

## Entrelaçamento entre modelagem Matemática e a teoria da complexidade de Edgar Morin

Neuma Teixeira dos Santos<sup>1</sup>

Roberta Modesto Braga<sup>2</sup>

Adilson Oliveira do Espírito Santo<sup>3</sup>

**Resumo:** Este artigo tem como objetivo apresentar os fundamentos epistemológicos da construção do pensamento complexo de Edgar Morin, para identificar o entrelaçamento com a Modelagem Matemática que possibilite a religação de saberes. Trata-se de um trabalho bibliográfico que teve como sustentação autores que abordam esse tema. A literatura mostra que a teoria da complexidade de Morin desenvolveu-se a partir de suas vivências e inquietações, a que denomina de reorganizações genéticas. Na Modelagem são apresentadas as investigações realizadas que discutem relações com os princípios da complexidade e com as características do pensamento complexo. As reflexões geradas fundamentarão atividades empíricas ligadas ao desenvolvimento de práticas com temáticas socioambientais, que estão sendo desenvolvidas em uma tese doutoral, pautadas nesse pensamento aberto, que Morin propõe atreladas ao movimento livre e flexível, que se constitui a Modelagem. Ademais, o que possibilita um entrelaçamento entre a Modelagem e a complexidade é a desfragmentação do conhecimento e a religação dos saberes, que ocorre por meio da transdisciplinaridade. Face às problemáticas deste novo milênio, a perspectiva transdisciplinar deixou de ser uma escolha e passa a ser uma necessidade para a sobrevivência global de todos os seres vivos.

**Palavras-chave:** Desfragmentação do Conhecimento. Pensamento Complexo. Religação de Saberes.


### Interweaving between Mathematical modeling and Edgar Morin's theory of complexity

**Abstract:** This article has the purpose to present the epistemological foundations of the construction of Edgar Morin's complex thinking to identify intertwining with Mathematical Modeling that enables the reconnection of knowledge. This is a bibliographic work which was supported by authors who approach this topic. The literature shows that Morin's theory of complexity developed from his experiences and concerns to what he calls genetic reorganizations. In Modeling, the investigations carried out that discuss relations with the principles of complexity and with the characteristics of complex thinking are presented. The reflections generated will support empirical activities linked to the development of practices with socio-environmental themes that are being developed in a doctoral thesis based on this open thinking that Morin proposes linked to this free and flexible movement that constitutes Modeling. Furthermore, what allows a interweaving between Modeling and complexity is the defragmentation of knowledge and the reconnection of knowledge that occurs through

<sup>1</sup> Mestre em Engenharia Elétrica. Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas da Universidade Federal do Pará (UFPA). Professora da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). Pará, Brasil. ✉ [neuma.santos@ufra.edu.br](mailto:neuma.santos@ufra.edu.br)  <https://orcid.org/0000-0003-3026-4296>

<sup>2</sup> Doutora em Educação em Ciências e Matemáticas. Professora da Universidade Federal do Pará (UFPA). Pará, Brasil.

✉ [robertabraga@ufpa.br](mailto:robertabraga@ufpa.br)  <https://orcid.org/0000-0003-3747-5862>

<sup>3</sup> Doutor em Engenharia Elétrica. Professor da Universidade Federal do Pará (UFPA). Pará, Brasil. ✉ [adilson@ufpa.br](mailto:adilson@ufpa.br)  <https://orcid.org/0000-0002-2728-8169>

transdisciplinarity. Faced with the problems of this new millennium, the transdisciplinary perspective is no longer a choice but a necessity for the global survival of all living beings. In

**Keywords:** Defragmentation of Knowledge. Complex Thinking. Reconnection of Knowledge.

## **Entretejido entre el modelaje Matemático y la teoría de la complejidad de Edgar Morin**

**Resumen:** Este artículo tiene como objetivo presentar los fundamentos epistemológicos de la construcción del pensamiento complejo de Edgar Morin para identificar el entrelazamiento con el Modelaje Matemático que posibilita la reconexión del conocimiento. Se trata de un trabajo bibliográfico respaldado por autores que abordan este tema. La literatura muestra que la teoría de la complejidad de Morin se desarrolló a partir de sus experiencias e inquietaciones a lo que él denomina reorganizaciones genéticas. En Modelaje se presentan las investigaciones realizadas que discuten las relaciones con los principios de complejidad y con las características del pensamiento complejo. Las reflexiones generadas apoyarán actividades empíricas relacionadas con el desarrollo de prácticas con la temática socioambiental que están siendo desarrolladas en una tesis doctoral con base a este pensamiento abierto que propone Morin vinculado a este movimiento libre y flexible que constituye la Modelación. Además, lo que permite un entretejido entre el Modelaje y la complejidad es la desfragmentación del conocimiento y la reconexión del conocimiento que se produce a través de la transdisciplinaria. Frente a los problemas de este nuevo milenio, la perspectiva transdisciplinaria ya no es una opción, sino una necesidad para la supervivencia global de todos los seres vivos.

**Palabras clave:** Desfragmentación del Conocimiento. Pensamiento Complejo. Reconexión del Conocimiento.

### **Introdução**

Neste artigo são apresentados os princípios epistemológicos da teoria da complexidade de Edgar Morin e suas relações com a Modelagem Matemática, para compreensão da base teórica que ancora as atividades empíricas, que serão desenvolvidas em uma tese doutoral. É um processo de investigação para identificar o entrelaçamento entre a Modelagem Matemática e a teoria da complexidade, a partir da base epistemológica da teoria.

As teorias epistemológicas são concepções filosóficas sobre o conhecimento, ou seja, é a ciência que tem como objeto de estudo a construção e validação do conhecimento científico, investigando as raízes de determinado conhecimento, por exemplo, no caso da teoria da complexidade o que interessa nesse artigo é identificar as origens da teoria, as inspirações de Morin para construção de seu pensamento complexo e suas obras. A etimologia da palavra epistemologia significa discurso (logos) sobre a ciência (episteme) e suas características podem ser sintetizadas da seguinte forma:

A tarefa principal da epistemologia consiste na reconstrução racional do conhecimento científico, conhecer, analisar, todo o processo gnosiológico da ciência do ponto de vista lógico, linguístico, sociológico, interdisciplinar, político, filosófico e histórico. O conhecimento científico é provisório, jamais acabado ou definitivo. É sempre tributário de um pano de fundo ideológico, religioso, econômico, político e histórico. Podemos considerar a epistemologia como o estudo metódico e reflexivo do saber, de sua organização, de sua formação, de seu desenvolvimento, de seu funcionamento e de seus produtos intelectuais. (TESSER, 1994, p. 92).

A epistemologia é a filosofia da ciência que realiza o estudo do conhecimento. A palavra ciência provém do latim *scientia*, que significa conhecimento ou sabedoria, todavia para Gonçalves-Maia (2011), saber é mais do que conhecimento e ciência. Portanto, conhecimento é subconjunto do saber e o conhecimento contém a ciência, e este é formado por enunciados, que a partir dos quais podem ser estabelecidos critérios de falsificação e de veracidade. Para Minayo (2002, p.17) “ciência se faz com teoria e método”.

Pereira, Dias e Lemos (2017) consideram impossível nas pesquisas em educação separar aspectos epistemológicos e metodológicos, sob o risco da perda da cientificidade. Portanto, estas devem ocorrer de forma articulada por meios de diferentes técnicas, metodologias, referenciais teóricos e pressupostos epistemológicos. Pereira, Dias e Lemos (2017, p. 22), a respeito da qualidade na pesquisa afirmam que:

Dessa forma, estabelecer padrões de qualidade na pesquisa em educação traduz a necessidade de aproximar posicionamentos teóricos, metodológicos e matrizes epistemológicas, pois é exatamente a partir das vertentes filosóficas disponíveis que o conhecimento emerge. Se os componentes de uma pesquisa não conseguem dialogar entre suas partes, de que adianta aplicá-los? (PEREIRA; DIAS; LEMOS, 2017, p.22).

Em busca desse diálogo entre complexidade e Modelagem Matemática foi realizada esta investigação de caráter bibliográfico, a partir das leituras da teoria da complexidade e a busca pelas relações com a Modelagem Matemática, para que se identifique o que já foi publicado nessa temática. A busca foi realizada no catálogo de teses e dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), periódicos CAPES e nas plataformas de pesquisa *Science Direct (Elsevier)*, *Scopus*, *googlescholar*, *googlebooks* e site de busca do *google*. Mesmo que alguns periódicos estejam incluídos nos periódicos da CAPES, optou-se por ampliar a busca, devido ao baixo quantitativo de trabalhos encontrados que envolvem Modelagem Matemática e complexidade na perspectiva de Edgar Morin. Perspectiva esta focada na reorganização e desfragmentação do conhecimento por meio de uma articulação e religação de saberes. Ressalta-se que foi

encontrado somente o artigo de Levy e Espírito Santo (2011) que articula as relações entre Modelagem e complexidade.

A pergunta que instigou os caminhos nesta pesquisa partiu do seguinte questionamento: Como ligar/religar saberes no processo de Modelagem Matemática?

No intuito de conhecer um pouco mais sobre a história de Edgar Morin e os caminhos que o levaram à construção do seu pensamento complexo, serão apresentados na próxima seção alguns pontos que auxiliarão nesta compreensão da epistemologia da teoria da complexidade. Em seguida serão apresentadas as perspectivas de Modelagem organizadas por Kaiser e Sriraman (2006); Kaiser, Lederich e Rau (2010) e Biembengut (2016), assim como, publicações que estabelecem relações ou desenvolvimentos a partir dos princípios e características do pensamento complexo. Dando continuidade às reflexões teóricas, a perspectiva transdisciplinar que possibilita a religação de saberes demonstra a urgência de se pensar além das disciplinas, fato este que será enfatizado nas considerações.

### **Edgar Morin e a construção do pensamento complexo**

A produtora Atta Mídia e Educação produziu 22 vídeos documentários sobre 24 importantes intelectuais da área de educação. Entre estes foi apresentado pelo professor antropólogo Edgar de Assis Carvalho, da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP) um vídeo intitulado “Coleção Grandes Educadores: Edgar Morin”. Nas próximas linhas será realizada uma síntese da vida e obra de Morin, que o levaram à construção do pensamento complexo, a partir das informações apresentadas no documentário de Carvalho (2006).

Em 08 de julho de 1921 nasceu em Paris na França, Edgar Nahoum antropólogo, sociólogo e filósofo, formado em direito, história e geografia. Um fato que o marcou por toda a vida foi a perda de sua mãe aos nove anos (PETRAGLIA, 2011). A forte influência das artes, literatura e cinema em sua obra teve início em seus interesses nestas áreas, que surgiram ainda na infância.

Durante a II Guerra Mundial engajou-se na resistência Francesa e foi neste período que substituiu o sobrenome judaico Nahoum por Morin. Após a guerra trabalhou como redator em jornais ligados ao partido comunista francês, onde começou seus primeiros atritos com os comunistas por sua postura crítica. No livro Autocrítica – publicado em 1959 – fez o primeiro balanço de sua participação no meio cultural e político do seu tempo,

enquanto na escrita do seu livro *O homem e a morte*, Morin formou a base fundamental de sua cultura transdisciplinar através de estudos em geografia humana, etnografia, pré-história, psicologia infantil, psicanálise, história das religiões, ciências das mitologias, história das ideias e filosofia.

Em 1961 Morin fez uma prolongada viagem pela América Latina fascinando-se pela cultura indígena e afro-brasileira. Quando retornou à França publicou *O espírito do tempo* (AMADOR, 2009), aprofundando seus estudos na área de biologia e do pensamento cibernético. Em 1968 envolveu-se nos movimentos estudantis que eclodiram na França. Em visita ao Brasil foi recebido nos aeroportos pelos estudantes em greve.

Em 1969 foi convidado pelo Instituto *Salk* a passar um ano na Califórnia, onde conheceu a revolução biológica genética iniciada com a descoberta da estrutura em dupla hélice da molécula de DNA (STIGAR, 2018). Iniciou-se nas três teorias que considera interpenetrante e inseparável, a cibernética, a teoria dos sistemas e a teoria da informação (STIGAR, 2018). De volta a Paris constituiu um centro de estudos bioantropológicos e de antropologia fundamental (AMADOR, 2009).

Nesse processo de reorganização dos princípios do conhecimento começou a trabalhar uma das obras fundamentais do pensamento complexo, “*O método*”. Publicou em seguida os livros “*Introdução ao pensamento complexo e Meus demônios*”. Em 1997 o governo francês o convidou a apresentar um plano de sugestões e propostas, a partir de seu pensamento transdisciplinar, para a reforma do ensino secundário e universitário (CARVALHO, 2006).

Para construção desta proposta viajou por mais de 30 países participando de atividades e debates com professores e especialistas das mais diversas áreas, sobre questões relativas à educação nas escolas e universidades. Visitou várias vezes no Brasil importantes núcleos de pesquisas e divulgação do pensamento complexo.

A obra do Edgar Morin tem uma grande articulação entre sua vida pessoal e profissional, pois acredita que a vida intelectual é inseparável das experiências vividas, a isto o autor denomina de reorganizações genéticas, que são reorganizações do estilo de pensamento.

As reorganizações são sintetizadas em três momentos. No primeiro momento, antes da guerra, aprendeu através dos estudos em diversos autores que as ideias sempre avançam no antagonismo, nas contradições e se dedicou aos estudos de Hegel e de Karl Marx. No Marxismo encontrou a ideia que a dialética era uma união de contrários, que podia

levar a uma sociedade melhor. Marx defendia uma ideia do homem genérico, homem que não separa a natureza da cultura e essa ideia impregnou as ideias de Morin.

Na segunda reorganização retomou o conceito de totalidade, contrapondo-se ao pensamento unidimensional e considerando o multidimensional e a racionalidade do conhecimento como algo que não elimina ou supera as contradições, mas admite sua irredutibilidade. Essa mudança o levou a substituir a palavra dialética por dialógica (ALBUQUERQUE et al, 2007).

A terceira reorganização ocorreu a partir dos anos 1960, quando Morin teve contato com três formulações teóricas - teoria da informação, teoria dos sistemas e cibernética - durante sua permanência nos Estados Unidos, que foram decisivas para a construção dos seis volumes de sua obra Método. Esses foram os contatos teóricos que redefiniram a terceira reorganização e prepararam a origem da complexidade, a construção das bases epistemológicas do pensamento complexo.

A etimologia da palavra complexidade vem do latim *complexus*, que significa aquilo que é tecido em conjunto. Segundo Ribeiro (2011, p.44) “a palavra complexidade é aquela que não reporta a ideias simplistas, nem tampouco reducionistas, de forma que a complexidade não é subjugada a uma vertente de pensamento”.

A partir do século XVII, com a revolução iluminista foi implantando o pensamento que as ideias eram determinadas exclusivamente pela razão, por isso foi entendido como século do racionalismo ou “século das luzes” (CALLONI, 2006). Foi aprendido que o homem é um ser racional, ou seja, *homo sapiens sapiens*.

Um das primeiras considerações/ideias de Morin, sintetizadas no documentário de 2006 pelo professor Edgar Assis de Carvalho que aparecem nos livros, é que essa definição exclusivamente como *sapiens* é uma ação muito sistemática. Com o segundo *sapiens* permanece-se na mesma sistematização e o pensamento complexo considera que é necessária outra característica a essa sistematização excessiva, que é o *demens*, o que torna o sujeito humano duplo. Então, o primeiro entrelaçamento do complexo é que o ser humano é *homo sapiens sapiens demens*, (*sapiens/sábio e demens/louco*).

A segunda ideia que está no pensamento complexo é de que são os operadores da complexidade que são o operador dialógico, o segundo operador recursivo e o terceiro operador hologramático.

Carvalho (2006) explica os operadores da seguinte forma: o dialógico envolve a junção de coisas ou entrelaçamento destas coisas, que estão aparentemente separadas,



por exemplo, a razão e a emoção, o sensível e o inteligível, o real e o imaginário, a razão e os mitos, a ciência e a arte, as ciências humanas e a da natureza tudo isso é dialogizar - não há uma síntese, pois o pensamento complexo não é um pensamento de síntese; o operador recursivo significa que a causa produz o efeito que produz a causa que o produziu; e no operador hologramático não há separação entre a parte e o todo, ou seja, a parte está no todo da mesma forma que o todo está nas partes. Essas são as três bases que orientam o pensamento complexo: juntar coisas separadas, fazer circular a causa e o efeito e a terceira a ideia da totalidade. Com esses três operadores constrói-se a noção de totalidade, mas o movimento dos operadores diz que a totalidade nunca será igual a soma das partes.

Todas as atividades de um sistema vivo são guiadas por uma tetralogia que envolve o estabelecimento de relações de ordem, desordem, interação e reorganização. Ordem (remete à regularidade), desordem (caos, desavenças), interação (coisas que começam a se comunicar) e reorganização (diz respeito a uma reestruturação). Então, o tetragrama – ordem, desordem, interação, reorganização – aliado aos operadores da dialogia, do holograma e da recursividade constitui a base do pensamento complexo. Morin costuma usar uma frase do Marx como recurso explicativo onde afirma que a reforma do ensino e da educação inicialmente deve começar com a reforma dos educadores (CARVALHO, 2006).

Após a revolução iluminista houve uma fragmentação do conhecimento e Morin propõe que agora é necessário reaprender a religação do conhecimento e acredita que é necessário um pensamento organizador que pode ser realizado pela transdisciplinaridade por seu caráter transversal e integrador, por exemplo, para estudar a terra junta-se especialistas em biologia, em cosmologia, em antropologia, em física, em matemática, o poeta, o artista, entre outros.

Morin quando recebeu o convite em 1998 para elaboração de propostas para a reforma da educação na França, começou o projeto reunindo especialistas de várias ordens e denominou esta forma de trabalho de jornadas temáticas (STIGAR, 2018). As jornadas temáticas foram discussões sobre os metapontos terra, vida, culturas adolescentes, homem, humanidade, cosmo etc. Essas propostas foram lançadas através de sua obra em 2000 intitulada “Os sete saberes necessários à educação do futuro”.

Em entrevista Morin afirma que:

O verdadeiro problema não é fazer uma adição de conhecimento, verdadeiro problema é uma organização de conhecimentos e saber os pontos fundamentais que se encontram em cada tipo de conhecimento ou em cada disciplina. Quer dizer, se permitir fazer uma economia na adição de conhecimentos e se permitir poder se orientar em direção a necessidade de conhecimento na qual até o momento não se pode penetrar, pois há portas fechadas e fronteiras. (CARVALHO, 2006, 32:07).

A adição de conhecimento na qual Morin refere-se pode ser exemplificada por projetos que são desenvolvidos por vários especialistas, mas cada um com uma função que não dialogam. Desta forma há várias partes que somam na resolução de um problema, mas não se integram, mantendo uma fronteira em cada área do conhecimento. Trazendo a uma problemática atual, que é a pandemia causada pelo novo Coronavírus (COVID-19), a crise mostra a complexidade de saberes que envolvem os problemas da vida real e a necessidade de unir saberes na busca de soluções, que afetam todos os seres vivos.

Neste item as informações apresentadas no documentário de Carvalho (2006) foram sintetizadas, no intuito de compreender o caminho percorrido por Morin para a construção da teoria da complexidade. No próximo tópico, o foco é olhar a Modelagem na perspectiva do pensamento complexo de Edgar Morin.

### **Modelagem matemática sob a perspectiva da complexidade**

Biembengut (2016), por meio de um levantamento histórico afirma que o termo Modelagem Matemática foi utilizado no início do século XX, nas publicações de Engenharia e Ciências Econômicas, como processo para descrever, formular, modelar e resolver uma situação-problema de alguma área do conhecimento. Enquanto a Modelagem para a Educação se fez mais presente a partir da década de 70, em vários países, incluindo o Brasil.

Essa presença ocorreu em virtude de professores matemáticos que atuavam no Ensino Superior, tais como o professor Aristides Camargos Barreto e o professor Rodney Carlos Bassanezi, que adotaram a Modelagem como método de ensino e aprendizagem de matemática (BIEMBENGUT, 2016).

Quando se fala em Modelagem Matemática para a educação, várias perspectivas e concepções são discutidas. No entanto, antes de apresentar autores que mapearam as concepções/perspectivas é importante destacar que a palavra “perspectiva” tem origem no latim, e dentre os múltiplos significados pode ser definida como o modo como se concebe ou se analisa uma situação específica. Tem, dentre os sinônimos as palavras: ponto de



vista, entendimento, pensamento, concepção, visão etc (PERSPECTIVA, 2020).

Kaiser e Sriraman (2006), baseados na análise de uma amostra de produções na literatura internacional, categorizaram as abordagens de modelagem na Educação Matemática em cinco perspectivas e uma meta-perspectiva, que serão apresentadas de acordo com suas características (adaptadas de KAISER; SRIRAMAN, 2006, p.304; KAISER, LEDERICH; RAU, 2010, p.223-224 e BIEMBENGUT, 2016, p.167-168).

*Realística ou aplicada:* resolver situações-problema autênticas de indústria, comércio ou ciência, permitindo aos estudantes desenvolver habilidades e competências para resolvê-las. Os objetivos são pragmáticos.

*Contextual:* resolver situações-problema efetuando práticas e experiências a fim de que a matemática necessária à resolução destas situações faça sentido aos estudantes. O objetivo centra-se em metas psicológicas.

*Educacional:* estruturar os processos de aprendizagem para introduzir e desenvolver conceitos matemáticos, motivar a aprender matemática, promover entendimento crítico do processo e do modelo desenvolvido. O objetivo é pedagógico.

*Sociocrítica:* as situações-problema são pontos de partida para analisar a natureza e a relação do modelo matemático na sociedade, reconhecendo a dependência cultural. Os objetivos centram-se no reconhecimento da relação entre a matemática e sociedade e na necessidade de compreensão crítica desta relação sobre o meio circundante.

*Epistemológica ou teórica:* situações-problema são designadas a levar o estudante a entender a teoria matemática. O objetivo é desenvolver teoria matemática, promovendo conexões entre atividades de modelagem e de matemática.

*Cognitiva:* esta perspectiva é descrita como uma meta-perspectiva voltada à pesquisa. O objetivo é a investigação e compreensão dos processos cognitivos da modelagem.

No mapeamento das produções brasileiras Biembengut (2016) identificou três concepções de Modelagem na Educação e reagrupou as cinco perspectivas descritas anteriormente da seguinte forma: método ou estratégia (realística e epistemológica), alternativa pedagógica (contextual e educacional) e ambiente de aprendizagem (sociocrítica).

Essas diferentes perspectivas na forma de ver a Modelagem é reflexo das vivências de cada autor e das suas experiências profissionais em diferentes níveis de ensino, em diferentes cenários. Questão que corrobora com o pensar complexo de Edgar Morin, que considera que o pensamento complexo está sempre em movimento, transformando-se e ultrapassando fronteiras na reconstrução do conhecimento.

Santos (2010) traz que o pensar complexo dialoga com diferentes visões em busca de um macroconceito, que não é definitivo, mas momentâneo. Ele acontece através da transdisciplinaridade que possibilita desagregar, rearticular e contextualizar de forma incessante, porque os conhecimentos disciplinares e transdisciplinares não são opostos, eles se complementam, pois a pesquisa transdisciplinar apoia-se na pesquisa disciplinar.

Em busca de trabalhos que conjuguem Modelagem Matemática no ensino, sob a perspectiva da complexidade, foi encontrada a publicação de Levy e Espírito Santo (2011), que por meio de uma pesquisa teórica estabelecem duas relações importantes entre Modelagem Matemática e complexidade, e Modelagem Matemática e os sete saberes necessários à educação do futuro. Como o foco dessa investigação é o entrelaçamento entre a Modelagem Matemática e a complexidade, no quadro 1 apresenta-se a síntese das relações construídas por Levy e Espírito Santo (2011, p.172-173).

Quadro 1: Relação entre complexidade e Modelagem Matemática

Complexidade	Modelagem Matemática
Princípio sistêmico ou organizacional	A modelagem como um todo dá margem ou diz respeito a propriedades emergentes, a exemplo do modelo do objeto de estudo, as quais não se manifestam na soma ou junção desarticulada das partes ou processos que a compõem (o todo é maior do que a soma das partes). Em contrapartida, cada uma dessas partes, ao integrar a modelagem tem algumas de suas características inibidas.
Princípio dialógico	Na modelagem matemática associada à consciência acerca da epistemologia da complexidade, admitem-se antagonismos complementares, a exemplo de: objeto x conhecimento, objeto x sujeito, sujeito x conhecimento, professor x aluno/turma, concreto x abstrato, todo x partes.
Princípio hologramático	O desenvolvimento do conteúdo (por vezes programático) faz parte da modelagem. A seu turno, a modelagem impregna o desenvolvimento do conteúdo (por vezes programático) na medida em que tal desenvolvimento, durante a modelagem é repleto da intenção de representar o tema/objeto. Outro exemplo é a escolha do tema, que é processo componente da modelagem, da mesma forma que esta, por sua vez, está presente na escolha do tema.
Princípio da recursão	Conhecimentos sobre o tema, construídos pelos alunos anteriormente ao processo da modelagem, ajudam na elaboração de novos conhecimentos (originados durante a modelagem), os quais por sua vez, contribuem para gerar novas visões ou concepções a respeito do tema e dos conhecimentos que antes os alunos detinham.
Princípio autonomia-dependência	de Para ser autônomo quanto à modelagem e/ou à produção de modelos, o aluno depende previamente da orientação do professor, da participação dos demais colegas no processo, bem como da internalização de construções culturais elaboradas historicamente por outros indivíduos e sociedades.

Fonte: Adaptado de Levy e Espírito Santo (2011, p.172-173)

O processo de Modelagem é um convite à criatividade e ao desenvolvimento de independência intelectual colaborativa, ou seja, cada indivíduo ganha liberdade para criar em conjunto e essa junção de ideias condiz com o princípio sistêmico, pois o todo será maior que a soma das partes, mas ao trabalhar em grupo cada sujeito terá algo dessa parte inibida. A escolha de um tema para realizar a modelagem envolve toda uma complexidade, no sentido de que algo será resolvido a partir do conhecimento tecido em conjunto.

Brandt (2016) em seu ensaio traz reflexões teóricas e estabelece relações sobre complexidade, criatividade e as representações semióticas em uma atividade de Modelagem Matemática, na perspectiva de Modelagem voltada para o ensino e a aprendizagem de Matemática, defendida por Burak (2016). Neste ensaio as etapas de Modelagem são associadas às características apresentadas no pensamento complexo, correspondendo a elementos que são tidos como facilitadores do processo criativo. Desta maneira dando destaque às contribuições da teoria das representações semióticas para conceituar os objetos matemáticos, em vista de que “a complexidade dos fenômenos e as problematizações oportunizadas pela metodologia da Modelagem Matemática colocam em cena o exercício de um novo papel por parte dos sujeitos”. Fator que em síntese é o indivíduo capaz de exercer sua cidadania e enfrentar a limitação e fragmentação do conhecimento (BRANDT, 2016, p.180).

Ressalta-se, corroborando com as asserções anteriores da Modelagem como potencializadora e transformadora, que ela tenta explicar matematicamente os fenômenos do cotidiano, possibilitando fazer previsões e a tomar decisões (BURAK, 1992). Isto implica que a Modelagem Matemática consiste na arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los (BASSANEZI, 2002).

Caldeira (2001) afirma que ao utilizar a matemática em seu cotidiano, o estudante pode perceber o seu verdadeiro papel como cidadão e transformador social. Ademais, o autor também coloca a interação da matemática com outras ciências como um fator contribuinte para a melhor compreensão de cada uma delas, bem como da compreensão de diversos fenômenos. Santos (2010, p.75) ratifica essa assertiva quando sugere que a educação deve atrelar “a aprendizagem às múltiplas interferências que levam o sujeito à permanente reorganização, cuidando da sua sobrevivência em mundo em permanente mutação”.

A Modelagem tem características de liberdade e de flexibilidade, que podem ser refletidas a partir das diversas perspectivas que surgem e dado que ela não tem uma base

epistemológica definida, alinha-se ao pensamento complexo no sentido que este modo de ser, livre e flexível, possibilita religar saberes que foram fracionados pela ciência cartesiana por meio de uma perspectiva transdisciplinar. Assim, tentar estabelecer uma única base epistemológica à Modelagem seria uma transgressão à educação necessária para o século XXI, que necessita de “um pensamento que ultrapassa fronteiras, aberto à imbricação de modelos que favorecem a mistura de correntes teóricas e conhecimentos de origens diversas” (PENA-VEGA; NASCIMENTO, 2010, p.11).

### **Perspectiva transdisciplinar na religação dos saberes**

A transdisciplinaridade é uma forma de compreensão do mundo presente, através da unidade do conhecimento (NICOLESCU et al., 2000), e tem como base três pilares: (1) a complexidade; (2) a existência de diferentes níveis de realidade; e (3) a lógica do terceiro incluído. Estes foram definidos a partir de vários eventos realizados entre as décadas de 1980 a 1990, dentre eles o I Congresso Mundial da Transdisciplinaridade e o I Congresso Internacional, que ocorreram em Portugal e na Suíça, respectivamente (CRUZ & COSTA, 2015).

De acordo com Flores e Oliveira (2017, p. 11) o prefixo “trans” significa “estar entre e ir além de”, enquanto a expressão “disciplinaridade” indica o reconhecimento da importância das disciplinas e suas especializações.

No artigo 3 da Carta da Transdisciplinaridade, elaborada no Primeiro Congresso Mundial da Transdisciplinaridade, tem-se que:

A transdisciplinaridade é complementar à aproximação disciplinar: faz emergir da confrontação das disciplinas dados novos que as articulam entre si; oferece-nos uma nova visão da natureza e da realidade. A transdisciplinaridade não procura o domínio sobre as várias outras disciplinas, mas a abertura de todas elas àquilo que as atravessa e as ultrapassa. (FREITAS; MORIN; NICOLESCU, 1994, p.2).

Por tratar-se de uma forma de pensar que extrapola os limites entre as disciplinas, a pesquisa transdisciplinar proporciona uma multiplicidade de conhecimento, apontando novos caminhos para a educação (MOUSINHO e SPÍNDOLA, 2013; SANTOS, 2008). Ela permite a integração das disciplinas (biologia, antropologia, física, química, matemática, filosofia, economia, sociologia), e se desenvolve na experiência intersubjetiva, inclusive no conhecimento prático dos sujeitos, requerendo um espírito livre de preconceitos e de fronteiras epistemológicas rígidas (CRUZ & COSTA, 2015; SANTOS, 2008).

D’Ambrósio afirma que “a transdisciplinaridade é, na sua essência, transcultural”

(D'AMBRÓSIO, 2011, p. 11). Diante do exposto, Santos (2008) assegura que trabalhar a educação sob a visão transdisciplinar, supera a repetição do padrão educativo, encanta o aprender e resgata o prazer de aventurar-se no mundo das ideias. “Os conhecimentos e saberes matemáticos devem ser escolhidos por sua aplicabilidade prática nas questões da sociedade” (SILVA & GODOY, 2016, p.142).

Para tratar da problemática da sociedade é necessário estabelecer um processo dialógico entre os saberes científicos e tradicionais. Levy (2018, p.177) afirma que a Modelagem é marcada por “diálogos entre os terrenos cotidiano e científico”. Esta característica possibilita que seja uma área que se articula de forma fluída com as mais diversas teorias, em especial o pensamento complexo, foco desta abordagem. Essa interação promove os processos criativos, sendo um convite à transdisciplinaridade, ou seja, articular a Modelagem Matemática e a teoria da complexidade:

Trata-se de um convite à transversalidade, à interdisciplinaridade, à contextualização e, em âmbito mais abrangente, à transdisciplinaridade, aspectos que, na seara da aprendizagem de ciências e matemática, tendem a constituir-se em fonte de motivação discente, haja vista contemplarem a construção de conceitos científicos e matemáticos a partir do estabelecimento de relações com conceitos, temas ou contextos que os alunos já dominam (LEVY; ESPÍRITO SANTO, 2010, p.144).

A contextualização e a articulação de saberes é peça fundamental neste milênio, que enfrenta uma crise humanitária, que perpassa por retrocessos nas questões ambientais. Tais como a retirada da proteção aos manguezais, avanço do garimpo em terras indígenas, desmatamentos na Amazônia e queimadas no Pantanal, que causam grandes perdas na sociobiodiversidade, abrindo possibilidades para que outras pandemias, a exemplo do surto do novo Coronavírus (COVID-19), venham ocorrer. Estes são apenas alguns exemplos, que mostram que a religação de saberes e o olhar transdisciplinar deixou de ser uma escolha e passa a ser uma necessidade para sobrevivência global de todos os seres vivos.

Discussões nesse sentido transdisciplinar são possíveis quando da vivência de atividades de Modelagem Matemática, que pode ser capaz de provocar a religação dos saberes para a compreensão do todo na parte e vice e versa. Desse modo, podemos dizer que o pensamento complexo envolve a transdisciplinaridade como prática, que por meio da Modelagem Matemática permite a fuga de discursos disciplinares/fragmentados.

## Considerações

Há uma obra de Morin (2012, p.52) intitulada *Para onde o mundo vai?* Cujo trecho, “não sabemos se a agonia em que entramos é aquela do nascimento ou da morte da humanidade”, traz reflexões plausíveis à problemática de 2020, construída ao longo de décadas. O questionamento do título não poderia ser mais atual e conveniente, visto a crise de humanidade experimentada neste século, descortinada pela pandemia do COVID-19.

Ao trazer o questionamento apresentado no título dessa obra, a intenção é pensar na pergunta que norteou a escrita deste artigo e defender que a resposta para esta após as leituras realizadas é que o entrelaçamento, que existe entre a Modelagem matemática e a teoria da complexidade para fundamentar a religação de saberes, é o pensamento transdisciplinar, capaz de discutir a complexidade das problemáticas que envolvem os seres vivos de uma forma integral.

Essa integração constitui-se em mola propulsora na educação necessária para o século XXI, uma educação que se deve construir a partir dos princípios da complexidade, considerando as diversas teorias e metodologias em um caminho de pensar em soluções colaborativas, solidárias e afetivas, que instiguem a imaginação e a criatividade.

As reflexões geradas na escrita deste artigo poderão fundamentar quaisquer atividades empíricas de Modelagem, que discutam questões e problemas da humanidade pautadas nesse pensamento aberto, que Morin propõe atreladas ao movimento livre e flexível, que se constitui a Modelagem. Assim possibilitando experimentá-la de diversas formas, porque na constituição de sua base fundamental está imbricada essa perspectiva transdisciplinar.

## Referências

AMADOR, M. O pensamento de Edgar Morin e a Geografia da Complexidade. **Revista Científica ANAP Brasil**, ano 2, v. 2, p.60-76 2009.

ALBUQUERQUE, M. S. V.; MEDEIROS, K. R.; LUNA, K.; ALMEIDA, S. R.; FELISBERTO, E. A expressão dos demônios de Morin. **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil**, Recife, v. 7, n. 4, p. 503-506, 2007.

BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia**. São Paulo, SP: Editora Contexto. 2002.

BIEMBENGUT, M. S. **Modelagem na Educação Matemática e na Ciência**. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.

BRANDT, C. F. Um ensaio sobre a Complexidade, a Criatividade e as Representações



Semióticas em uma atividade de Modelagem Matemática. In: BRANDT, C. F., BURAK, D., and KLÜBER, T. E., orgs. **Modelagem matemática: perspectivas, experiências, reflexões e teorizações** [online]. 2nd ed. rev. and enl. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2016, pp. 163-181.

BURAK, D. **Modelagem Matemática: Ações e Interações no Processo de Ensino-Aprendizagem**. 1992. 460 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

BURAK, D. Uma perspectiva de Modelagem Matemática para o ensino e a aprendizagem da Matemática. In: BRANDT, C. F., BURAK, D., and KLÜBER, T. E., orgs. **Modelagem matemática: perspectivas, experiências, reflexões e teorizações** [online]. 2nd ed. rev. and enl. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2016, pp. 17-40.

CALDEIRA, A. D. Educação ambiental e suas implicações na formação do professor de matemática. **Revista Profissão Docente**. Uberaba. v. 1, n. 1, p. 24–35, jan/abr. 2001.

CALLONI, H. Ambientes desencantados: o século XVIII e o reino das racionalidades. **Ambiente & Educação**. Revista de Educação Ambiental. Rio Grande: Universidade Federal do Rio Grande, v. 11, p. 11-24, 2006.

CARVALHO, E. A. **Coleção Grandes Educadores: Edgar Morin**. Vídeo (49m31s). 2006.

CRUZ, E.; COSTA, F. A. Formas e manifestações da transdisciplinaridade na produção científico-acadêmica em Portugal. **Revista Brasileira de Educação**, v. 20, n. 60, p. 195-213, 2015.

D'AMBROSIO, U. A transdisciplinaridade como uma resposta à sustentabilidade. **NUPEAT–IESA– UFG**, v. 1, n. 1, p. 1-13, jan./jun. 2011.

FREITAS, L.; MORIN, E.; NICOLESCU, B. Carta da Transdisciplinaridade. In: **Documento proveniente del I Congresso Mundial de Transdisciplinaridade**. 1994.

FLORES, J. F.; OLIVEIRA, L. D.; Transdisciplinaridade. In: GALLON, M. S.; DOPICO, S. I. B.; FILHO, J. B. R. **Transdisciplinaridade no ensino das ciências**. 1. ed. - Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2017.

GONÇALVES-MAIA, R. **Ciência, pós-ciência, metaciência: Tradição, inovação e renovação**. - São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

KAISER, G.; SRIRAMAN, B. A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. **Zdm**, v. 38, n. 3, p. 302-310, 2006.

KAISER, G.; LEDERICH, C.; RAU, V. Theoretical Approaches and Examples for Modelling in Mathematical Education. In: BERINDERJEET, Kaur; JAGUTHSING, Dindyal. **Mathematical Applications and Modelling**. Singapore: World Scientific, 2010. p. 219-246.

LEVY, L. F. O Cotidiano, o Científico e a Modelagem Matemática: Relações Complexas. **Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática**, v. 11, n. 2, p. 172-177, 2018.

LEVY, L. F.; ESPÍRITO SANTO, A. O. Complexidade e Modelagem Matemática no

processo de ensino-aprendizagem. **Revista Traços**, v. 12, n. 25, p.131-148, 2010.

LEVY, L. F.; ESPÍRITO SANTO, A. O. Modelagem matemática no ensino, complexidade e saberes necessários à educação do futuro. **Zetetike**, v. 19, n. 1, p.165-177, 2011.

MINAYO, M. C. S. Entre vôos de águia e passos de elefante: caminhos da investigação na atualidade. In: MINAYO, M. C. S.; DESLANDES, S. F. (org) **Caminhos do pensamento: epistemologia e método**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2002, p. 17-27.

MORIN, E. **Para onde vai o mundo?** Tradução de Francisco Morás. 3 ed. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2012.

MOUSINHO, S. H.; SPÍNDOLA, M. Formação de professores sob uma perspectiva transdisciplinar: o estágio supervisionado no consórcio CEDERJ/UERJS. **Texto Livre – Linguagem e Tecnologia**, Belo Horizonte, v. 6, n. 2, p. 19-32, 2013.

NICOLESCU, B.; GASTON, P.; HUMBERTO, M.; MICHEL, R.; PAUL, T. **Educação e Transdisciplinaridade**. Brasília: Unesco, 2000.

PENA-VEGA, A.; NASCIMENTO, E. P. (orgs). **O pensar complexo: Edgar Morin e a crise da modernidade**. Rio de Janeiro: Garamond, 2010.

PEREIRA, V. A.; DIAS, J. R. L.; LEMOS, L. O. Caminhos epistemológicos e metodológicos. In: PEREIRA, V. A.; CLARO, L. C. (org.). **Epistemologia & Metodologia nas Pesquisas em Educação**. Passo Fundo: Méritos, 2017.

PERSPECTIVA. In: DICIO, Dicionário Online de Português. Porto: 7Graus, 2020.

PETRAGLIA, I. **Edgar Morin: A educação e a complexidade do ser e do saber**. 12ª Edição. Petrópolis: Vozes, 2011.

RIBEIRO, F. N. Edgar Morin, o Pensamento Complexo e a Educação. **Pró-discente: Caderno de Produção Acadêmico-científica do Programa de Pós-graduação em Educação**, v. 17, n. 2, p. 40–50, 2011.

SANTOS, A. Complexidade e transdisciplinaridade em educação: cinco princípios para resgatar o elo perdido. **Revista Brasileira de Educação**, v. 13, n. 37, p.71-83, 2008.

SANTOS, A. **Didática sob a ótica do pensamento complexo**. Porto Alegre: Sulina, 2ªed, 119p, 2010.

SILVA, C.; GODOY, E. Tendências de pesquisa em educação matemática que privilegiam as dimensões social, cultural e política da matemática escolar. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 7, n. 4, p. 128-148, 11, 2016.

STIGAR, R. **As aberturas do complexo: uma análise da religiosidade no pensamento de Edgar Morin**. 2018. 220f. Tese (Doutorado em Ciências da Religião) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.

TESSER, G. J. Principais linhas epistemológicas contemporâneas. **Educar em revista**, Curitiba, n.10, p. 91-98, 1994.