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!

# 9

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

*Josefina Barrera Kalhil* [1]
*César E. Mora Ley* [2]

## Desenvolvimento

O ensino de Ciências sempre se caracterizou por incluir as disciplinas Física, Química, Biologia, Ciências e, particularmente, a Matemática, dependendo de quem escreva a respeito.

Hoje em dia, o STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenheira, Artes e Matemáticas) traz uma nova edição para o ensino de Ciências, trabalhando os aspectos já conhecidos como as metodologias ativas, as relações interdisciplinares e a metacognição, com o objetivo fundamental de preparar os estudantes para estudar cursos técnicos, capacitá-los para o mercado de trabalho e, principal, desenvolver tanto as habilidades duras como as brandas.

Em 2011, as disciplinas STEAM foram consideradas fundamentais para as sociedades tecnologicamente avançadas, visão que começou nos Estados Unidos e que foi assumida por outros países, entre os quais estão a Finlândia, Dinamarca, Espanha, Chile, entre outros.

Hoje em dia nos encontramos na internet, procurando no Google mais de 1 milhões 300 mil resultados, que adotam o STEAM como moda e utilizam-no para justificar como metodologia, técnica, quando os criadores

[1] Doutora em Ciências Pedagógicas, coordenadora do doutorado em educação em Ciencias e Matemática -REAMEC, Polo UEA Editora da Revista Reamec, vice presidenta de LASERA internacional

[2] Doctor en Ciencias, Maestro en Ciencias especialidad Física, Licenciado en Física y Licenciado en Enseñanza de las Matemáticas. Presidente de LASERA internacional.

são dos Estado Unidos e falam somente de abordagens com metodologias ativas . Contudo, é necessário aprofundar as teorias que o sustentam, pensar que não se trata, necessariamente, de algo novo, que utiliza as metodologias ativas como um suporte para o desenvolvimento do mesmo e que, além de propiciar o gosto pelas ciências, também desenvolve habilidades para o trabalho e para a vida.

De maneira geral, a educação STEAM contribui para:

- Maior competitividade;
- Maior prosperidade econômica;
- Desenvolvimento da criatividade;
- STEAM é Educação em Ciências baseada na Indagação, uma metodologia inovadora pela qual os jovens entendem os conceitos utilizando o método científico;
- Índice da capacidade de um país para manter um crescimento sustentável.

Um dos objetivos é desenvolver habilidades para obter competências, por exemplo, a capacidade de observação crítica e descrição em forma oral como escrita, além de habilidades específicas, como para obter dados e ordenar resultados de uma maneira significativa que permita analisar, interpretar, estabelecer similitudes, diferenciais e, através das análises, chegar a possíveis conclusões e hipóteses. Finalmente, com tudo isso, relacionar os resultados, pensar em outras situações comparáveis e propor novas experiências para confirmar ou refutar as hipóteses com base nas evidências experimentais.

Este trabalho conjunto, interdisciplinar e sua aplicação a problemas reais pretende complementar a aprendizagem de conteúdos científicos e tecnológicos, incentivando o desenvolvimento do pensamento divergente e o despertar da criatividade nos alunos. Logo, o método STEAM pode ser mais eficaz e realista deixando de lado a fragmentação do conhecimento,

e construir uma aprendizagem integradora, contextualizada e significativa.

No campo da educação e da formação, há um aumento de projetos multidisciplinares baseados no ensino dessas matérias. Sem dúvida, elas permitem incorporar o conhecimento curricular de temas como a arte, a ciência, a física, a química, a matemática e a tecnologia, bem como trabalhar em competências específicas, atitudes e comportamentos, como o trabalho em equipe, a competência digital, iniciativa ou decisões. Esses projetos de sala de aula podem se basear em todas as ferramentas e metodologias disponíveis, e ser usadas por professores e alunos para fomentar à criatividade nesse contexto.

O desenvolvimento de um projeto STEAM segue os mesmos processos de criação de um trabalho de projeto convencional, de modo que seja:

- ✓ Definido os alunos e os meios disponíveis;
- ✓ Definido o projeto: descrição de objetivos, competências, conhecimentos e habilidades a serem desenvolvidos, bem como sua avaliação;
- ✓ Planejado o período temporal;
- ✓ Executado e desenvolvido no tempo estabelecido.

O STEAM é importante porque é colaborativo, baseia-se em projetos, incentiva o processo criativo em equipes, contribui para o pensamento criativo, permite a investigação, desenvolve a competência digital e a possibilidade de inciativa e na tomada de decisões de mediadores e estudantes.

Para isso, é necessário que haja professores preparados, não é somente um professor STEAM, mas a escola toda em função dessa educação STEAM, e entender que o STEAM é uma necessidade do mundo atual e não uma moda e vejo para ficar.

Diferentemente do que muitos pensam, o aluno não aprende sozinho e o mapeamento de pontos fortes e fracos de cada estudante, de forma positiva, sem qualquer sentido de disputa é necessário. Isto é, não se trata de uma promoção de autodidatismo, mas de personalização do ensino para favorecer a junção de grupos, não melhores ou piores, mas semelhantes.

Se esse é o seu caso, ter em mente que a escolha do STEAM proporciona o desenvolvimento global de seus estudantes, fomenta a interação entre o corpo docente e leva o aprendizado, disseminado por sua instituição, para fora dos muros da escola.

O STEAM é um ensino para a vida. Desse modo, como podemos estimular uma mente STEAM na sala de aula? Pode-se propor:

- ✓ Oficinas interdisciplinares e a realização de projetos em que usam programas e ferramentas de código aberto, como *lilypad* arduino ou impressoras 3D;
- ✓ *No fablabs* (são modelos americanos e, como tal, são referentes dessa cultura);
- ✓ Gamificação;
- ✓ Aprendizagem-serviço;
- ✓ Programação educativa;
- ✓ *Flipped classroom*.

Também podemos pensar no impacto da educação STEAM e nos muitos fatores que ela contribui, mas tudo isso dependerá:

De como se integram a essas disciplinas;

- ✓ Da qualidade educativa das mesmas, relacionada especificamente com a formação de professores (se não mudamos isto, será impossível fazer STEAM)
- ✓ Saber de suas limitações e propriedades, o que pode ser benéfico ou maléfico, dependendo de como o entende e o prepara para a sua aplicação.

- ✓ Do trabalho interdisciplinar de docentes e educadores, essenciais nesse método.

O STEAM é complexo, requerente de muito trabalho interdisciplinar e conhecimento por parte de professores e alunos, principalmente em como fazer, pois são muitos os elementos que devem ser atendidos, que, para neste artigo, nos propusermos a abordar somente um deles, no caso, a criatividade, que evidentemente é entendida como um componente da personalidade.

O conceito de criatividade foi objeto de muitos tipos de definições, baseadas em diferentes pontos de vista, mencionaremos algumas destas definições:

Gardner (1984) define a criatividade como a habilidade para resolver problemas de forma muito competente e original.

- ✓ Guilford (1997) diz que a criatividade é a atividade mental original e inovadora que se desvia dos padrões normais e que produz mais de uma resposta aceitável ao problema.
- ✓ Torrance (1962) propõe uma visão muito pessoal da criatividade. A criatividade se pode desenvolver mediante a estimulação das funções intelectuais e sugere a estimulação da potencialidade para produzir respostas originais.
- ✓ Mackinnon (1962) a criatividade se caracteriza por originalidade, adaptação e realização.
- ✓ Gutman (1961) define-a como a atividade na qual o homem impõe uma nova ordem sobre seu meio.

Em termos gerais, podemos definir a criatividade como a capacidade de produzir coisas novas e valiosas. É o caminho para uma vida plena, para conseguir a felicidade pessoal, a higiene social e o progresso em todos os campos. No pessoal, penso que a criatividade constitui uma qualidade

essencial do homem, desenvolvida em seu devir histórico, dado o caráter ativo e consciente de seu psiquismo.

Desde os hominídeos, que fabricaram os primeiros instrumentos de trabalho, surge o ato criador que não se gera na solidão das cavernas, senão na comunicação com os outros, nas primitivas agrupações. E junto à criação dos instrumentos de trabalho, se cria a linguagem, a organização social, os mitos, as crenças, que em seu lento desenvolvimento histórico darão lugar a toda a cultura. A criatividade vista desse ngulo constitui uma capacidade possível de se desenvolver em todo ser humano, cuja origem se encontra numa necessidade básica dos seres vivos, a necessidade de informação. Efetivamente, sem informação, não há sobrevivência possível. Os seres vivos são mecanismos autorregulados que requerem informação para defender-se do meio e encontrar as condições para sobreviver e se reproduzir.

O homem é um criador de informação, e se move sempre entre dois polos da mesma natureza: redundância e originalidade. A redundância excessiva, extra limitada, seja a nível individual ou social, conduz ao estancamento, à repetição estéril, ao formalismo. Limita-se a autorregulagem, obrigando-o a funcionar como um mecanismo de repetição, sempre igual e da mesma maneira.

A originalidade, a produção de nova informação, seja técnica, artística, política, cientifica, econômica, ou social em mudança, é o selo das épocas de amplo e acelerado desenvolvimento das revoluções e das múltiplas capacidades no homem como elemento ativo do processo social. A criatividade, no entanto, é uma capacidade, um componente estrutural da personalidade e tem origens e características sociais. Antes que cada homem individual adquirisse determinadas capacidades, estas se encontram plasmadas na cultura à que esse pertence. As capacidades não

só se desenvolvem no indivíduo, mas têm, também, um desenvolvimento social.

A cada formação econômico-social correspondem determinadas capacidades. No entanto, não existe uma correspondência biunívoca entre as capacidades individuais e sociais. É na atividade que cada pessoa realiza que desenvolve suas capacidades individuais ou mutila suas possibilidades latentes.

Contudo, é evidente que cada pessoa tem aptidões diferenciais, específicas, que dão a possibilidade potencial de desenvolver umas ou outras capacidades, estas, apesar disso, não se fazem efetivas fora do meio social. As capacidades são componentes complexos da personalidade, que implicam conhecimentos, hábitos, habilidades, motivações e interesses que fazem competente uma pessoa para realizar uma atividade com alta qualidade. Tanto no desenvolvimento como na prática de uma capacidade, põe-se em jogo toda a personalidade: os processos intelectuais, afetivos, volitivos, conscientes e inconscientes desempenham nela seu papel.

A criatividade é a capacidade de produzir e comunicar nova informação, em forma de produtos originais. Pode-se manifestar como descoberta, como invenção ou como criação de obras artísticas, modelos de atuação, métodos e procedimentos. A psicologia estudou, sobretudo, os componentes intelectuais, cognoscitivos, do processo criador, sem deixar de reconhecer o peso da imaginação e da intuição. Desse ponto de vista, a capacidade criadora tem componentes intelectual-cognoscitivas, afetivo-motivacionais e volitivo-comportamentais, isto é, tanto processos conscientes, como inconscientes e pré-conscientes (VYGOTSKY,1989).

O substrato de aptidões ou disposições individuais condiciona o nível até o qual podem se desenvolver as capacidades em cada sujeito, definindo a diferença entre toda a gama dos criadores, desde os grandes talentos e os profissionais da criatividade, até os simples mentirosos.

Durante o processo da atividade criadora se alternam o trabalho consciente e o livre jogo de imagens, ideias e conceitos a nível inconsciente e pré-consciente. É possível distinguir três momentos ou etapas do processo criador. São eles:

- ✓ Acumulação de informação, experiências e conhecimentos sobre um tema ou problema;
- ✓ Processamento pré-consciente da informação acumulada, surge a ideia original;
- ✓ Produção da obra;
- ✓ Distanciamento da obra criada, para voltar a ela e dar-lhe o acabamento ou forma definitiva.

É evidente que sem "consumo" de cultura, sem apropriação dos conhecimentos e as formas de expressão existentes, sem o domínio dos hábitos e habilidades instrumentais e intelectuais específicos de um campo de atividade, não é possível a criação do novo. Do nada não sai nada. Portanto, o primeiro passo é a aprendizagem, a aquisição dos conhecimentos, hábitos e habilidades correspondentes a um campo profissional, técnico ou culturalmente dado.

Aprende-se a pensar, e se ensina a raciocinar ou a repetir, segundo os métodos didáticos que se apliquem e seguindo a forma em que se estruture o material de estudo. Todo programa de estudo implica uma concepção específica das vias para formar o pensamento do estudante, concepção ao mesmo tempo gnosiológica e psicológica. As concepções baseadas na lógica formal tradicional, memoristas, enciclopedistas e verbalistas, enchem ao estudante de conhecimentos elaborados, não processados por ele, que não propiciam modificações da estrutura cognitiva, nem formam habilidades para aprender, nem para raciocinar.

Não são as escolas nem os ensinos as que "mutilam" as aptidões e bloqueiam o desenvolvimento das capacidades, senão uma errônea concepção do processo de ensino aprendizagem, que vem se alastrando na escola por vários séculos. A aprendizagem, tanto de conhecimentos, como de hábitos e habilidades intelectuais, é absolutamente indispensável, sem ele não há criatividade possível. O primeiro passo para o desenvolvimento da capacidade criativa consiste em aprender, adquirir os conhecimentos, hábitos e habilidades que possibilitem a criação. Só que essa aprendizagem deve ter características que formem as qualidades do pensamento e a estrutura cognitiva requerida para tal capacidade.

O pensamento criador é o nível mais alto do pensamento, independente e capaz de ter critério próprio, de ser autocrítico, racional e inquisitivo. Por sua vez, o pensamento individual independente se desenvolve a partir do pensamento ativo, que não espera passivamente receber todos os conhecimentos processados e os problemas resolvidos, senão que procura soluções, amplia, completa, estabelece relações, seleciona as ideias fundamentais, operado com os conhecimentos. Esta qualidade como outras, se pode formar, deformar, desenvolver ou mutilar mediante o ensino, em dependência dos métodos que se utilizem. Se a capacidade criadora dependesse exclusivamente dos processos racionais, intelectuais, conscientes, bastariam adquirir erudição e ter um pensamento racional, independente e flexível, para ser um criador. No entanto, isto não é assim, dado que existem numerosas pessoas, por exemplo, críticos de arte, com estas características que não puderam jamais criar uma obra, bem como técnicos, pesquisadores, profissionais e dirigentes muito bem preparados, com critério próprio, com capacidade de tomar decisões, e que, no entanto, não contribuem com nada realmente original, o qual ocorre porque na capacidade criadora entram também a imaginação e processos que não são conscientes.

A imaginação, em particular, tem um importante papel. Ela recorre ao pensamento quando se precisa procurar novas combinações, associar imagens, encontrar estruturas estáticas ou funcionais. A imaginação e a fantasia têm muito de jogo interior. Na intuição criadora, referida pelos cientistas e a inspiração dos artistas, o pensamento, a imaginação e a experiência acumulada, com todos seus matizes afetivos, combinam-se num processo predominante não consciente. Uma vez pensada, a ideia entra em jogo, tanto as qualidades volitivas da personalidade, como o manejo da linguagem para poder expressar a nova ideia. As qualidades volitivas fundamentais na capacidade criadora são as persistências, as audácias e as iniciativas; persistência para trabalhar a ideia original a nível consciente e afetivo, em comprovações experimentais reiteradas; audácia, para não se assustar ante o novo, por insólito que pareça, para trabalhar sobre a base disso e enfrentar as críticas, as múltiplas reações negativas que, muitas vezes, provoca o inovador em seu meio profissional ou social; iniciativa para convencer e trabalhar até que o novo, criado por ele, seja uma realidade para os outros e atinja difusão social.

O domínio da linguagem verbal, gráfico, simbólico, mímico ou musical, segundo o campo que se trate, é uma habilidade indispensável na capacidade criadora, tanto para produzir a informação original como para comunicá-la na forma mais clara, sintética e acessível a seus destinatários.

O trabalho dos docentes se emoldura entre as profissões baseadas na relação pessoa a pessoa e sua função fundamental é dirigir o desenvolvimento da personalidade dos educandos, pelo qual a criatividade devesse ser uma de suas características essenciais, porque só professores criadores podem contribuir para formar estudantes criadores.

Não obstante, muitos docentes tendem a cair na rotina, no mecanicismo e no formalismo, ao repetir seus cursos anos depois de anos da mesma maneira. Isto ocorre devido a insuficiências em sua formação

continuada. Não é o aumento de informação pedagógica, psicológica, metodológica, ou sobre o conteúdo das matérias o que possibilita reverter esta situação, como também não se trata da proposta de soluções elaboradas, senão o desenvolvimento das habilidades pedagógicas e o incremento da capacidade para descobrir os problemas que se apresentam no trabalho cotidiano, analisá-los corretamente e encontrar explicações adequadas.

A criatividade tem foco no desenvolvimento de algumas habilidades essenciais para os estudantes do século XXI e para estes autores o STEAM e a criatividade precisa de: pensamento crítico e resolução de problemas, comunicação e colaboração, criatividade, imaginação e inovação além de outros fatores psicológicos, pedagógicos e do desenvolvimento da personalidade.

**Conclusões**

O STEAM e a criatividade, conjuntamente com a aprendizagem dos mecanismos de autorregulação profissional é, portanto, a via para que os professores, em lugar de se manterem na redundância, consigam produzir informação original, modifiquem permanentemente sua prática e se transformem eles mesmos em ativos pesquisadores, capazes de se orientarem independentemente, tomando partido ante os problemas para propor soluções desde o ponto de vista da ciência e de seus interesses.

Uma das questões problemáticas para pesquisadores e educadores reside nas diferentes interpretações da Educação STEAM e a integração STEAM. Conforme indicado na literatura (BYBEE, 2010; SILVA et al., 2017), a educação STEAM foi definida variando de disciplinar a transdisciplinar. Em reconhecimento com a falta de uma definição acordada, o Departamento de Educação da California (2014) fornece uma ampla informação sobre a educação STEAM, a saber que o "[STEAM] ... é

usado para identificar assuntos individuais, um curso autônomo, uma consequência de cursos, atividades envolvendo qualquer uma das cinco áreas, um curso relacionado a STEAM como um sistema interconectado das disciplinas para a formação do futuro profissional.

O entendimento do STEAM de disciplinar para transdisciplinar é o que favorece a criatividade, sendo o aspecto mais importantes desse modelo. Honey et al. (2014, p. 52) fornecem uma definição básica de integração como "trabalho no contexto de fenômenos complexos ou situações em tarefas que exigem que os alunos usem conhecimentos e habilidades de múltiplas disciplinas", apontando uma abordagem mais abrangente ao STEAM.

Um maior compromisso com a interdisciplinaridade e integração transdisciplinar de STEAM comparece em vários documentos dos EUA. Por exemplo, no Relatório da Força-Tarefa STEAM (2014, p. 9) adota a visão de que a educação STEAM é muito mais do que uma "integração conveniente de suas cinco disciplinas, mas abrange 'realidades do mundo, aprendizagem baseada em problemas' que vincula as disciplinas através de ensino e aprendizagem coesos e ativos, abordagens". O relatório argumenta que as disciplinas "Não podem e não devem ser ensinadas isoladamente, assim como elas não existem isoladas no mundo real ou no mundo da força de trabalho" (ibid.). Da mesma forma, o Departamento de Califórnia acredita que a educação adota o axioma de que "o todo é mais do que a soma das partes "em seu apelo a um foco maior sobre integração STEAM.

Pensemos, então, no STEAM como uma possível solução para quebrar a leve relação entre os conceitos disciplinar, interdisciplinar e transdisciplinar. Devemos, contudo, promover a pesquisa integrada à educação STEAM, dada a importância global que já tem o mesmo em avaliações nacionais e internacionais e que as instituições educativas o

vejam como uma necessidade do ensino no século XXI na formação profissional e para a vida, e não meramente como uma moda que também passará. O STEAM deve desenvolver a criatividade, para poder analisar e questionar os currículos e as ações estratégicas necessárias para aprimorar as disciplinas STEAM.

Se queremos promover a integração STEAM, teremos que olhar para os países que demonstram altos resultados em testes internacionais e concentram em seus currículos o desenvolvimento de habilidades do século XXI, entre os quais os processos de investigação, resolução de problemas, pensamento crítico, inovação e criatividade, bem como um forte foco em conhecimento disciplinar (GAINSBURG; ENGLISH, 2016; HANDELSMAN; SMITH, 2016; MARGINSON et al., 2016). Desenvolver a compreensão e apreciação dos alunos sobre os conteúdos, habilidades e modos de pensamento integrados, de interação e complementaridade, não é uma tarefa fácil, e somente os currículos podem contribuir para essas conexões.

Hoje em dia, a criatividade joga um papel importante no desenvolvimento da humanidade, é a substância da cultura e progresso. Sem ela, estaríamos no começo da Idade da Pedra. A criatividade aumenta o valor e a constância da personalidade, favorece a autoestima e consolida o interesse pela vida e a presença no mundo, uma constelação de traços psíquicos intelectuais e individuais inerentes a todo ser humano, suscetível de educação e desenvolvimento.

## Referências

BYBEE, R. W. What is STEM education? Revista **Science**, 329 (5995): 996. Aug 27, 2010. Disponível em: 10.1126/science.1194998.

GAINSBURG, J.; ENGLISH, L. Problem solving in a 21st-century mathematics curriculum. In English, L D & Kirshner, D (Eds.) **Handbook of international research in**

**mathematics education** [3rd edition] (100 Cases series). Routledge, United States of America, 2016, p. 313-335.

GARDNER, J. R. **Aprendizaje asistido por computadora y capacitación de maestros en servicio.** Disponivel em: **https://doi.org/10.1111/j.14678535.1984.tb00233.x**. Publicado por primera vez em: octubre de 1984.

GUILFORD, F. P. **Creatividad y Educación.** México: Ed. Paidas, 1997. p. 19-22. Disponível em: http:://www3.unileon.es/dp/ado/lectura/web/faq.htm1.

GUTTMAN, L. A general nonmetric technique for finding the smallest coordinate space for a configuration of points. **Psychometrika**, 33, 1961, p. 469-504.

HANDELSMAN, J.; SMITH, M. STEM for All. In: **The White House,** president Barack Obama. Postagem de 11 fev. 2016. Disponível em: https://obamawhitehouse. archives.gov/blog/2016/02/11/stem-all

HONEY, M. et. al. **Stem integration in k-12 education**: status, prospects, and an agenda for research. Washington, DC: The National Academies Press, 2014.

MARGINSON et al. Parceria para as habilidades do século XXI. Revista Brasileira de Informática na Educação – RBIE **Brazilian Journal of Computers in Education**, 2016, p. 1414-5685. Disponível em: http://br-ie.org/pub/index.php/rbie. Acesso em: 03 out. 2017.

MACKINNON, D.W. La personalidad se correlaciona con la creatividad: un estudio de arquitectos estadounidenses. In: G. Nielson (Ed.). **Anais...** Actas del XIV Congreso Internacional de Psicología Aplicada. Vol. 2. Investigación de la personalidad. Munksgaard, 1962, p. 11–39.

SILVA, I. O.; ROSAB, J. E. B.; HARDOIM; E. L; GUARIM NETO, G. Educação Científica empregando o método STEAM e um makerspace a partir de uma aula-passeio **Latin American Journal of Science Education**, Lat. Am. J. Sci. Educ. 4, p. 22034, 2017. Disponível em: http://www.lajse.org/nov17/22034_Silva_2017.pdf. Acesso em: 03 ago. 2017.

STEM Task Force Report. **INNOVATE**: A Blueprint for Science, Technology, Engineering, and Mathematics in California Public Education. EUA: Californians Dedicated to Education Foundation, 2014. Disponível em: https://www.cde.ca.gov/pd/ca/sc/documents/innovate.pdf. Acesso em: 09 abr. 2021.

TORRANCE, E. P. Guiar el talento creativo. **Englewood Cliffs**, Nueva Jersey: Prentice-Hall, Inc, 1962. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1037/13134-000.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem.** São Paulo: Martins Fontes, 1989.