letra L**.*	Condições do DA para as quais a comparação não se aplica; ou, elementos, atributos ou relações do

relações do DB que não devem ser "transferidos" para o DA.		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 e 112) e atualizado em Barbosa (2019).

Considerações sobre o Mapeamento Estrutural como do de Análise

A teoria do mapeamento estrutural utilizada como uma das bases que fundamentaram a construção do nosso referencial teórico nos forneceu uma ferramenta de análise útil para alinhar os elementos e os atributos em correspondência e, principalmente, para identificar as relações similares existentes e estabelecer seu grau de complexidade. A partir das várias pesquisas conduzidas no GEMATEC que, entre outros estudos, originaram as dissertações apresentadas anteriormente (quadro 1), consideramos e concluímos que, por meio do mapeamento estrutural como método de análise das comparações tomadas como recurso didático na educação em Ciências, é possível verificar:

- se as analogias tomadas como objetos de análise são estruturalmente consistentes de modo a permitir o estabelecimento de correspondências um a um entre os elementos e atributos constituintes dos domínios comparados e a manter uma conectividade em paralelo entre os argumentos das relações colocadas em correspondência;
- se o foco da comparação analisada incide sobre as relações, o que a configura como sendo uma "analogia verdadeira" ou se o seu foco se restringe somente aos atributos dos elementos constituintes de cada domínio, o que a configura como uma similaridade de mera aparência;
- e se a analogia, isto é, se a comparação com foco relacional, é sistemática a ponto de permitir a compreensão das relações constituintes do domínio alvo

da comparação por meio da interconectividade das relações similares presentes no domínio base.

Além disso, a partir do mapeamento estrutural das analogias, concluímos que é possível identificar e analisar:

- as potencialidades da comparação pretendida, pois permite ao professor fazer um levantamento praticamente exaustivo das relações similares a serem exploradas;
- as diferenças alinháveis entre os domínios comparados, de modo a evitar transposições de ideias equivocadas e aparentemente "sedutoras" do domínio base para o domínio alvo;
- as limitações da comparação, de modo a apontar aspectos do domínio alvo que não podem ser explicados por meio do domínio base ou aspectos do domínio base que não podem ser "transferidos" para o alvo ou ainda condições nas quais a analogia não se aplica.

Resumindo, por meio do mapeamento estrutural de uma analogia é possível analisar suas potencialidades e suas fragilidades, e, assim, planejar sua construção ou o seu uso em atividades de ensino, de modo a torná-las contextualmente adequadas para sua aplicação e, consequentemente, para a aprendizagem dos estudantes. Análises de analogias feitas por meio do mapeamento das correspondências entre seus elementos, atributos relevantes e relações constituintes, sejam de primeira ordem ou de ordem superior, são capazes de evidenciar suas complexidades e sofisticação diante de comparações mais simples, como as similaridades por mera aparência.

Síntese das Ideias Centrais da TME

Para finalizar este capítulo, consideramos importante apresentar uma síntese das ideias centrais da Teoria do Mapeamento Estrutural a

serem consideradas em pesquisas dedicadas ao estudo das analogias no contexto da Educação em Ciências:

> (1˚) nem todo tipo de comparação se configura como uma analogia; no ensino de Ciências é possível encontrar diferentes tipos de comparação, como as de mera aparência, as similaridades literais, as abstrações, as anomalias, as metáforas relacionais, as metáforas baseadas em atributos e as contra-analogias;
>
> (2˚) as analogias são comparações estruturalmente consistentes que nos permitem não somente estabelecer correspondências um a um entre elementos constituintes dos domínios base e alvo, mas também reconhecer uma conectividade em paralelo entre os argumentos constituintes das relações colocadas em correspondência, seja na construção ou na interpretação das analogias; essas relações em correspondência constituem o foco das analogias;
>
> (3˚) uma analogia é um tipo de comparação com foco relacional estabelecida para compreender um domínio desconhecido ou pouco conhecido a partir de outro domínio familiar, seja para quem constrói a analogia ou para quem a interpreta;
>
> (4˚) uma analogia não se limita a uma única correspondência entre os dois domínios comparados; uma analogia pode permitir o estabelecimento de inúmeras correspondências entre os dois domínios.

Esses princípios devem ser entendidos como o conhecimento básico e necessário para a compreensão da metodologia de análise proposta por meio do mapeamento estrutural. Isto é, da identificação das correspondências entre elementos, atributos e, principalmente, entre relações similares que constituem os domínios comparados.

Referências

ALMEIDA, R. B. S. de. **Analogias e modelos:** construção de objetos museais para a divulgação científica. Dissertação de Mestrado, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 2017.

ALVARENDA, G. R. **Análise estrutural de analogias em livros didáticos de química**. Dissertação de Mestrado, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 2017.

ASSIS, L. P. de. **Potencialidades e limitações pedagógicas no uso de modelos analógicos para o ensino de estequiometria na educação tecnológica**. Dissertação de Mestrado, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 2020.

BARBOSA, W. V. **Análise da sistematicidade de analogias em contextos de ensino e de pesquisa na educação em ciências**. Dissertação de Mestrado, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 2019.

CLEMENT, C. A.; GENTNER, D. Systematicity as a selection constraint in analogical mapping. **Cognitive Science**, v. 15, p. 89-132, 1991. Disponivel em: <http://groups.psych.northwestern.edu/gentner/papers/ClementGentner91.pdf>.

DAGHER, Z. R. Review of Studies on the Effectiveness of Instructional Analogies in Science Education. **Science Education**, v. 79, n. 3, p. 295-312, 1995.

DUARTE, M. C. Analogias na Educação em Ciências Contributos e Desafios. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 1, p. 7-29, 2005.

FALKEHAINER, B.; FORBUS, K. D.; GENTNER, D. The structure-mapping engine: Algorithm and examples. **Artificial Intelligence**, 1989, v. 41, p. 1 - 63. Disponivel em: <http://groups.psych.northwestern.edu/gentner/papers/FalkenhainerForbus Gentner89.pdf>.

FERREIRA, H. L. D. **Análise estrutural de analogias em livros didáticos de química da década de 1990 e contemporâneos**. Dissertação de Mestrado, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 2019.

FERRY, A. S. **Análise estrutural e multimodal de analogias em uma sala de aula de química.** Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2016. Tese de Doutorado.

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

FERRY, A. S.; PAULA, H. F. Mapeamento estrutural de analogias e outras comparações em uma sala de aula de Química. **X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC**, Águas de Lindoia SP, 24 a 27 Nov 2015.

FERRY, A. S.; PAULA, H. F. Mapeamento estrutural de analogias enunciadas em uma aula sobre cinética química. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 23, n. 1, p. 29 - 50, 2017.

GENTNER, D. Structure-Mapping: A Theorycal Framework for Analogy. **Cognitive Science**, Palo Alto, v. 7, n. 1, p. 155-170, jan 1983.

GENTNER, D.; BOWDLE, B. Metaphor as structure-mapping. In R. Gibbs (Ed.) The Cambridge Handbook of Metaphor and Thought. **Cambridge University Press**, New York NY, p. 109 - 128, 2008. Disponivel em: <http://groups.psych.northwestern.edu/gentner/papers/gentnereBowdle_2008.pdf>.

GENTNER, D.; COLHOUN, J. Analogical processes in human thinking and learning. In B. M. Glatzeder et. al. (eds.), Towards a Theory of Thinking, On Thinking. **Springer-Verlag**, Berlin, v. 2, p. 35-48, 2010. Disponivel em: <http://groups.psych.northwestern.edu/gentner/papers/gentnereColhoun_2010.pdf>.

GENTNER, D.; KURTZ, K. J. Relations, objects, and the composition of analogies. **Cognitive Science**, v. 30, p. 609-642, 2006.

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

GENTNER, D.; SHUMACHER, R. M. **Use of structure-mapping theory for complex systems**. Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. New York: IEEE. 1986.

GENTNER, D.; TOUPIN, C. Systematicity and surface similarity in the development of analogies. **Cognitive Science**, v. 10, p. 277–300, 1986.

GOUVEIA, C. de P. **Potencialidades e limitações do modelo didático haploid-book para o ensino de Genética**. Dissertação de Mestrado, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 2018.

HOLYOAK, K. J.; GENTNER, D.; KIKINOV, B. N. Introduction: the place of analogy in cognition. In D. Gentner, K. J. Holyoak, e B. N. Kokinov (Eds.), The analogical mind: Perspectives from cognitive science. **MIT Press**, Cambridge MA, p. 1 - 19, 2001. Disponivel em: <http://groups.psych.northwestern.edu/gentner/papers/HolyoakGentnerKokinov01.pdf>.

MARKMAN, A. B.; GENTNER, D. Structural alignment during similarity comparisons. **Cognitive Psychology**, v. 25, p. 431 - 467, 1993. Disponivel em: <http://groups.psych.northwestern.edu/gentner/papers/MarkmanGentner93c.pdf>.

MARKMAN, A. B.; GENTNER, D. Commonalities and differences in similarity comparisons. **Memory e Cognition**, v. 24, n. 2, p. 235-249, 1996.

MURTA, G. de S. **Análise estrutural de analogias e outras comparações em livros didáticos de Biologia**. Dissertação de Mestrado, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 2017.

PORTELA, É. D. **Possibilidades pedagógicas de uma comparação do corpo humano com uma orquestra musical:** o que pensam os professores de Biologia? Dissertação de Mestrado, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 2017.

SCHMIDT, N. S. **Implicações pedagógicas do uso de modelos analógicos no ensino de Química para estudantes deficientes visuais**. Dissertação de Mestrado, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 2020.