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!

4

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

Siane Paula de Araujo [1]
Ronaldo Luiz Nagem [2]
Luhan Dias Souza [3]
Ivo de Jesus Ramos [4]
Maurício Silva Gino [5]

Introdução

A proposta do acrônimo STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) se refere a uma metodologia que integra as cincos áreas do conhecimento que lhe denominam. Apesar de não ser uma tendência nova, ainda é incipiente no Brasil e aparece como um movimento educativo com o intuito de promover o desenvolvimento global e integrado, além de buscar uma qualificação profissional aprimorada dentro dos processos de ensino e de aprendizagem nas instituições escolares. (BACICH; HOLANDA, 2020).

Essa metodologia educativa traz, em sua abordagem, possibilidades formativas inovadoras, interdisciplinares e contemporâneas de maneira a integrar sua proposta de ensino aos variados níveis da educação brasileira. Aos poucos, seus aspectos educacionais estão sendo apoiados e agregados nos projetos pedagógicos e curriculares das escolas, desde o início da educação básica, até a formação mais especializada, como o ensino nos

[1] Pós-doutora pelo PPGET/CEFET-MG. Doutora em Artes (UFMG).

[2] Professor Titular do CEFET-MG (1997-2019).

[3] Professor efetivo da Escola de Design da UEMG. Doutor em Artes pela UFMG.

[4] Professor efetivo do PPGET/CEFET-MG.

[5] Professor doutor da Escola de Belas Artes da UFMG.

níveis técnico ou superior. (LOPES et al., 2017; PEREIRA; RIBEIRO, 2019; HARDOIM et al. 2019).

Nessa perspectiva, o STEAM *Education* assume características conceituais próprias que o identificam como uma concepção educacional abrangente envolvendo não somente o requisito da capacitação múltipla e integrada para o mercado de trabalho, mas da formação humana em seu sentido amplo. Dessa forma, esse estudo pretende relacionar algumas características dessa metodologia aos processos de produção e de aplicação de três modelos de aprendizagem propostos para a disciplina *Anatomia para o Movimento* do curso de Licenciatura em Dança da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Esses modelos de aprendizagem correspondem aos softwares[6] *Monte o Esqueleto* (MOE), *Tipos de Articulações Sinoviais* (TAS) e *Coordenação Motora* (COM) que foram desenvolvidos de maneira interdisciplinar, colaborativa e integrada entre distintas áreas do conhecimento, níveis escolares e de atuação profissional. O processo de produção abrangeu pesquisas de doutorado, mestrado e iniciação científica (Projeto Jovens Talentos) da Escola de Belas Artes da UFMG, como também professores e estudantes do curso de graduação em Dança, modalidade licenciatura, da mesma instituição, além de dois programadores e dois designers.

A aplicação de MOE, TAS e COM em sala de aula buscou promover o auxílio ao processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos científicos neles abordados para os estudantes do curso de licenciatura, artistas da dança. Esse processo de aplicação se deu por um viés experimental, explorando a criatividade, a integração, a interdisciplinaridade e a interatividade tecnológica. Aspectos também relevantes presentes na abordagem STEAM. Em vista disso, este trabalho apresenta uma reflexão

[6] Disponíveis para *download* em http://dancaravida.blogspot.com/2015/10/moe-tas-e-com-objetos-de-aprendizagem.html. Acesso em: 28 dez. 2020.

sobre como os processos de produção e aplicação dos modelos de aprendizagem podem ser relacionados com essa perspectiva educacional, desvelando suas inter-relações a partir das características do STEAM *Education*.

A Expansão do STEM para STEAM e o Objeto de Estudo

Segundo Watson e Watson (2013) o acrônimo STEM foi proposto inicialmente em 2001 por Judht A. Ramaley, bióloga, administradora acadêmica estadunidense e membro da *National Science Foundation (*Fundação Nacional da Ciência), nos Estados Unidos. A proposta do STEM, nesse cenário, se referia basicamente à oportunidade de desenvolvimento de um projeto educacional integrativo voltado para a resolução de problemas com o intuito de gerar instrumentos de inovação (da engenharia, por exemplo).

Shaughnessy (2013) complementa afirmando que a definição do seu termo está alinhada aos procedimentos didáticos pedagógicos que incluem tomadas de decisões dos estudantes a partir do conhecimento e da aplicação dos conteúdos de ciências e matemática. Esse processo ocorre em um trabalho conjunto dos estudantes que também agrega a atenção com as atividades de engenharia em que a tecnologia atua de forma imprescindível, em suas palavras: "Educação STEM refere-se à resolução de problemas os quais se baseiam em conceitos e procedimentos de matemática e ciências, incorporando o trabalho em equipe, o desenho metodológico das engenharias e a utilização da tecnologia apropriada." (SHAUGHNESSY, 2013, p. 324, tradução nossa[7]).

O trabalho educacional, por meio dessa perspectiva, visa, segundo o autor, o desenvolvimento das disciplinas Ciências da Natureza e

[7] STEM education refers to solving problems that draw on concepts and procedures from mathematics and science while incorporating the teamwork and design methodology of engineering and using appropriate technology.

Matemática nos propósitos da Engenharia e com o suporte da Tecnologia, de modo a gerar mais afinco, motivação e interesse por parte dos estudantes. Bem como, o consequente engajamento e preparação ao mundo do trabalho. Watson e Watson (2013) afirmam ainda que, para a implementação dessa proposta metodológica de ensino, se faz necessário intenso planejamento, fontes de financiamento e vontade política de forma a garantir a execução e relevância dos projetos baseados nessa abordagem educacional, nas instituições escolares.

Contudo, a partir do desenvolvimento da metodologia STEM no processo de ensino-aprendizagem de distintos projetos educacionais, notou-se a importância de se trabalhar a capacidade criativa e imaginativa nos discentes a fim de lhes garantir a integração entre "forma e função" (WATS; WATS, 2013, p. 01, tradução nossa[8]) dos produtos e processos gerados. A função, para os autores, se refere aos conteúdos e conhecimentos abordados nas disciplinas e a forma à plasticidade que presentifica e aplica os conceitos abordados. O propósito é que a disciplina de Artes promova a capacidade criativa e imaginativa dos estudantes e colabore com o aprimoramento do senso estético de maneira a se tornarem mais efetivos, significativos e atrativos os produtos e processos previstos e gerados por essa (e por meio dessa) metodologia, como a produção de modelos de aprendizagem. Nesse contexto, se integra a área de Artes ao conceito, agora STEAM (*Education*).

Pugliesi (2020) destaca que a integração da disciplina artística ao STEM ocorre de maneira particularizada, uma vez que foi incluída *a posteriori* e de maneira complementar aos princípios do STEM. O foco se dá na forma como os conceitos de Arte (e os de produção artística), bem como o desenvolvimento de suas habilidades, podem contribuir com os

[8] (...) function and form.

processos educativos do STEM/STEAM. Segundo Cilleruelo e Zubiaga (2014), tais possibilidades estéticas, proporcionadas por meio das Artes, se consolidaram como parte fundamental dessa abordagem educativa, conforme testificam no trecho a seguir:

> A integração das Artes na corrente STE(A)M nos situa frente a um novo marco de aprendizagem, onde a partir de problemas gerados, das áreas do saber, a curiosidade se converte em motor e guia do conhecimento, um ponto de partida para a exploração de diferentes soluções em uma busca permanente da satisfação pessoal. Este modelo de educação promove uma aproximação interdisciplinar integrada, conectada com o mundo real e dirigida à resolução de problemas (...). (CILLERUELO; ZUBIAGA, 2014, p. 02, tradução nossa[9])

Importa destacar que, nesse estudo, a disciplina de Artes está presente de duas formas distintas, uma vez que seu objeto empírico de análise se destina a um meio e fim artístico, ainda que pedagógico. De maneira elementar, essa disciplina também faz parte do conceito STEAM *Education* desvelado também nos processos de produção e aplicação dos modelos MOE, TAS e COM, como proposto. Dessa forma, embora alguns autores ainda prefiram o termo STEM para designar a metodologia, será preferido o termo STE"A"M por agregar as Artes, considerada imprescindível nesse trabalho.

Além disso, nota-se algumas características próprias e comuns nos projetos de ensino baseados nessa metodologia de modo a configurar o que se considera enquanto conceito STEAM *Education*, neste trabalho. Tais características podem ser identificadas como a presença da interdisciplinaridade (a integração das cinco disciplinas que intitulam o

[9] La integración de las Artes en la corriente STE(A)M nos sitúa ante un nuevo marco de aprendizaje, donde a partir de **problemas deseados**, de las ganas de saber, la curiosidad se convierte en motor y guía del conocimiento, un punto de partida para la exploración de diferentes soluciones en una búsqueda permanente de la satisfacción personal. Este modelo de educación provee una **aproximación interdisciplinar integrada** conectada con el mundo real, y dirigida a la resolución de problemas (...). (Grifos dos autores)

acrônimo), das atividades de resolução de problemas e tomadas de decisões, do desenvolvimento de projetos personalizados, do trabalho colaborativo entre os estudantes e professores, do aprender fazendo (relação explícita entre teoria e prática), do engajamento tecnológico inovador, da Arte como ferramenta auxiliar nos propósitos do Ensino de Ciências e este, por sua vez, assumindo uma proposta não convencional. Essas características se constituem como os aspectos orientadores das relações traçadas entre os processos de produção e aplicação dos modelos MOE, TAS e COM e o conceito STEAM *Education*.

O Ensino de Ciências e os Processos de Produção e Aplicação de MOE, TAS e COM

A proposta dos modelos MOE, TAS e COM nasce do constante desafio de se ensinar conteúdos acerca da Anatomia Humana para o profissional de Artes, em especial, em cursos de formação docente do artista da Dança. Nesse sentido, o propósito do Ensino de Ciências se volta para um público particular, o artista, o qual requer uma metodologia também apropriada e alinhada aos interesses e perspectivas dessa formação e atuação específicas. Tão logo, pensar em estratégias de ensino que auxiliassem na familiarização dos conceitos científicos para esses estudantes - de maneira também dirigida ao exercício da docência e para a aplicabilidade no fazer artístico -, se tornou uma necessidade e foi o que impulsionou a proposta de produção dos modelos de aprendizagem.

Nesse contexto, MOE, TAS e COM foram desenvolvidos para auxiliar a disciplina *Anatomia para o Movimento* do Curso de Licenciatura em Dança da Universidade Federal de Minas Gerais, em 2015. (ARAUJO, 2018). O ensino de Anatomia Humana, para esse público dançante, está engajado em uma perspectiva em que o artista discente precisa perceber o próprio corpo e suas estruturas em movimento. A partir disso, tece-se um caminho pedagógico para se compreender a morfologia corporal (no

que se refere à forma e às características físicas das estruturas anatômicas) e os princípios de movimento (no que tange à função anatômica do ponto de vista da motricidade humana). As aulas desses conteúdos são expositivas, mas também práticas cujo propósito é a ativação de estímulos sensório-motores de forma a desenvolver a percepção somática do e no corpo. (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2010).

O processo de delineamento dos modelos de aprendizagem partiu da constatação, em sala de aula, das dificuldades e interesses tanto dos estudantes quanto do professor, de forma a contribuir com o processo de ensino-aprendizagem da disciplina *Anatomia para o Movimento*. Para o desenvolvimento de MOE, TAS e COM, levou-se em consideração, ainda, a organização dos conteúdos no programa da disciplina que correspondem aos três sistemas do Aparelho Locomotor Humano: esquelético, articular e muscular (DANGELO; FATTINI, 2007). A partir disso, planejou-se a produção de um modelo de aprendizagem para cada sistema.

Para o sistema esquelético, produziu-se o MOE (*Monte o Esqueleto*), um jogo digital cujo funcionamento básico se dá por analogia ao brinquedo de quebra-cabeça. O MOE foi construído a partir da orientação de constituição do esqueleto humano em ossos variados que se ordenam em duas subdivisões: o esqueleto apendicular (cíngulos superior e inferior) e o esqueleto axial. (DANGELO; FATTINI, 2007).

Na tela do jogo propriamente dito, as peças de montagem (ossos do corpo humano) estão dispostas na tela em duas barras laterais e, ao centro, está a zona de montagem. O jogador deve encontrar a peça na lateral e arrastá-la até a sua localização anatomicamente correta. O jogo possui os níveis 1 e 2 de dificuldade. No nível 1, há uma silhueta humana na posição anatômica presente na zona de montagem que orienta o jogador a formar o esqueleto a partir da escolha dos ossos correspondentes. No nível 2, o jogador precisa montar o esqueleto na posição anatômica, sem a

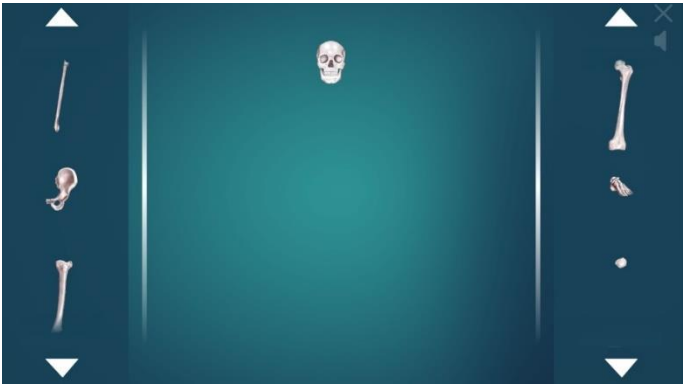
orientação da silhueta, se lembrando da sua experiência de montagem no nível 1 e com apenas o osso do crânio posicionado corretamente como uma referência espacial. Na figura 1, a seguir, tem-se as imagens que mostram o momento de transição entre os níveis 1 e 2. A primeira imagem representa a tela de jogo do nível 1 com o esqueleto montado por completo. A segunda imagem apresenta a tela de jogo do nível 2 apenas com o osso do crânio ao centro.

Figura 1:Transição entre os níveis 1 e 2

Tela de término do nível 1 do jogo MOE



Tela de início do nível 2 do jogo MOE



FONTE: Capturas de tela do software MOE disponível em:
https://drive.google.com/open?id=0B4kXau6WVVDhS2ooTEpXTkVweFU&authuser=0

Para o sistema articular, produziu-se o TAS (*Tipos de Articulações Sinoviais*) que funciona como um *player* de vídeos em *live action* e animação 3D digital. Esse modelo de aprendizagem tem como propósito facilitar a visualização e compreensão da mobilidade articular de algumas regiões do corpo humano. Possui uma interface de manipulação cuja tela inicial leva para a dança do bailarino na tela seguinte. Ao fim da dança, a pose final do bailarino se transforma na imagem de um esqueleto onde estão mapeadas ao menos um tipo de articulação sinovial: Plana, Dobradiça (ou Gínglimo), Pivô (ou Trocoide), Condilar (ou Elipsoide), Esferoide e Selar. As articulações estão representadas em curtos vídeos e destacadas por pequenos círculos cujo propósito é a comparação com seus análogos (peças análogas encontradas na obra de Netter (2003)). A visualização do vídeo é possível após clicar na articulação desejada. A figura 2 representa a tela de menu desse modelo de aprendizagem, quando o cursor está sobre um dos círculos de indicação, destacando um tipo de articulação e seu análogo.

Figura 2: Tela de menu do TAS

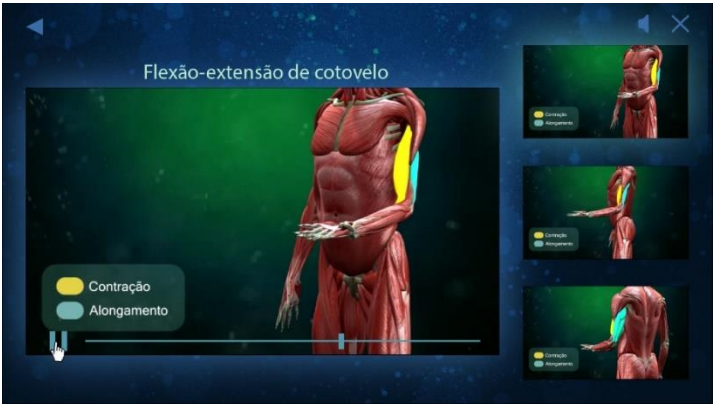


FONTE: Captura da tela de *menu* do software TAS disponível em:
https://drive.google.com/file/d/0B4kXau6WVVDhV0c5eWhXR04yaW8/view

Para o sistema muscular, produziu-se o COM (*Coordenação Motora*) que também funciona como o TAS, porém sua proposta é contribuir com o entendimento sobre as ações mecânicas de contração-alongamento muscular. Por esse motivo, embora possua similaridade plástica e de funcionamento do TAS, apresenta algumas diferenças. A principal delas é a tela de transmissão dos vídeos para um mesmo movimento, que ocorre de maneira simultânea de três vídeos que mostram a sua execução em ângulos distintos, como representado na primeira imagem da figura 3. Para mostrar a ação contração-alongamento muscular, os músculos de um boneco 3D digital foram pintados em duas cores distintas. Os músculos considerados agonistas, que realizam a ação principal do movimento, foram pintados em amarelo, e os antagonistas, que se alongam para que a contração aconteça, em azul.

Figura 3: Telas do vídeo COM

Uma das telas de transmissão dos vídeos do COM e os destaques em amarelo e azul



Tela de menu do COM e as elipses de acesso aos vídeos



FONTE: Capturas de telas do software COM disponível em:
https://drive.google.com/open?id=0B4kXau6WVVDhVnJsNUtpV1BXWk0&authuser=0

Todo o trabalho de seleção dos movimentos representados e das regiões do corpo destacadas nas cores amarelo e azul foi elaborado a partir da análise de uma sequência coreográfica produzida e filmada para o COM - que é a mesma sequência também do TAS - e se encontra na segunda tela de cada modelo. Após a análise dessa sequência, foram mapeadas algumas regiões musculares para a elaboração do seu menu de acesso aos vídeos. Essas regiões foram destacadas com elipses sobre elas, como mostra a segunda imagem da figura 3, sendo a forma de acesso aos vídeos quando o cursor está sobre uma delas, destacando um frame do movimento.

A aplicação dos modelos MOE, TAS e COM, em sala de aula, ocorreu ao longo de um semestre letivo da disciplina *Anatomia para o Movimento*. Foi destinado um dia da disciplina para cada modelo com duração de dois módulos de 50 minutos por dia. Todas as três aulas foram registradas em vídeo e os dados, com os depoimentos dos alunos e da professora, foram coletados nesse processo[10].

[10] Dados coletados após a aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da instituição.

A professora da disciplina optou por lecionar sobre os conteúdos anatômicos que abarcam os modelos antes de testá-los em sala de aula. Dessa forma, a docente buscou utilizar os modelos de forma a auxiliar no seu processo didático pedagógico, reforçando a assimilação dos conceitos por parte dos alunos. Isso de seu ao proporcionar maneiras diferentes e contextualizadas de se trabalhar o conteúdo ministrado, de forma a inserir, por meio da prática pedagógica adotada, os modelos MOE, TAS e COM no processo de ensino-aprendizagem e na formação docente.

Durante a aplicação do MOE, esse fato ocorre quando, por exemplo, a professora propõe outras formas de se jogar o nível 2. A docente orientou que um estudante por vez fosse jogar, usando apenas um computador conectado em uma TV com tela de 42 polegadas. Esse aluno colocava apenas um ou dois ossos que foram escolhidos pelos demais alunos da turma, passando a vez para o próximo. Durante a atividade, as escolhas das peças pelos alunos recaíam sobre os ossos que estavam distantes da localização do osso de referência (o crânio), proporcionando maior interesse em relação ao jogo e reforçando o aprendizado da nomenclatura, localização e forma dos ossos. Outra questão observada foi a professora solicitar aos discentes que desenhassem um "nível 3" para o MOE como atividade avaliativa do conteúdo para o sistema esquelético. Tarefa essa dada, segundo informado pela professora, visando a futura atuação docente dos estudantes.

No início da aplicação do TAS, a docente distribuiu folhas de tamanho A4 para os alunos e solicitou que eles anotassem "a cada articulação mostrada, o máximo de informações sobre ela"[11], bem como possíveis dúvidas sobre o modelo ou conteúdo. Os estudantes realizaram a atividade e se expressaram também oralmente além da forma escrita, questionando

[11] Vídeo-registro de aplicação do TAS, tempo 00':42". Disponível em: <https://youtu.be/aZfbIUG6Fqg> (vídeo privado). Acesso em: 24 abr. 2020.

e comentando sobre o conteúdo ao longo da aula. Para a aplicação do COM a professora solicitou que os discentes executassem os movimentos assistidos nos vídeos e detectassem em qual região do corpo estaria determinado músculo que realizava a contração e qual se alongava. Esses procedimentos didáticos adotados durante as aulas buscavam relacionar o Ensino de Ciências, em particular de Biologia, ao campo da Arte/Dança por meio dos modelos de aprendizagem. Nesse trabalho, propomos relacionar essa experiência de produção de MOE, TAS e COM e sua aplicação didática em sala de aula à características conceituais presentes no STEAM *Education*.

Características STEAM *Education* aos Modelos

Em uma primeira perspectiva, considera-se como uma aproximação possível do conceito STEAM *Education* aos modelos de aprendizagem produzidos a relação com a interdisciplinaridade visto a presença das distintas áreas integradas, desde seu processo de elaboração, até a aplicação em sala de aula. Segundo Machado e Junior (2019, p. 01), em se tratando dessa característica e o STEAM: "A interdisciplinaridade ode ser interpretada como um princípio de construção do ensino através da integração entre áreas do conhecimento que possuem o mesmo objetivo culminando em um processo efetivo de ensino e aprendizagem."

Nesse mesmo sentido, observa-se o objetivo comum firmado entre as diferentes áreas de conhecimento que se dialogam para proporcionar os processos de produção e aplicação didática de MOE, TAS e COM e sua relação ao conceito STEAM *Education*. Além disso, English (2017) alerta sobre as diversas maneiras de se promover essa integração entre as áreas do conhecimento. Segundo o autor, essa integração pode ser estabelecida de duas formas: de maneira igualitária ou segregada, isto é, por vezes destacando ou não alguma disciplina em particular, orientada conforme o

projeto educativo visado. A partir disso, nota-se a integração entre as distintas áreas que constituem o STEAM nos processos em análise frente ao propósito maior do Ensino de Ciências e para o campo das Artes com o uso da Tecnologia, ainda que a Matemática e Engenharia também sejam áreas presentes no processo.

Embora não exista um molde exato de se fazer a integração das disciplinas, English (2017) enfatiza ainda que seria frágil enaltecer o ensino e a aprendizagem sobre uma área em específico e alega que esse modelo educacional leva em consideração o contexto e interesse curricular de cada instituição. Diante disso, o autor apoia os projetos que adotam as Ciências e a Matemática no levantamento dos conteúdos no que diz respeito aos conceitos e mensurações, a Engenharia enquanto uma atuante de primeira na parte da aplicabilidade dos conteúdos levantados, sendo parte fundamental do mapeamento pedagógico, e a Tecnologia de importância no desenvolvimento das habilidades de raciocínio computacional, integrando todo o processo. Conforme essa mesma perspectiva, destaca-se também a integração das áreas do STEAM nos processos de produção e aplicação em sala de aula de MOE, TAS e COM.

Vale destacar que o objetivo almejado por esses processos de produção e aplicação referentes aos modelos de aprendizagem abarcou o auxílio no desenvolvimento tanto do ensino quanto da aprendizagem sobre os conceitos científicos da biologia de um corpo humano movente e vivo, cuja percepção ocorre sob os princípios sensório-motores. Esse viés intentou permitir uma corporificação sensitiva dos conteúdos que abarcam a estrutura e o funcionamento do aparelho locomotor humano. Propôs-se também que esse processo perceptivo ocorresse de uma forma metafórica[12] e, de certa forma, lúdica uma vez que os ossos, os músculos e

[12] O conceito de metáfora aqui adotado se refere aos pressupostos de Lakoff e Johnson (2002) sobre a Teoria da Metáfora Conceptual no que se refere a experiência de uma coisa em termos de outra.

as articulações se tornaram os protagonistas das narrativas audiovisuais presente nos softwares, mas sem dispensar o rigor científico da Anatomia Humana básica.

Nesse contexto, a integração entre as cinco áreas de conhecimento do STEAM pode ser percebida a partir da identificação de cada uma delas nos processos em análise. A Tecnologia, por exemplo, pode ser percebida no que se refere ao próprio suporte e às suas possibilidades computacionais presentes nos modelos virtuais produzidos. MOE, TAS e COM são softwares interativos cujo desenvolvimento ocorreu a partir da utilização de recursos e procedimentos próprios para tal fim, desde seu delineamento até a sua aplicação didática, a saber: manuseio de computadores, câmeras filmadoras, estúdio de filmagem, uso de outros modelos 3D digitais, softwares de animação e para geração de vídeos, a programação, produção sintética de movimento, modelagem, ilustração, além do tratamento de imagens e design de interface.

A disciplina Artes se integra enquanto fim do processo educativo em Dança, uma vez que se volta para esse contexto. Além disso, também se faz presente no processo de produção dos modelos ao que corresponde à elaboração dos elementos de design instrucional necessários ao delineamento do projeto gráfico e de funcionamento, bem como de suas características plásticas e sonoras (relações entre cores, formas e sons). Esses processos evidenciam a correspondência de sentidos e significados ímpares que tecem e caracterizam o processo didático que corresponde o Ensino de Ciências em um curso de formação docente em Artes/Dança.

A área da Engenharia, por sua vez, pode ser percebida no processo de delineamento (plástico e funcional) dos modelos, bem como sobre cada fase dele produzida e de suas demandas: engenharia de software, design de interface, projeto de animação - no que corresponde ao *storyboard* dos roteiros como as fases do jogo e a sequência das telas e dos vídeos - e das

estratégias de interatividade possíveis na programação dos softwares. Nesse processo, ressalta-se a importância de sua integração com a disciplina de Artes frente à produção dos modelos, agregando design apropriado e esteticamente satisfatório.

A Engenharia também pode ser percebida sobre o processo de produção em relação a escolha dos materiais e sistemas utilizados, bem como sobre a maneira mais apropriada para produzi-los. Para tanto, pode-se citar como exemplos, o tipo de animação utilizada (animação bi e/ou tridimensional – 2 ou 3D), o tipo de desenho (baseado na ilustração científica), o boneco 3D adquirido e a modelagem das peças, a filmagem do bailarino e sua transposição em vídeo animado, além do próprio ofício de programação. Além disso, considera-se ainda como projeto de engenharia, a própria intensão didática visada com os modelos de aprendizagem.

Quanto à Matemática, é possível notar sua integração no que diz respeito ao processo de produção das animações que se orientam, basicamente, na contagem de quadros por segundo (são 24 quadros por segundo). Mas, também, na determinação da duração dos vídeos e de sua interatividade sobre a relação espaço-temporal presente na barra de rolagem na tela do vídeo, na mudança das telas ou escolha dos vídeos e durante a ação de jogar. Percebe-se essa disciplina ainda na estrutura de montagem do jogo (na proporção entre as peças avulsas para montar e sua montagem que se dá a partir de um raciocínio lógico) e, principalmente, na prática da programação do material em si, para que ele se torne interativo.

Destaca-se que o projeto de elaboração dos modelos de aprendizagem previa ser um recurso pedagógico inovador para o ensino de anatomia para a dança, necessitando de criatividade para que fosse projetado e para que suas estratégias comunicacionais fossem desenvolvidas. Abrangeu um

trabalho colaborativo entre distintos participantes, desde alunos e professores de diferentes cursos, níveis e turmas da escola de Belas Artes da UFMG (graduação em curso e finalizado, mestrado e doutorado), como também de profissionais de distintas competências. Dessa forma, o processo de produção e aplicação dos modelos de aprendizagem MOE, TAS e COM em sala de aula envolveu a participação desses profissionais/docentes/estudantes e alcançou a interdisciplinaridade pela presença dessa pluralidade, que se integraram pelo fim de um mesmo propósito. Nas palavras da professora colaboradora que aplicou os modelos em sala de aula:

> E, no caso, o que acontece para esse material ser dialógico nesse contexto, é que um outro material, também sofisticado, poderia produzir isso, mas o que me parece e o que eu penso hoje é que é um material criado para o diálogo. Então, faz diferença. Ele não é um material criado para o sistema muscular. É um material construído para participar de um processo de ensino-aprendizagem na disciplina X no curso Y. Ele tem endereço. (CHRISTÓFARO, 2015, p. 1-2).

Em relação as outras características também relevantes do conceito STEAM *Education*, nota-se a presença das atividades de resolução de problemas e tomada de decisões. Por exemplo, durante o processo de direção da produção dos modelos, em que necessitou-se alinhar o conteúdo e à forma em função de um objetivo educacional específico (de quais conceitos abarcar e de que maneira os representar). Assim como, para cada elemento produzido, foi preciso tomar as devidas providências a partir de cada problema levantado, gerando escolhas tais como: o tipo de ilustração e animação utilizados, os programas computacionais adotados, os tipos de movimento corporal realizados e representados, a forma como o design de interface foi organizado, dentre outras.

Em seu processo de aplicação em sala de aula, os problemas e tomadas de decisões foram de natureza pedagógica e voltados à formação docente. Nesse sentido, essa característica do STEAM pode ser verificada quando os modelos atuaram como facilitadores do processo de ensino-aprendizagem, bem como, quando os estudantes se apropriaram do conteúdo abordado para realização do exercício docente promovido nesse processo e por incitarem o estudo do movimento dançado durante as aulas expositivas de aplicação. Ainda nas palavras da docente colaboradora:

> O material deu para o aluno mais possibilidades para acessar o próprio corpo. Então, o que me chamou atenção nas aulas em que o material foi apresentado e experimentado, foi que a gente finalizou a aula com as pessoas fazendo toque nelas mesmas, se perguntando. Elas faziam esse diálogo entre o material e o corpo delas. (...) Então, por exemplo, no sistema esquelético especificamente onde a avaliação proposta para os estudantes foi criar um terceiro nível para o jogo que vocês construíram, isso fez com que eles exercitassem o lugar do artista-docente que propõe, que pensa em como construir, como propiciar ao aluno um caminho de conhecimento. Então, o exercício deles além do conhecimento deles sobre o sistema muscular, e do sistema muscular, foi exercitar a docência. (CHRISTÓFARO, 2015, p. 2-3)

Conforme notado pela fala da professora e segundo os seus procedimentos didáticos pedagógicos levantados durante o processo de aplicação dos modelos de aprendizagem, infere-se que esses aspectos podem ser agregados à característica do "aprender fazendo" do STEAM *Education*. Dentre eles, segundo revelado pela professora colaboradora, tem-se como exemplo: o "exercitar à docência", o "diálogo entre o material e o corpo dos alunos", a "avaliação proposta para os estudantes criarem um terceiro nível para o jogo" e o "propiciar ao aluno um caminho de conhecimento". Isso se deu pela relação destacada entre teoria e prática

que ocorreu em cada contexto das distintas áreas envolvidas, também característica própria do STEAM.

Durante os procedimentos de produção, verifica-se essa relação sobre o próprio desenvolvimento dos modelos de aprendizagem, em que muitos desafios foram lançados em busca do objetivo proposto: a produção "x" para um público "y" e a partir de uma demanda "w". Os questionamentos, nesse sentido, correspondiam aos problemas específicos de cada etapa: do delineamento (do que abordar, de como abordar, do que produzir, de como produzir); da elaboração (dos desenhos, das animações, dos vídeos, das interatividades, dos suportes); e da disponibilidade (em quais formatos, em que meios, para quais sistemas operacionais e dispositivos).

Considerações Finais

A proposta de produção e aplicação dos modelos MOE, TAS e COM surgiu em função de um projeto de pesquisa de doutorado que envolveu também uma pesquisa de mestrado, uma pesquisa de iniciação científica e o curso de Licenciatura em Dança da EBA/UFMG. Contou com profissionais técnicos específicos em seu processo de desenvolvimento, como o designer de interface e o programador. Conforme proposto por este trabalho, entende-se o Ensino de Ciências, nesse processo, como alinhado aos propósitos do conceito STEAM *Education* a partir de suas características pedagógicas comuns encontradas na literatura.

Nesse sentido, optou-se pelo processo crítico-analítico de análise dos dados para alçar reflexões sobre as possibilidades educacionais em relação ao STEAM, como também por engajá-lo de outras maneiras quando o considera como um conceito complexo de aspectos que o determinam. Nessa perspectiva, a identificação das características do STEAM, em especial, relacionadas aos processos de ensino e de aprendizagem de produção e aplicação dos modelos de aprendizagem, possibilitou perceber

como o conhecimento é construído de maneira integrada e múltipla a partir do propósito de cada área. Assim como, o desmembramento das características do STEAM sobre um processo já concluído permite ressaltar sua potencialidade e versatilidade no processo de construção do conhecimento e de formação humana.

O Ensino de Ciências, nesse contexto, ultrapassa as fronteiras das Ciências da Natureza por se engajar em um campo também artístico-pedagógico, fazendo ciência-arte por intermédio da especialidade da formação docente em Dança. Nesse sentido, os processos de produção e aplicação de MOE, TAS e COM colaboram ao permitir o diálogo com o STEAM *Education,* ampliando suas possibilidades teórico-metodológicas quando dado como conceito educativo inflado de probabilidades analíticas. Nesse sentido, horizontes se conectam e possibilidades para o Ensino de Ciências também se abrem.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES e à FAPEMIG pela concessão de bolsas durante o período de pesquisa.

Referências

ARAUJO, S. P. **MOE, TAS e COM:** delineamento e avaliação de objetos de aprendizagem em anatomia para o movimento. 2017. 181f. Tese (Doutorado em Artes) – Escola de Belas Artes, Universidade Federal de Minas Gerais, 2018.

BACICH, L.; L. HOLANDA. STEAM: integrando as áreas para desenvolver competências. In: BACICH, L.; L. HOLANDA. (orgs.). **STEAM em sala de aula:** a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica. Porto Alegre: Penso, 2020. 12- 22 p.

BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. **Neurociências:** desvelando o sistema nervoso. Coordenação de tradução: Carla Dalmaz. 3. ed. Reimpressão. Porto Alegre: Artmed, 2010.

CHRISTÓFARO, G. C. Transcrição da entrevista concedida a Siane Paula de Araújo. Belo Horizonte: UFMG, 08 de julho de 2015. 7p. Não publicada.

CILLERUELO, L.; ZUBIAGA, A. Una aproximación a la Educación STEAM. prácticas educativas en la encrucijada arte, ciencia y tecnología. In.: **Jornadas de Psicodidáctica**, Universidad del País Vasco, UPV/EHU, 2014, 1-18p. Disponível em: https://www. augustozubiaga.com/web/wp-content/uploads/2014/11/STEM-TO-STEAM.pdf. Acesso em: 23 dez. 2020.

DANGELO, J. G.; FATTINI, C. A. **Anatomia humana sistêmica e segmentar.** 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2007.

ENGLISH, L. D. Advancing elementary and middle school STEM Education. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 15, n. 1, p. 5-24, 2017.

HARDOIM et al. Educação científica inclusiva: experiências interdisciplinares possíveis para o ensino de biologia e ciências naturais empregando o método STEAM. **Latin American Journal of Science Education**, v. 6, n.1, May 2019. 1-9 p. Disponível em: http://www.lajse.org/may19/2019_12056.pdf. Acesso em: 26 dez. 2020.

LOPES et al. Atividades de campo e STEAM: possíveis interações na construção de conhecimento em visita ao parque mãe bonifácia em cuiabá-mt. **Revista REAMEC**. Cuiabá - MT, v. 5, n. 2, jul/dez 2017, 304-323 p. Disponível em: https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/5739. Acesso em: 26 dez. 2020.

MACHADO, E. S.; JÚNIOR, G. G. Interdisciplinaridade na investigação dos princípios do STEM/STEAM education: definições, perspectivas, possibilidades e contribuições para o ensino de química. **Scientia Naturalis**, Rio Branco, v. 1, n. 2, 2019, 43-57 p. Disponível em: https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/2492. Acesso em: 26 dez. 2020.

NETTER, F. H. **Atlas de anatomia humana**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed; Elsevier Saunders, 2003.

PEREIRA H.; RIBEIRO, J. Aprendizagens STEAM através de atividades de "caça" ao fóssil em contexto urbano. **Revista de Ciência Elementar**, v.7, n. 02, Junho 2019, 1-4 p. Disponível em: doi.org/10.24927/rce2019.029. Acesso em: 26 dez. 2020.

PUGLIESI, G. O. Um panorama do STEAM education como tendência global. In: L. BACICH; L. HOLANDA. (orgs.). **STEAM em sala de aula:** a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica. Porto Alegre: Penso, 2020. 23-38 p.

SHAUGHNESSY, M. By way of introduction: Mathematics in a STEM context. **Mathematics Teaching in the Middle School**, 2013, V.18 No.6, 324p.

WATSON, A. D.; WATSON, G. H. Transitioning STEM to STEAM: reformation of engineering education. **The Journal for Quality & Participation**. October, 2013, 1-4p. Disponível em: https://www.academia.edu/8766909/TransitioningSTEM_to_STEAMReformation_of_Engineering_Education. Acesso em: 26 dez. 2020.