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!

3

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

Érica Dinorá Portela [1]
Leila Saddi Ortega [2]
Alexandre da Silva Ferry [3]
Ronaldo Luiz Nagem [4]

Introdução

O processo de ensino e aprendizagem para o ensino de Ciências é amplamente estudado por meio de diferentes estratégias e recursos didáticos de forma a tornar a aula mais dinâmica, atrativa e interessante, o que proporciona aos estudantes ganhos significativos no processo de ensino e aprendizagem (ANESE NICOLA; PANIZ, 2017). Segundo Hoffmann e Scheid (2007), metáforas e analogias são estratégias didáticas interessantes e amplamente empregadas no ensino, de maneira geral e, mais especificamente, no ensino de Biologia. Em especial, o uso de analogias apresenta um potencial pedagógico de relevância a ser considerado, estabelecendo uma contribuição para tais desafios relacionados ao processo educativo. Os autores indicam que estes facilitadores da aprendizagem aproximam o leitor (estudante) do conhecimento científico, utilizando-se de comparações a elementos comuns ao seu cotidiano.

[1] Mestra em Educação Tecnológica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET/MG)

[2] Doutora em Ciências Biológicas e Docente no Departamento de Ciências Biológicas do CEFET/MG

[3] Doutor em Educação e Docente no Departamento de Educação do CEFET/MG.

[4] Doutor em Biologia UFMG e professor titular do Departamento de Educação do CEFET-MG.

As analogias são figuras de linguagem utilizadas no processo cognitivo e auxiliam na construção do conhecimento científico. Uma analogia, segundo Glynn et. al. (1994), é uma comparação entre dois domínios heterogêneos: um domínio familiar que nominamos analogia ou conceito análogo e, um domínio não familiar nominado alvo ou conceito alvo.

Cada vez mais, professores recorrem a relações analógicas para explicar processos, fenômenos e conceitos novos comparando-os a outros elementos já conhecidos pelos estudantes. De acordo com Duarte (2005) o uso de analogias não pressupõe uma igualdade entre os domínios comparados, mas estabelece uma relação correspondente entre algo desconhecido a partir de algo conhecido. Estudos evidenciam que o uso de linguagem analógica e metafórica é menos rígida e impessoal, e que o emprego dessas figuras de linguagens facilita o processo de ensino e aprendizagem (MORTIMER, 2000; FERRAZ; TERRAZZAN, 2001).

Contudo, o uso espontâneo de analogias para o ensino de conceitos científicos em Ciências apresenta aspectos importantes a serem considerados, como a compreensão de conceitos equivocados pelos estudantes e diferenças no entendimento entre o que se transmite e o que é aprendido pelo estudante (NAGEM et. al., 2003). Segundo Almeida e Lorencini Júnior (2018), se a conceituação e definição do recurso analógico não estiverem claras para o professor, corre-se o risco de o senso comum se sobrepor ao conhecimento científico. Desta forma, há a necessidade de sua sistematização e planejamento prévio à aula.

De acordo com Trivelato (2005), a respeito da temática “Corpo Humano”, percebe-se uma dificuldade no seu entendimento por parte dos estudantes, sobretudo quando esse conteúdo é ensinado de forma fragmentada, por meio da apresentação de cada sistema fisiológico separadamente. Tal forma de apresentação do conteúdo pode confundir

os estudantes em relação ao papel sistêmico e integrado das funções fisiológicas, já que o corpo humano funciona como um único e complexo sistema de ações interligadas e não fracionadas.

Neste trabalho, na busca por uma estratégia didática interessante para o ensino do corpo humano, propusemos avaliar se a comparação entre o domínio base "Orquestra musical" e o domínio alvo "Corpo humano" apresenta correspondências relacionais que a caracterize por uma analogia com potencial pedagógico para o ensino de ciências, na percepção de professores de Ciências e de Biologia. Assim, este trabalho apresenta as seguintes questões norteadoras: (i) a comparação entre o funcionamento e a organização de uma orquestra musical e o funcionamento e a organização do corpo humano pode ser considerada uma comparação analógica, segundo o referencial teórico de Gentner (1983); (ii) como professores de Ciências e de Biologia percebem essa comparação, considerando-se a avaliação de seu potencial didático para o ensino de biologia?

Referencial Teórico

O referencial teórico utilizado nesta pesquisa é um estudo que aborda a sistematização e estruturação de comparações, sobretudo as analógicas, identificando seu potencial didático para uso como prática de ensino. Este estudo é a Teoria do Mapeamento Estrutural, apresentada por Gentner (1983), que alinha e caracteriza as correspondências similares existentes entre o domínio base ou familiar (análogo) e o domínio pouco conhecido (alvo) (GENTNER, 1983; GENTNER; MARKMAN, 1997; FERRY, 2016). Gentner (1983) distingue ainda as analogias de outros dois tipos de comparações chamadas similaridades de mera aparência e similaridades literais.

O método de análise do mapeamento estrutural consiste em alinhar correspondências, entre os dois domínios, de elementos (objetos) e/ou atributos (características dos elementos), e verificar ainda se existem relações estabelecidas entre elementos, entre atributos ou entre os dois. Gentner e Markman (1997) afirmam que para que uma comparação possa ser considerada uma analogia, a análise do alinhamento estrutural das correspondências deveria prever três características importantes, como a *consistência estrutural*, que representa a necessidade de que cada elemento, atributo ou relação do DB tenha correspondência com um elemento, atributo ou relação do DA e uma conectividade em paralelo entre os constituintes de cada domínio; o *foco relacional* ou existência de relações de primeira ordem, que são correspondências entre dois ou mais elementos e/ou entre suas características (atributos) ou entre elementos e atributos; e a *sistematicidade,* que determina sistemas de relações de ordem superior ou relações de relações. De acordo com essa teoria, nas similaridades de mera aparência, há correspondências apenas entre atributos dos objetos que pertencem a cada domínio (tais como a forma, a cor, o tamanho). Nas similaridades literais, bastam que os elementos e as características destes tenham correspondências, em ambos os domínios. Ao contrário das analogias, cujas semelhanças devem ocorrer nas relações entre estes. E no caso das analogias, as correspondências são estabelecidas, exclusiva ou predominantemente, entre relações de 1ª ordem ou entre relações de ordens superiores (relações de relações) (MOZZER; JUSTI, 2013; FERRY, 2016).

O Mapeamento Estrutural apresentado por Ferry (2016) e posteriormente por Ferry e Paula (2017), com base na Teoria de Gentner, apresenta um padrão de representação das correspondências estruturais similares, como pode ser observado no Quadro 1. Os símbolos gráficos DB e DA representam os domínios base e alvo, respectivamente. As

correspondências estruturais similares podem incidir sobre elementos, atributos dos elementos ou relações estabelecidas em cada domínio. Qualquer correspondência com ênfase negativa, isto é, que privilegie uma diferença entre os domínios, será representado por uma seta bidirecional marcada com um "X", denotando uma correspondência "contra comparativa" ou "contra analógica" (FERRY; NAGEM, 2008).

Quadro 1: Símbolos utilizados no mapeamento de correspondências estruturais similares envolvidas numa comparação

DOMÍNIO BASE	CORRESPONDÊNCIAS	DOMÍNIO ALVO
Elemento análogo	E_n	**Elemento alvo**
Um dos elementos que compõem o DB	*Correspondências entre elementos* ***(E)***	Um dos elementos que compõem o DA
Atributo do elemento análogo	A_n	**Atributo do elemento alvo**
Predicados de um elemento do DB baseados em uma única característica	*Correspondências entre atributos* ***(A)***	Predicados de um elemento do DA baseados em uma única característica
Relações de 1ª ordem	r_n	**Relações de 1ª ordem**
Relações entre dois ou mais elementos do DB ou entre suas características ou atributos	*Correspondências entre relações de menor complexidade* ***(r)***	Relações entre dois ou mais elementos do DA ou entre suas características ou atributos
Relações de segunda ordem ou de ordem superior	R_n	**Relações de segunda ordem ou de ordem superior**
Relações estabelecidas entre relações previamente postuladas entre elementos do DB	*Correspondências entre relações de maior complexidade* ***(R)***	Relações estabelecidas entre relações previamente postuladas entre elementos do DA
Atributo ou relação do DB	⟷	**Atributo ou relação do DA**
Característica ou relação presente no DB que não se aplica ou que não pode ser transferida para o alvo	*Limitação da comparação; diferença alinhável*	Característica ou relação presente no DA que é diferente da base

FONTE: Ferry, 2016, p. 79.

Metodologia

Esse trabalho foi baseado por um estudo empírico, de caráter qualitativo, incluindo aspectos de uma pesquisa exploratória. Iniciou-se por uma análise preliminar das correspondências entre os domínios em questão - Orquestra Musical e Corpo Humano, por meio do primeiro mapeamento estrutural (PORTELA et. al. 2015). Posteriormente, os procedimentos metodológicos incluíram quatro fases: (a) Seleção de participantes da pesquisa; (b) Elaboração, validação e aplicação dos

questionários; (c) Desenvolvimento do Grupo Focal e (d) Elaboração do segundo mapeamento estrutural, contendo os dados desta pesquisa, ou seja, as percepções dos participantes de pesquisa. A seleção dos participantes da pesquisa incluiu 32 pessoas sendo 31 professores (representados por P) e um músico profissional (representado por M). Destes, oito participantes contribuíram no processo de validação dos questionários e 24 responderam a estes. E para participação nas no Grupo Focal, somente 7 dos 24 puderam contribuir. Sobre o perfil dos participantes, os professores são todos graduados em Ciências Biológicas, atuam na rede Pública e/ou Privada lecionando Ciências e Biologia, em diversas esferas, e têm, no mínimo, um ano de experiência como docente. E, sobre o participante Músico, trata-se de um profissional integrante da Orquestra Sinfônica do Estado de Minas Gerais. Os docentes e o músico foram convidados a participar de forma voluntária, e a todos foi esclarecido o objetivo da pesquisa, riscos e benefícios, por meio do processo de Consentimento Livre e Esclarecido e do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido –TCLE- (BRASIL, Resolução CNS Nº 510/2016).

Para a elaboração, validação e aplicação dos questionários, oito participantes contribuíram no processo de elaboração e validação das questões do questionário. Primeiramente pedimos a cinco participantes para elaborarem um quadro comparativo de correspondências entre o DA "Organização e funcionamento de um corpo humano" e DB "Organização e funcionamento de uma orquestra musical", segundo a Metodologia de Ensino com Analogia – MECA (NAGEM et. al., 2001), com o propósito de verificar os possíveis elementos, atributos e relações entre os domínios e subsidiar as correspondências já previstas no primeiro mapeamento estrutural desta comparação (PORTELA et. al. 2015).

A partir desses resultados, as correspondências foram utilizadas para a elaboração das questões do questionário semiestruturado. Conforme Gil (2002), a elaboração de um questionário consiste basicamente em traduzir os objetivos específicos da pesquisa em questões bem redigidas e relacionadas ao problema proposto. Assim, o questionário foi construído numa estrutura de correlação de similaridades entre os domínios, iniciando com as questões mais simples e finalizando com as mais complexas. Após a elaboração das questões, o questionário foi validado por três participantes (um músico e dois professores de Biologia), para verificar a clareza das questões e a compreensão do significado dos termos apresentados nesse instrumento de pesquisa.

O questionário, após validação, foi composto por onze questões objetivas, todas em escala Likert e contendo espaço para escrita de comentários. Os enunciados das onze questões estão apresentados a seguir, em resultados. Para Nogueira (2002), a escala Likert tende a minimizar o número de equívocos em relação às respostas, bem como consolidar as percepções em categorias que possam ser quantitativamente mensuráveis. A escala foi categorizada em quatro níveis: (1) discorda totalmente, (2) discorda parcialmente, (3) concorda parcialmente e (4) concorda totalmente. Todos os participantes foram orientados a marcar a melhor opção de escala, e, além disso, a opinar e expressar seus comentários, sejam positivos ou negativos, com o objetivo de expressar sobre suas ideias e percepções em relação a essa comparação.

Os questionários foram respondidos por 24 professores, por via eletrônica, visando à praticidade de recebimento das questões e envio das respostas, e considerando os aspectos éticos de contato prévio para apresentação do TCLE. O material respondido foi retornado à pesquisadora, num prazo médio de 20 dias.

Grupo focal foi uma metodologia utilizada neste trabalho com o objetivo de aprofundar as ideias apresentadas pelos participantes nos questionários, sobretudo em relação às percepções divergentes. Esse tipo de metodologia possibilita uma discussão em grupo com o objetivo de se conhecer as opiniões em comum e as divergentes ou esclarecer melhor os apontamentos e ideias indicadas nas respostas do questionário (FLICK, 2004). Foram convidados 13 professores para participarem do grupo focal, contudo somente 07 puderam participar da discussão. O critério de escolha destes professores deu-se, principalmente, devido ao conteúdo dos comentários dissertados nas questões do questionário, sobretudo aquelas questões de menor grau de concordância, para que pudessem ser avaliadas com profundidade nas discussões em grupo. Consideramos de valor indispensável à seleção desse grupo, os colaboradores cujas respostas indicaram os números 1, 2 ou 3 da escala Likert.

Durante todo o processo, a discussão coletiva foi gravada através de áudio e vídeo, com autorização prévia dos participantes. Nessa discussão, foram apresentadas seis perguntas de caráter mais complexo em relação à temática, para nortear a discussão no grupo focal, que pudessem gerar reflexões e discussões mais aprofundadas da comparação. As questões norteadoras do grupo focal foram abordadas sobre: o conceito de analogia; a importância do conhecimento prévio do domínio base; a utilização dos termos “trabalho celular” e “trabalho vital”; o ensino do conteúdo “corpo humano” de forma fragmentada; a importância funcional de certos órgãos, caso sejam retirados do corpo humano e diferença entre os órgãos duplos e simples e se usariam essa comparação em sala de aula, com ou sem aprofundamento.

Após as etapas mencionadas acima, e com os dados das percepções dos participantes sobre as correspondências entre os domínios em questão, elaboramos o segundo mapeamento estrutural da comparação

pesquisada, indicando as correspondências entre elementos, atributos e/ou as relações de 1ª ordem e de ordens superiores, com intuito de classificar o tipo de comparação presente, se analogia, mera aparência ou similaridade literal, segundo Gentner (1983) e Gentner e Markman (1997).

Resultados e Discussões

A análise dos dados dos questionários gerou três categorias de respostas designadas neste trabalho por categorias A, B e C. Na categoria A incluímos as questões cujas respostas foram marcadas pela escala Likert nos três e quatro, respectivamente: "concorda parcialmente ou concorda totalmente", as quais foram verificadas para as questões um, dois, três e onze. Na categoria B englobamos as questões cujas respostas foram indicadas pela escala nos dois, três e quatro: "discorda parcialmente", "concorda parcialmente" e "concorda totalmente" (questões 4, 5, 7 e 9). E, por fim, na categoria C, estão as questões que os participantes responderam ao indicar as escalas nos um, dois, três, e quatro, respectivamente: "discorda totalmente"; "discorda parcialmente", "concorda parcialmente" e "concorda totalmente" (questões seis, oito e dez). Os enunciados das onze questões serão apresentados ao longo dessa seção, associados, respectivamente, a cada uma das três categorias.

Na categoria A, agrupamos as respostas das questões 1, 2, 3 e 11, cujos enunciados estão descritos a seguir: Q1) O **maestro** coordena uma orquestra assim como o **cérebro** coordena o corpo humano. Q2). Há necessidade do **maestro** para que haja ordem e evolução (**Harmonia**) da orquestra, assim como há necessidade do **cérebro** para que haja regulação e equilíbrio (**Homeostasia**) no funcionamento do corpo humano. Q3) A orquestra é formada por **famílias de equipamentos**, assim como o corpo humano é formado por **sistemas funcionais**. Q11**)** A **organização** e o

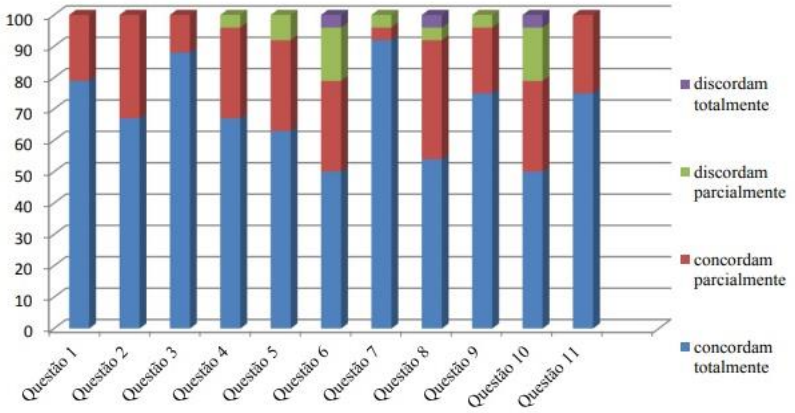
funcionamento de uma orquestra musical são comparáveis à **organização** e o **funcionamento** de um corpo humano.

Analisando os dados da Categoria A percebemos valores de concordância total (4) e concordância parcial (3) para 77% e 23%, respectivamente, dos vinte e quatro participantes. As questões 1 e 3 tiveram maior número de concordância total (Gráfico 1). Em especial, pudemos perceber alta concordância dos participantes em relação às correspondências apresentadas para os elementos*: mastro e cérebro; famílias de equipamentos e sistemas funcionais*. Os participantes reconhecem que o maestro coordena uma orquestra musical, sendo a pessoa responsável pelo controle e organização do conjunto de músicos e suas respectivas funções, assim como o cérebro coordena as funções vitais do corpo humano. Na correspondência entre os dois domínios - orquestra musical e corpo humano, os participantes perceberam que famílias de equipamentos são elementos análogos aos sistemas funcionais, no qual cada um destes grupos são subgrupos de uma unidade que apresentam funções distintas. Além disso, os docentes perceberam no maestro atribuições que levam à harmonia de todos os seus componentes e, de forma análoga, o cérebro que leva ao estado de equilíbrio (homeostasia) de todo o corpo humano. Desta forma, concordam que a organização e o funcionamento de uma orquestra musical são comparáveis à organização e o funcionamento de um corpo humano, e que tais correspondências seriam facilmente explicadas por eles e, consequentemente, tende a ser melhor compreendidas pelos estudantes.

Estas afirmativas, por si só, já indicam uma alta correspondência entre os análogos, haja vista o senso comum entre os elementos e suas respectivas funções, como o determinado para o maestro e sua função na orquestra musical e o cérebro no corpo humano. O senso comum contribui para que a ciência progrida a partir de dificuldades que emergem de

situações problemas, que exigem da comunidade científica a necessidade de pesquisar, aprofundar interpretações e propor soluções e/ou indicar caminhos, segundo Rios et. al. (2007), com o que corroboramos. Somado a isso, Contenças (1999) afirma que as analogias são parte de sua constituição histórica e de seu significado, e é possível admitirmos que o desenvolvimento, a criação de analogias para a construção de um novo saber não acontece desvinculada de contextos sociais mais amplos. Em certos casos, seria possível até mesmo afirmar que muitas das analogias são extraídas, decalcadas de determinados contextos (obrigatoriamente) sociais, contextos esses, em que se dá a gênese do conhecimento (RODRIGUES, 2007).

Gráfico 1 - Padrão de resposta dos professores à comparação entre "Corpo Humano" e "Orquestra Musical" (em percentual), visando seu potencial pedagógico



Legenda: Categorias e respectivas questões: A (questões 1, 2, 3 e 11), B (4, 5, 7 e 9) e C (6, 8, 10).
FONTE: Os autores, 2020.

Na categoria B, agrupamos as respostas às questões 4, 5, 7 e 9, que foram representadas em três números da escala Likert (n^{os} 2, 3 e 4). Os enunciados das questões 4, 5, 7 e 9 estão descritos a seguir: Q4). As **famílias de instrumentos** são compostas por instrumentos agregados por semelhanças funcionais, assim como os **sistemas funcionais** são

compostos por órgãos agregados por semelhanças funcionais. Q5) Instrumentos geram sons pela atuação dos **músicos** específicos, assim como órgãos geram trabalho vital pela atuação das **células** específicas. Q7) O Maestro gera comando da orquestra por **gestos**, na apresentação sinfônica, assim como o Cérebro gera comando do corpo humano por **impulsos elétrico-hormonais**. Q9) A execução de algumas músicas por uma orquestra alterna momentos de **tranquilidade e tormenta**, assim como a execução de alguns metabolismos (trabalhos vitais) por um corpo humano alterna momentos de **lentidão e aceleramento**.

Nas questões incluídas na Categoria B, foram feitas correspondências entre subgrupos de um todo. Os subgrupos que ocorrem na orquestra musical e no corpo humano são, respectivamente, famílias de instrumentos (agregadas por sons específicos) e sistemas fisiológicos funcionais (agregados por órgãos). A presença de um agente executor foi outra correspondência evidenciada na análise da categoria B: músicos e células seriam os agentes executores de instrumentos e de funções dos órgãos, respectivamente numa orquestra musical e no corpo humano. Verificamos valores de 5%, 21% e 74% para as escalas referentes a discordância parcial (2), concordância parcial (3) e concordância total (4), respectivamente. Ainda sobre os dados da Categoria B, as perguntas que obtiveram maior número de respostas de concordância total foram as questões 7 e 9 (Gráfico 1). Nestes casos, os professores perceberam correspondências entre as formas de exercer o controle na orquestra musical, por gestos de um maestro e no corpo humano, por impulsos elétrico-hormonais. Compreenderam e correlacionaram, ainda, a presença de variações, tanto no ritmo musical (orquestra musical) quanto no ritmo metabólico (corpo humano).

Na terceira e última categoria (Categoria C), agrupamos as questões: 6, 8 e 10, as quais encontramos respostas indicadas pelos 4 números da

escala Likert. Seguem os enunciados das questões: Q6) O **treinamento** auxilia os **músicos** a gerarem **som de qualidade**, assim como a **nutrição** auxilia as **células** a gerarem **trabalho vital de qualidade**. Q8) A retirada de uma **família de instrumentos,** na apresentação sinfônica, altera a performance da orquestra, assim como a retirada de um **sistema funcional** impede o funcionamento do corpo humano. Q10) A **ausência de um instrumento** ou sua desafinação poderá causar uma **má performance** na orquestra, sendo, às vezes, um "incidente de recursos" rapidamente corrigido, assim como a **ausência de um órgão** ou sua deficiência funcional poderá causar **mau desempenho do corpo humano**, sendo, às vezes, um "mal-estar" rapidamente corrigido.

No perfil geral das respostas às questões da Categoria C detectamos os valores de 4%, 13%, 32% e 51% para as escalas referentes a discordância total (1), discordância parcial (2), concordância parcial (3) e concordância total (4), respectivamente. Essa categoria (C), a questão 8 revelou o maior número de respostas para escala de concordância parcial e total, escalas 3 e 4, respectivamente. Já as questões 6 e 10 indicaram respostas semelhantes entre si, em relação às 4 escalas avaliadas (Gráfico 1). De fato, as correlações estabelecidas nas questões agrupadas na Categoria C apresentam enunciados bem mais complexos, que aqueles das questões agrupadas nas Categorias A e B, avaliando dois ou mais elementos simultaneamente numa mesma afirmativa. Por exemplo, na questão 6, foram estabelecidas três correlações de causa e efeito entre si e correspondentes tanto para uma orquestra musical (treinamento, músicos e som de qualidade) quanto para o corpo humano (nutrição, células e trabalho vital de qualidade).

Considerando as 11 questões aplicadas no questionário, aquelas que obtiveram maior percentual de respostas da escala 4 (concordância total) foram as questões 7 (categoria B) e 3 (categoria A), representando valores

de 92% e 86% dos respondentes, respectivamente (Gráfico 1). Possivelmente essa concordância se deu pelo fato de que os docentes, baseados em seus próprios conhecimentos de senso comum de conteúdos e/ou conhecimentos prévios reconhecem correspondências, de forma enriquecida, tanto em nível de comando nos dois domínios, quanto às estruturas que os subdividem em famílias de equipamentos (orquestra) e em sistemas funcionais (corpo humano).

Mozzer e Justi (2013) discutem que professores e alunos se baseiam em seus conhecimentos de conteúdo para estruturarem analogias, por meio de um raciocínio analógico natural, e às vezes estas comparações ocorrem até de forma espontânea. Contudo, percebemos que, mesmo que uma analogia seja lógica na base de sua associação, é essencial a interferência do docente, no momento em que apresentar uma comparação em sala de aula, de forma a refletir, junto a seus estudantes, sobre os significados dos domínios base e alvo.

Diferentemente das analogias fáceis de compreender ou lógicas, aqui denominadas por "analogias espontâneas", Hoffmann (2012) apresenta as "analogias históricas", como aquelas analogias que são constitutivas da gênese do conhecimento científico, ao longo da história da ciência, em muitos e diferentes contextos. Assim, a utilização de analogias históricas, como estratégia didática, exige ainda mais o preparo e planejamento do material didático e principalmente a formação do professor para este uso.

Analisando as categorias B e C, observamos que as percepções dos professores diferem entre si, um pouco mais, em relação à categoria A (Gráfico 1). Entendemos que a percepção está associada às atividades cognitivas humanas, estando relacionadas ao ato de pensar e de se apropriar de algo, de acordo com o meio em que vive e de sua história de vida. De acordo com Bacha, Strehlau e Romano (2006), percepção é um termo usado comumente no sentido de opinião ou atitude e esse processo

acontece sem que haja domínio do sujeito sobre ele. Os elementos incontroláveis da percepção estão ligados à cognição, em que o indivíduo está sujeito a vários estímulos à sua volta, à sua história e a contextos sociais, o que diferem entre as pessoas. Sabe-se que o emprego de uma analogia facilita a aprendizagem de um domínio desconhecido a partir de um domínio familiar, contudo, devido às diferenças nas percepções, os estudantes podem compreender as imagens analógicas colocadas à sua frente diferentemente, e assim conceber diferentes interpretações das informações e do conhecimento. Além de conceber de forma diferenciada, os análogos (domínios base ou familiares) podem ser criados em uma determinada época na história da ciência e não ser mais compreendida em épocas posteriores. Neste sentido, Hoffmann (2013) questiona sobre o uso de analogias criadas em contextos distintos daqueles no qual esta será utilizada em sala de aula. A autora questiona ainda o significado do uso de analogias de determinadas épocas, como são compreendidas por pessoas de outros momentos e contextos, e porque sua utilização (por reprodução automática) perdura por anos. De fato, estas são algumas das discussões que podem emergir em sala, reforçando ainda mais a importância do preparo e do planejamento adequado do docente ao utilizar analogias como estratégias didáticas.

As discordâncias percebidas nas questões, sobretudo àquelas agrupadas na categoria C, puderam ser discutidas e avaliadas pelo Grupo Focal. Nas discussões realizadas nesta atividade, observamos que os participantes estavam mais seguros e familiarizados em relação a seus posicionamentos, originalmente relatados no questionário. Contudo, observamos também que, durante a discussão do grupo focal, alguns participantes mudaram de opinião em relação às suas respostas, possivelmente devido à familiarização com o domínio alvo ou

compreensão da proposta de ensino com analogias, com a interferência do docente.

As ideias e percepções dos professores de Ciências e Biologia, obtidas por meio do questionário e do Grupo Focal, para compreender a comparação entre os domínios DB e DA, foram utilizadas para elaborar um novo conjunto de correspondências, e assim construir o segundo mapeamento estrutural, baseado na Teoria de Gentner (1983). Neste mapeamento, as correspondências se alinharam de forma mais consistente, com mais detalhes e enriquecida, entre os domínios DB e DA, conforme apresentado no apêndice desse trabalho.

Com base nos estudos de Gentner (1983) e Gentner e Markman (1997) percebemos que a comparação entre o corpo humano e orquestra musical apresentou Consistência Estrutural, e Sistematicidade. A Consistência Estrutural foi verificada ao avaliarmos a presença de correspondências um a um de elementos, atributos ou relação, ou seja, percebemos que as afirmativas em DB apresentavam uma correspondência única com as afirmativas em DA, como em orquestra e corpo humano, maestro e sistema nervoso, músicos e órgãos, dentre outros (Quadro 2). Para determinação de Foco Relacional, verificamos a existência de relações de primeira ordem, as quais são correspondências entre dois ou mais elementos e/ou entre suas características (atributos), ou mesmo até entre elementos e atributos. Esta restrição (característica) podem ser verificadas em todas as correspondências assinaladas com "r" minúsculo que, no mapeamento estrutural (Apêndice), podem ser verificadas de r_1 até r_{10}. De forma similar, a conectividade das relações de ordem superior ou relações de relações determinam a presença da característica sistematicidade, presente em todas as correspondências assinaladas com "R" maiúsculo (R_1 até R_4).

De fato, o uso de analogias deve ser cada vez mais empregado por professores, de uma maneira melhor estruturada e sistematizada. O planejamento prévio das comparações, pelos professores, deve ocorrer de tal forma que possam apresentar e explicitar aos alunos os conhecimentos de interesse científico (alvo) por meio de conhecimentos familiares. Segundo os dados descritos por Almeida e Lorencini Júnior (2018), o professor que utiliza analogias de forma espontânea não realiza uma etapa essencial para utilização deste recurso didático, que é o planejamento do ensino e a sistematização da comparação. De forma similar aos autores, consideramos que a investigação das concepções do professor sobre as analogias durante a sua prática docente, sua preparação e sistematização, seja um bom caminho para que as atividades em sala de aula possam ser mais conscientes e significativas para compreensão do conhecimento alvo, por meio de um conhecimento prévio e familiar.

No mapeamento estrutural também podem ser verificadas algumas limitações, como, por exemplo, não conseguimos relacionar o elemento "tecido" a nenhuma estrutura da orquestra, ou seja, não houve atributo correspondente para compartilhar. Estes dados corroboram com Ferry e Nagem (2008), quando atestam que as limitações são características e propriedades entre os domínios alvo e base que não se compartilham. Essa limitação foi percebida por dois professores que responderam ao questionário, especificamente à questão 5, discordando quanto aos termos "células específicas" ou "tecidos específicos". Limitações numa comparação analógica bem estabelecida e estruturada não significam uma analogia com menor potencial didático, pois limitações são comuns e presentes entre domínios distintos. Contudo, sua explicitação aos estudantes é importante e necessária. Abordar as limitações inerentes às analogias utilizadas em sala de aula como recurso pedagógico é sobremaneira importante, pois também essa discussão poderá possibilitar

sugestões, opiniões e, sobretudo, o desenvolvimento da criatividade e do raciocínio lógico.

Mas quando se usa analogias em sala de aula para Duarte (2005), devemos considerar que pode não ocorrer um raciocínio analógico que leve à compreensão da analogia, a analogia pode não ser reconhecida como tal, não ficando explícita a sua utilidade e os estudantes podem centralizar nos aspectos positivos da analogia e desvalorizar as suas limitações. Porquanto o professor que usar a analogia como recurso didático deve estar preparado, possuindo habilidades e competência para usar essa ferramenta de maneira categórica.

Diante disso aderimos a ideia de Ferraz et. al. (2002, p.13), na qual: ´

> Tendo um conhecimento relacionado ao uso de recursos como analogias os professores terão condições de fazer seu planejamento usando as analogias de uma forma mais estruturada. Porém, essa forma mais organizada de pensar o uso de analogias não deve ser um simples transplante de uma estratégia já constituída para ser aplicada em sala de aula, mas sim uma construção resultante das pesquisas na área, do uso espontâneo pelos professores e do uso pelo próprio aluno.

Por fim, entendemos que o mapeamento estrutural para a comparação dos domínios “corpo humano” e “orquestra musical” não se finaliza na proposta estudada nesta pesquisa. Temos certeza que outras correlações são possíveis e igualmente significativas, com potenciais pedagógicos importantes. Assim, deixamos em aberto a possibilidade de se construir, cada vez mais, ou de forma diferente, mais relações e atributos a esta analogia, pois compreendemos que não há um fim predeterminado, pois depende do conhecimento das pessoas, seu contexto histórico, social, bem como suas experiências vivenciadas.

Considerações Finais

As percepções dos professores participantes desta pesquisa indicam que a comparação entre o Corpo Humano e Orquestra Musical é uma analogia significativa e construtiva, e que pode sobremaneira contribuir para o processo de ensino e aprendizagem dos estudantes no ensino sistematizado do conteúdo em questão.

O maior desafio do ensino do corpo humano, em Ciências e Biologia, tem sido a maneira tradicional de apresentação dos conteúdos aos estudantes, a qual transcorre de forma fragmentada, com apresentação dos sub conteúdos por partes: sistemas, órgãos, células, etc. Isso pode confundir a compreensão sobre o funcionamento do corpo humano, uma vez que as funções fisiológicas são e estão interligadas. Assim, percebemos que a analogia entre o funcionamento do corpo humano e uma orquestra musical, pode minimizar esse problema, pois a orquestra musical, embora contenha também partes distintas, ela funciona como um todo sistêmico e harmônico, assim como o corpo humano; este apresenta os componentes anatômicos em órgãos distintos, mas interconectado num sistema único, dinâmico e interligado.

Os resultados desta pesquisa indicam que a comparação estudada é uma analogia enriquecida, com base no seu caráter relacional, com presença de relações de 1ª ordem e ordens superiores, e por isso representa um bom recurso didático para o ensino do corpo humano em disciplinas de Ciências e de Biologia, desde que aplicada em sala de aula mediante um planejamento prévio, pelo professor, que vise refletir junto aos estudantes os significados dos domínios base e as correlações entre os domínios, e assim contribuir para a melhoria no processo de ensino sobre o funcionamento do corpo humano.

Agradecimentos

Ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET/MG), aos pesquisadores do Grupo de Estudos em Modelos, Metáforas e Analogias na Tecnologia, na Educação e na Ciência (GEMATEC) do CEFET/MG e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Referências

ALMEIDA, H. A.; LORENCINI JÚNIOR, A. As concepções de um professor de biologia quanto ao uso de analogias na prática docente. **Actio**, Curitiba, v. 3, n. 2, p. 173-194, mai-ago. 2018. Disponível em: https://periodicos.utfpr.edu.br/actio/article/view/8085/5285. Acesso em: 17 dez. 2020.

ANESE NICOLA, J.; PANIZ, C. M. A importância da utilização de diferentes recursos didáticos no Ensino de Ciências e Biologia. **InFor**, São Paulo/SP, v. 2, n. 1, p. 355-381, mai. 2017. Disponível em: https://ojs.ead.unesp.br/index.php/nead/article/view/infor2120167. Acesso em: 17 dez. 2020.

BACHA, M. DE L.; STREHLAU, V. I.; ROMANO, R. Percepção: termo frequente, usos inconsequentes em pesquisa. **Anais...** XXX Encontro ANPAD, Salvador/BA, set. 2006. Disponível em: http://www.anpad.org.br/diversos/down_zips/10/enanpad2006-mkta-1332.pdf. Acesso em 17 dez. 2020.

BRASIL. Resolução Nº 510, de 07 de abril de 2016. **Dispõe sobre as normas éticas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais**. Brasília, DF: Conselho Nacional de Saúde, 2016. Disponível em: http:// https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2016/res0510_07_04_2016.html. Acesso em 17 dez. 2020.

CONTENÇAS, P. 1999. **A eficácia da metáfora na produção da ciência: o caso da genética**. 1 ed. Lisboa: Instituto Piaget, abr 1999. 180 p.

DUARTE, M. C. Analogias na educação em ciências: contributos e desafios. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, RS, v. 10, n. 1, p. 7-29, 2005. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/520/317. Acesso em: 17 dez. 2020.

FERRAZ, D. F.; TERRAZZAN, E. A. O uso de analogias como recurso didático por professores de biologia no ensino médio. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v.1, n.3 set-dez. 2001. Disponível em: https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4164/2729. Acesso em: 17 dez. 2020.

FERRAZ, D. F.; TERRAZZAN, E. A. O uso espontâneo de analogias por professores de biologia: observações da prática pedagógica. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 4, n. 2, p. 115-129, dez. 2002. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/epec/v4n2/1983-2117-epec-4-02-00115.pdf. Acesso em: 17 dez. 2020.

FERRAZ, D. F.; TERRAZZAN, E. A. Uso espontâneo de analogias por professores de biologia e o uso sistematizado de analogias: que relação? **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 213-227, 2003. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132003000200005&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 17 dez. 2020.

FERRY, A. **Análise estrutural e multimodal de analogias em uma sala de aula de química.** 2016. 170 p. Tese (Doutorado em Educação). Departamento Conhecimento e Inclusão Social, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. Defesa: 2016.

FERRY, A. S.; PAULA H. F. Mapeamento estrutural de analogias enunciadas em uma aula sobre cinética química. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru, v. 23, n. 1, p. 29-50, mar. 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132017000100029&lng=en&nrm=iso . Acesso em: 17 dez. 2020.

FERRY, A. S; NAGEN, R. L. Analogias & Contra-analogias: uma proposta para o ensino de ciências numa perspectiva bachelardiana. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 3, n.1, p. 7-23. 2008. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID50/v3_n1_a2008.pdf . Acesso em: 17 dez. 2020.

FLICK, U. **Uma introdução à pesquisa qualitativa**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

GENTNER, D. Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. **Cognitive Science**. Amsterdam: Editora Elsevier, n. 7, p. 155-170, 1983. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1207/s15516709cog0702_3 . Acesso em: 17 dez. 2020.

GENTNER, D.; MARKMAN, A. B. Structure mapping in analogy and similarity. **American Psychologist**, Washington, v. 52, n. 1, p. 45-56, jan. 1997. Disponível em: http://groups.psych.northwestern.edu/gentner/papers/GentnerMarkman97.pdf . Acesso em: 17 dez. 2020.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GLYNN, S. M.; LAW, M.; GIBSON, N. M.; HAWKIN, C. H. **Teaching science with analogies: a resource for teachers textbooks authors**, Washington: National Reading Research Center, 1994. 20 p. Disponível em: https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED378554.pdf. Acesso em: 17 dez. 2020.

HOFFMANN, M. B; SCHEID, N. M. J. Analogias como ferramenta didática no ensino de biologia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 9, n. 1, p-21-37, jan-jun. 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/epec/v9n1/1983-2117-epec-9-01-00021.pdf. Acesso em: 17 dez. 2020.

HOFFMANN, M. B. Potencialidades do uso de analogias históricas em aulas de ciências e biologia. VI Colóquio Internacional de Educação: Inovação, Conhecimento e Tecnologia. URI São Luiz Gonzaga-RS, BRA. 2012. Disponível em: https://www.academia.edu/2105141/POTENCIALIDADES_DO_USO_DE_ANALOGIAS_HIST%C3%93RICAS_EM_AULAS_DE_CI%C3%8ANCIAS_E_BIOLOGIA_HOFFMANN_Marilisa_Bialvo. Acesso em: 17 dez. 2020.

HOFFMANN, M. B. Analogias históricas: reflexões para o ensino de Biologia. En: **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, n. Extra, p. 381-385, 2013. Disponível em: https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/298333/387408:. Acesso em: 17 dez. 2020.

MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte, Editora UFMG. 2000. 383 p.

MOZZER, N. B.; JUSTI, R. A elaboração de analogias como um processo que favorece a expressão de concepções de professores de Química. **Educación Química**, v. 24, n. 1, p. 163-173, mar. 2013. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0187893X13725102. Acesso em: 17 dez. 2020.

NAGEM, R. L.; DE OLIVEIRA, D. C.; TEIXEIRA, J. A. D. Y. Uma proposta de metodologia de ensino com analogias. **Revista Portuguesa de Educação**, v. 14, n. 1, p. 197-213, 2001. Disponível em: https://www.redalyc.org/pdf/374/37414109.pdf. Acesso em: 17 dez. 2020.

NAGEM, R. L.; FIGUEROA, A. M. S; SILVA, C. M. G.; CARVALHO, E. M. Analogias e metáforas no cotidiano do professor. **Anais...** Niterói: Reunião anual da ANPED, 2003. Disponível em: https://pt.scribd.com/document/354322668/Texto-1-Analogias-e-Metaforas-No-Cotidiano-de-Professor. Acesso em: 17 dez. 2020.

NOGUEIRA, R. Elaboração e análise de questionários: uma revisão da literatura básica e a aplicação dos conceitos a um caso real. In.: **Relatórios Coppead.** Rio de Janeiro: UFRJ/COPPEAD, 2002. 26 p. Disponível em: https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/9225/1/RC_350-Comp..pdf. Acesso em: 17 dez. 2020.

PORTELA, E. D.; SADDI-ORTEGA, L.; MURTA, G. S.; FERRY, A. S. Análise de uma atividade didática de Ciências sobre o Corpo Humano à luz da Teoria do Mapeamento Estrutural das Analogias. Conferencia de la Asociación Latinoamericana de Investigación en Educación en Ciencias. **Latin American Journal of Science Education.** Ibague – Colômbia, 2015.

RIOS, E. R. G. et al. Senso comum, ciência e filosofia: elo dos saberes necessários à promoção da saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, p. 501-509, 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/csc/v12n2/a26v12n2.pdf. Acesso em: 17 dez. 2020.

RODRIGUES, L. P. Analogias, modelos e metáforas na produção de conhecimento em Ciências Sociais. **Pensamento Plural**, v. 1, p. 11-28, jul-dez. 2007. Disponível em:

https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/pensamentoplural/article/view/3758. Acesso em: 17 dez. 2020.

TRIVELATO, S. L. F. Que corpo/ser humano habita nossas escolas. **Ensino de biologia:** conhecimentos e valores em disputa, 2005. p. 121-130. Disponível em: https://repositorio.usp.br/item/002299733 . Acesso em: 17 dez. 2020.